МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

**СБОРНИК ТРУДОВ
XIX МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**

15–19 апреля 2013 г.

В трех томах

Том 3

Издательство
Томского политехнического университета
2013

УДК 62.001.001.5(063)
ББК 30.1л.0
С56

Современные техника и технологии: сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3 т. Т.3. /
С56 Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 495 с.

Сборник содержит научные статьи студентов, аспирантов и молодых ученых – участников ежегодной Международной конференции «Современные техника и технологии», разделенные по научным направлениям: физические методы в науке и технике; контроль и управление качеством; теплоэнергетика; дизайн и технология художественной обработки материалов; наноматериалы, нанотехнологии и новая энергетика; проблемы философии техники.

Материалы сборника представляют интерес для специалистов, преподавателей, исследователей в сфере энергетики, электромеханики, приборостроения, машиностроения, медицинской техники.

УДК 62.001.001.5

(063)

ББК 30.1л.0

Редакционная коллегия сборника

Ответственный редактор*: *Сидорова О.В., эксперт ЦНК УМАД НУ ТПУ
Ответственные редакторы секций:
Секция 8 - **Потылицын А**.П., д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой ПФ ФТИ ТПУ
Секция 9 - **Кулешов В.К.,** д.т.н., профессор кафедры ФМПК ИНК ТПУ
Секция 10 - **Заворин А.С**., д.т.н., профессор, зав. кафедрой ПГСиПГУ ЭНИН ТПУ
Секция 11 - **Кухта М.С**., д.ф.н., профессор кафедры АРМ ИК
Секция 12 - **Верещагин В.И**., д.т.н., профессор кафедры ТСН ИФВТ
Круглый стол «Философия техники» - **Степанов А.А**., д.ф.н., профессор кафедры ФИЛ ТГПУ

Редакционная коллегия предупреждает, что за содержание представленной научной информации ответственность несут авторы докладов.

© ГОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 2013
© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2013

СОСТАВ ПРОГРАММНОГО КОМИТЕТА КОНФЕРЕНЦИИ

1.Чубик П.С.	д.т.н., профессор, ректор ТПУ, председатель оргкомитета
2. Пестряков А.Н.	д.х.н., профессор, проректор по НРиИ, сопредседатель оргкомитета
3. Шепотенко Н.А.	к.ф-м.н., начальник УМАД НУ
4.Зольникова Л. М.	начальник отдела ОНИР СиМУ УМАД НУ, ученый секретарь
6.Сидорова О.В.	эксперт отдела ОНИР СиМУ УМАД НУ
7.Сивков А.А.	д.т.н., профессор кафедры ЭПП ЭНИН, председатель секции №1
9.Полищук В.И.	к.т.н., зав. кафедрой ЭСиС ЭНИН, сопредседатель секции № 1
10.Сайгаш А.С.	к.т.н., доцент кафедры ЭПП ЭНИН, сопредседатель секции № 1
11.Силушкин С.В.	к.т.н., доцент кафедры КИСМ ИК, председатель секции №2
12.Темник А. К.	к.т.н., зав. отделом ИНК, сопредседатель секции №2
13. Губарев В.А.	к.ф.-м.н., доцент кафедры ПМЭ ИНК, сопредседатель секции № 2
14.Баранов П.Ф.	зав. лабораторией ОИО УМУ
15. Мартюшев Н. В.	к.т.н., доцент кафедры МТМ ИК, председатель секции №3
16. Пашков Е.Н.	к.т.н., доцент кафедры ТПМ ИФВТ, сопредседатель секции №3
17.Соколов А. П.	к.т.н., доцент кафедры ТПМ ИФВТ, сопредседатель секции №3
18.Муравлев О. П.	д.т.н., профессор кафедры ЭКМ ЭНИН, председатель секции №4
19.Дементьев Ю.Н.	к.т.н., зав. кафедрой ЭПЭО ЭНИН, сопредседатель секции №4
20.Усачева Т.В.	к.т.н., доцент кафедры ЭКМ ЭНИН, сопредседатель секции № 4
21.Евтушенко Г.С.	д.т.н., профессор, зав. кафедрой ПМЭ ИНК , председатель секции №5
22.Пеккер Я. С.	к.т.н., профессор, зав. каф. БМК СибГМУ, сопредседатель секции 5
23.Аристов А.А.	к.т.н., доцент кафедры ПМЭ ИНК, сопредседатель секции № 5
24.Киселева Е.Ю.	к.т.н., доцент кафедры ПМЭ ИНК, сопредседатель секции № 5
25.Зенин Б.С.	к.ф-м.н.,доцент кафедры ММС ИФВТ, председатель секции № 6
26.Егоров Ю.П.	к.т.н., доцент кафедры МТМ ИФВТ, сопредседатель секции № 6
27.Овечкин Б.Б.	к.т.н., доцент кафедры ММС ИФВТ, сопредседатель секции № 6
28.Утьев О.М.	ст. преподаватель кафедры МТМ ИФВТ, сопредседатель секции № 6
29.Матренин С.В.	к.т.н., доцент кафедры ММС ИФВТ ТПУ, сопредседатель секции № 6
30. Рудницкий В.А.	к.т.н., доцент кафедры ИКСУ ИК, сопредседатель секции № 7
31.Суходоев М.С.	к.т.н., доцент кафедры АиКС ИК, сопредседатель секции № 7
32. Аврамчук В.С.	к.т.н., доцент кафедры АиКС ИК, сопредседатель секции № 7
33.Потылицын А.П.	д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой ПФ ФТИ, председатель секции № 8
34.Вергун А.П.	д.ф.-м.н., профессор кафедры ТФ ФТИ, сопредседатель секции № 8
35.Гоголев А.С.	к.ф-м.н., ст. препод. кафедры ПФ ФТИ, сопредседатель секции № 8
36.Кулешов В.К.	д.т.н., профессор кафедры ФМПК ИНК, председатель секции № 9
37.Янушевская М.Н.	ст. препод. кафедры ФМПК ИНК, зам. председателя секции № 9
38.Калиниченко А.Н.	к.т.н., доцент кафедры ФМПК ИНК, зам. председателя секции № 9
39.Заворин А.С.	д.т.н., профессор, зав. кафедрой ПГСиПГУ ЭНИН, предс. секции №10
40.Озерова И.П.	к.т.н., зав. кафедрой АТП ЭНИН, сопредседатель секции № 10
41.Тайлашева Т.С.	к.т.н., доцент кафедры ПГСиПГУ ЭНИН, сопредседатель секции №10
42.Кухта М.С.	д.ф.н., профессор кафедры АРМ ИК, председатель секции № 11
43.Серяков В.А.	к.т.н., доцент кафедры АРМ ИК, сопредседатель секции № 11
44.Дронов В.В.	к.т.н., зав. лаб. кафедры АРМ ИК, сопредседатель секции № 11
45.Верещагин В.И.	д.т.н., профессор кафедры ТСН ИФВТ, председатель секции 12
46.Лисеенко Н.В.	к.т.н., инженер кафедры ТСН ИФВТ, сопредседатель секции 12
47.Паутова Ю.И.	к.т.н., асситсент кафедры ТСН ИФВТ, сопредседатель секции 12
48.Степанов А.А.	д.ф.н., профессор кафедры философии ТГПУ, председатель Круглого стола «Философия техники»

СЕКЦИЯ 8

Физические методы в науке и технике

SECTION 8

Modern Physical Methods in Science and Engineering

МЕТОДИКА СЕЙСМОФАЦИАЛЬНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ПРИ МОРСКОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ

М.М.Амани, Д.В.Волегов
Научный руководитель: В.Н.Устинова, д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ustinovavn@tpu.ru

В настоящее ведутся исследования побережий и шельфа Карского, Баренцева, Балтийского и Белого морей и др. Исследования в зоне побережья на шельфе выполняются с использованием сейсмических методов. Сейсморазведка позволяет решать ряд важных задач. Картирование дна моря, выделение и прослеживание отражающих границ, построение глубинных структурных карт. Комплекс исследований включает технологию проведения сейсмических работ на специализированных судах (рис. 1), оборудованных специализированными устройствами: воздушными пушками, стримерами, геофонами, аппаратурой для регистрации сейсмических колебаний и её первичной обработки. Проверка качества наблюдений и первичная обработка осуществляется в стандартных сейсмических системах.

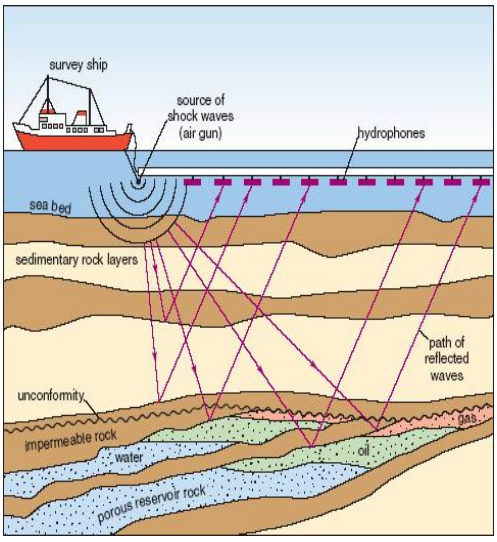


Рис. 1. Технология производства морских сейсмических исследований

Сейсморазведка основной в комплексе с бурением скважин и геофизическими исследованиями скважин источник информации для нефтяной геологии. Сейсмические структурные карты, сейсмические параметры: скорости, амплитуды отражённой волны дают представление о структурно-литологических характеристиках нефтегазоносного разреза. Важность материалов сейсморазведки для решения поисковых и разведочных задач на нефтяных и газовых месторождениях бесспорна.

Глубинные сейсмические разрезы, сейсмические структурные карты, сейсмические параметры и атрибуты позволяют создать геологическую модель среды, вмещающей залежи углеводородов (УВ), изучить основные неоднородности разреза, тесным образом связанные с её нефтегазоносностью. Сейсморазведка находит применение при сейсмолитофациальных построениях, тектонических реконструкциях на месторождениях нефти и газа в акваториях и на побережье. Сейсмические параметры и атрибуты позволяют оценивать коэффициенты пористости, проницаемости, эффективного нефтегазонасыщения коллекторов.

В современных обрабатывающих системах Landmark, Paradigm Geophysical, Omega-2 в обработке сейсмоданных реализованы эффективные алгоритмы фильтрации, деконволюции сейсмоданных. Специалисты в различных системах обработки добиваются устойчивой картины изображения на сейсмических разрезах полезных сейсмических сигналов Основные помехи – звуковые, кратные волны, волновое поле зачастую осложнено преломлёнными и обменными волнами. Эффективны алгоритмы вычитания волн помех *FK*–фильтрами. Однако многократное их применение ухудшает качество результата. Важную информацию о строении сейсмокомплексов донных и глубокозалегающих горизонтов, о напряжённо-деформированном состоянии структур можно получить по 3D моделям, структурным картам, которые строятся в стандартных системах обработки Landmark, Paradigm Geophysical. Изучение и анализ морфологии сейсмических структур позволяет получать сведения об их форме и о наличии систем нарушений, трещиноватости (доступно в программных продуктах SeisWorks Landmark, GeoSec Paradigm Geophysical). Важно в сейсмических моделях – местоположение и простирание систем трещин, уточнение типа сейсмофаций разреза и выявление напряжённых и проницаемых зон. Морфология сейсмоповерхности есть основа для изучения особенностей исторического развития, генезиса, фациальной составленности морфорельефа. Структурные карты по сейсмическим горизонтам

источник знаний о параметрах древнего и донного рельефа и о его вертикальной изменчивости. Понимание характера взаимодействия и пространственного распределения на структурных поднятиях вертикальных и горизонтальных напряжений, способствующих деформации поднятия, возникновению зон наиболее интенсивного роста (на разных этапах осадконакопления), зон сжатия и растяжения, обуславливающих возникновение мозаичного сочетания сегментов повышенных и пониженных напряжений, возможно при условии высокоточных реконструкций сейсмических структурных карт. Анализ сейсмических карт разного возраста отложений, с учётом изменчивости морфологии поверхностей и структурообразующих факторов, позволяет выделять для слоёв мощностью до 4–6 м зоны различной степени и типа деформированности. В стресс-моделях по анализируемой поверхности, по форме структуры локализуются зоны сжатия и локальные зоны разуплотнения («декомпрессии» по Ю.А. Морозову). Сейсмические параметры и атрибуты позволяют оценивать коэффициенты пористости, проницаемости, эффективного нефтегазонасыщения коллекторов. Применение величин интервальной скоростей, в том числе эффективных скоростей, получаемых при расчётах вертикальных и горизонтальных спектров скоростей или при сканировании временных разрезов, с тестированием скорости и оценкой когерентности изображения границ, позволяет решать задачи прогноза нефтегазонасыщенных ячей коллекторов. Петрофизические исследования и изучение величин интервальных скоростей по скважинным данным дают основание утверждать, что в контуре нефтегазоносности появляются отрицательные аномалии величин скоростей, причём в нефтегазоносной скважине понижение значений скорости наблюдается в обширном интервале над залежью УВ. Энергии отражений, получаемые при расчёте вертикальных и горизонтальных спектров скорости, представляют собой достаточно информативные параметры, в которых зоны повышенных мощностей песчаных отложений, участки переотложения минералов, вынесенных из нефтегазонасыщенных зон в результате растворения минералов скелета продуктивного песчаника, отмечаются интенсивными положительными аномалиями. Проявление зон повышенных мощностей песчаников продуктивных отложений (выявляются по значениям энергии сейсмического сигнала выше 0,3 усл. ед.) обнаруживается в рельефе палеоповерхностей, например, в отражающих горизонтах юры и мела Карского моря на месторождениях севера Западной Сибири. Песчаники коллекторов прослеживаются (в палеорельефе и в аномалиях величинах скорости по отражающим горизонтам) в виде полосовидных вдольбереговых зон повышенных энергий отражений и соответственно повышенных мощностей песчаных отложений. Связь аномалий скорости с нефтегазоносностью проявляется не только в наличии аномалий в контуре продуктивной части коллектора, но и в наличии тесной корреляционной связи параметров нефтенасыщения коллектора с величинами аномалий интервальной скорости в точках продуктивных скважин. Обнаружено на ряде перспективных объектов Обской губы. Детальный анализ аномалий скорости в нефтенасыщенных зонах показывает также, что аномалии характерны и для тектонических нарушений, тектонических трещин. Зоны повышенной трещиноватости, особенно в контуре нефтегазоносности, характеризуются экстремумами в полях сейсмических параметров и атрибутов, которые информативны с точки зрения выявления зон повышенной трещиноватости, напряжённо-деформированного состояния коллекторов, и с точки зрения оценки аномальных величин дебитов. В настоящее время некоторые исследователи, при интерпретации сейсмических материалов, всё чаще останавливаются на выделении и систематизации тектонических дислокаций. Изучаются и систематизируются представления о природе регулярной сети тектонических напряжений, предпринимаются попытки оценить роль и влияние на формирование коллекторов листрических разломов, горизонтальных напряжений в бортовых частях рифтовых структур, трогов, подводных каньонов. На взгляд авторов, сейсморазведка эффективна при решении задач по выявлению зон повышенной мощности песчаных отложений, трещиноватости, напряжённых зон внутри коллекторов, выяснению причин высокой проницаемости коллекторов, определении типа сейсмофации, выявлении в песчанике явно прослеживаемых систем нарушений, дислокаций, картировании участков повышенных мощностей песчаников и оконтуривании сейсмофациальных зон разного генезиса песчаников.

ИЗЛУЧЕНИЕ ВАВИЛОВА-ЧЕРЕНКОВА И ДИФРАКЦИОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ В ТЕФЛОНОВОЙ ПРИЗМЕ

Блеко В.В., Соболева В.В.,
Научный руководитель: Науменко Г.А., д.ф.-м.наук
Томский политехнический университет 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: bleko_vitold@mail.ru

Введение

Излучение равномерно движущейся заряженной частицы, можно разделить на несколько видов, в зависимости от физических условий: переходное (ПИ), дифракционное (ДИ) и излучение Вавилова-Черенкова.

Все эти типы излучения возникают благодаря динамической поляризации электронной оболочки атомов мишени (возбуждение ядерной структуры можно не учитывать, поскольку масса ядерных частиц велика) электронным полем пролетающей мимо (либо в среде) заряженной частицы.

Следовательно, логично будет все эти типы излучения объединить одним понятием – поляризационное излучение.

Эффект Вавилова-Черенкова (ИВЧ) состоит в том, что электрический заряд, движущийся в среде с постоянной скоростью, излучает электромагнитные волны с непрерывным спектром и со специфическим угловым распределением $n\beta \cdot Cos\theta = 1$, где n– коэффициент преломления, β – скорость частицы в единицах скорости света. При этом излучение имеет место только в случае, если скорость частицы ν превышает фазовую скорость света $\nu_\phi = \frac{c}{n}$, в этой среде.

Источником дифракционного излучения (ДИ) является, заряженная частица движущиеся равномерно и прямолинейно в вакууме, вблизи какой либо оптической неоднородности[1].

Как уже было сказано выше, данное явление сродни по своей природе с ИВЧ, переходному излучению, поскольку генерируется благодаря динамической поляризации атомов среды полем заряженной частицы.

Эта статья посвящена экспериментальному исследованию природы генерации излучения в диэлектрической мишени, когда релятивистские электроны движутся вблизи поверхности мишени.

Экспериментальная установка

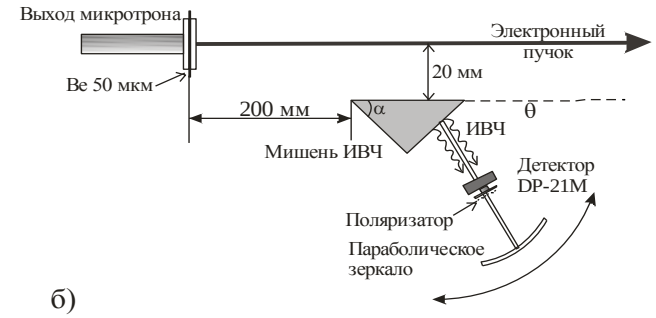
Эксперимент проводился на выведенном пучке микротрона с энергией ускоренных электронов 6.1 МэВ, и током электронов 2.4 мкА. Длительность макроимпульсов и частота 4 мкс, 1-8 Гц соответственно. Населенность электронов в сгустки $N_e = 10^8$, длина сгустков σ =2.4 мм, число сгустков в макроимпульсе 10^4. Для таких сгустков в области длин волн λ > 9 см, излучение электронного сгустка имеет когерентный характер [2]. В связи с когерентностью процесса интенсивность излучения возрастает N_e раз (в нашем случае на 8 порядков), что делает их достижимыми для измерения с использованием существующих детекторов.

Схема эксперимента приведена на рисунке 1.

Выведенный электронный пучок, пролетая вблизи мишени, своим полем индуцирует на ее поверхности поляризационные токи в области γλ (γ – Лоренц-фактор электрона, λ – регистрируемая длина волны), среда в свою очередь при выполнении условия $n\beta \cdot Cos\theta = 1$, и является источником ИВЧ [3].

Поскольку детектор расположен в предволновой зоне, то измеряется не угловое распределение излучения (направление его распространения), а его координатное распределение на заданном расстоянии, искажённое влиянием размера источника излучения[4]. Для устранения этих эффектов все измерения проводились с помощью параболического зеркала установленного по методике [5]. В этом случае угловые характеристики исследуемого излучения не искажаются за счет конечных размеров области излучения.

а)



б)

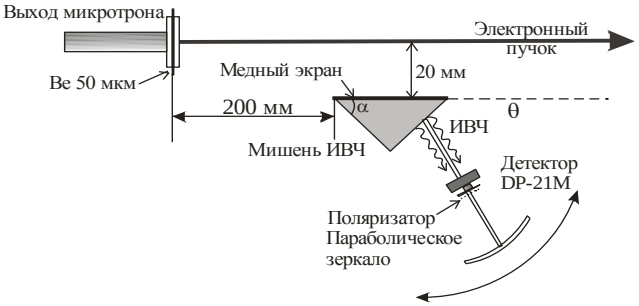


Рис.1. Схема экспериментальной установки:
а – измерение углового распределения ИВЧ,
б – измерение углового распределения ИВЧ с установленным на грань параллельную пучку медным экраном

Для подавления фона ВЧ-системы ускорителя был использован запредельный волновод, который устанавливается непосредственно на вход детектора, и пропускающий излучение с длиной волны $\lambda > 15 мм$.

Спектр поля электронов измеренный детектором DP12, представлен на рисунке 3.

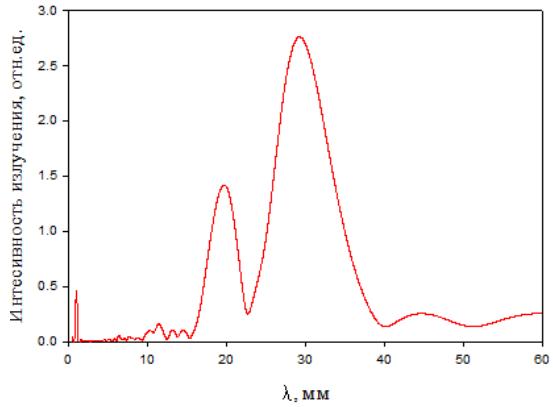


Рис.2. Спектр поля электронов

В эксперименте использовалась мишень, выполненная из тефлона с показателем преломления $n = 1.41 \pm 0.01$ [3]. Конструктивно мишень выполнена в форме призмы, в основание которой вписан прямоугольный треугольник.

Результаты эксперимента

В начальном положении, когда угол поворота мишени составляет $\psi = 0^\circ$ при установленном экране, реализуется возможность померить фон. Ниже представление графики идут с вычетом фона.

На рис. 2 отображены ориентационные характеристики ИВЧ и ДИ в зависимости угла поворота мишени.

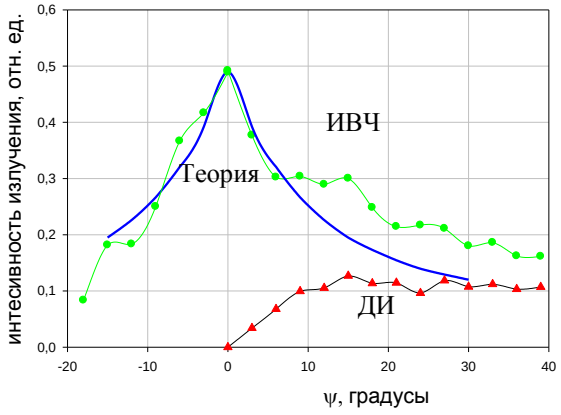


Рис.3. Угловое распределение излучения Вавилова-Черенкова и дифракционного излучения

По определению ИВЧ – это результат интерференции излучения, возникающего при поляризации материала мишени полем электрона в разных точках его траектории.

Поэтому, если экранировать траекторию электрона поглотителем или металлическим экраном с установленным на нем поглотителем, то ИВЧ должно отсутствовать.

Для этого в геометрии, когда осуществляется поворот мишени против часовой стрелки, был установлен экран на грань (мишени) параллельную пучку (см.рис.1б). В итоге наблюдалось возрастание интенсивности дифракционного излучения, а интенсивность излучения Вавилова-Черенкова закономерно падала (см.рис.3).

При удалении экрана с грани ближней к пучку, наблюдается увеличение интенсивности ИВЧ, вклад ДИ незначителен (рис.3).

Заключение

Результаты показали, что для теоретически рассчитанной кривой и экспериментально полученной зависимости для ИВЧ в области отрицательных значений углов наблюдается хорошее согласие; видимое небольшое отклонение объясняется наличием дисперсии коэффициента преломления мишени. В области положительных углов расхождение теоретической и экспериментальных кривых, по-видимому, вызвано наличием неучтенного вклада ДИ в общие радиационные характеристики.

Список литературы

1. *Б.М. Болотовский, Г.В. Воскресенский.* // УФН. – 1966. – Т.88. №2. – С. 209-251.
2. А.Н. Алейник, А.С. Арышев, Б.Н. Калинин и др. // Письма в ЖЭТФ. – 2002. – Т.76. – С. 397.
3. Karlovets D.V. On the Theory of Polarization Radiation in Media with Sharp Boundaries // *Zh Èksper Teoret Fiz*, **113**:1 (2011), 27–45 pp.
4. V.A. Verzilov. Transition radiation in the pre-wave zone. Phys. Lett. A **273** (2000) 135.
5. М.В. Шевелёв, Г.А. Науменко, А.П. Потылицын и др. //Изв. вузов. Физика. 2010. Т. 53. № 10/2. С. 178

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕМЕШИВАЮЩИХ ДИСТАНЦИОНИРУЮЩИХ РЕШЕТОК ТВС-КВАДРАТ РЕАКТОРА PWR НА ГИДРОДИНАМИКУ И МАССООБМЕН ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Варенцов А.В., Зяблицев Д.В., Пронин А.Н.
Научный руководитель: Дмитриев С.М., д.т.н., профессор
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
603950, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24
E-mail: vav@mail.ru

Стратегической задачей для Госкорпорации «Росатом» и Топливной компании «ТВЭЛ» является выход на западный рынок ядерного топлива. Для этого в ОАО «ОКБМ Африкантов» проведены разработки тепловыделяющих сборок для реакторов типа PWR ТВС-КВАДРАТ, конкурентоспособных с зарубежными аналогами по надежности, безопасности, экономичности и технологичности [1].

В большинстве тепловыделяющих сборок (ТВС) используются перемешивающие и дистанционирующие решетки. Важной задачей данных перемешивающих устройств является выравнивание температур (энтальпий) по сечению сборок, улучшение ситуации в наиболее напряженных ячейках ТВС, повышение запасов до кризиса теплоотдачи и др. В следствии чего оказывается существенное влияние на теплогидравлику потока теплоносителя в активной зоне ядерного реактора.

Это достигается использованием в решетках лопаток, дефлекторов потока и других элементов, обеспечивающих перемешивание теплоносителя в поперечном сечении ТВС. Наличие подобных элементов может привести к заметному повышению гидравлического сопротивления самой сборки, что будет являться нежелательным фактом. Поэтому оптимальная конструкция решетки требует поиска вариантов, обеспечивающих наиболее благоприятное сочетание таких параметров, как интенсивность перемешивания, гидравлические потери и запасы до кризиса теплоотдачи.

Для обоснования работоспособности и эффективности дистанционирующих и перемешивающих решеток в НГТУ им. Р.Е. Алексеева был создан экспериментальный стенд, на котором проводятся работы по отработке оптимальных конструкций перемешивающих устройств.

Экспериментальный стенд

Исследования локальных характеристик гидродинамики и межъячеечного массообмена теплоносителя проводились на аэродинамическом стенде методом диффузии трассера [2]. Принцип проведения экспериментальных исследований заключался в том, что поток воздуха посредством радиального вентилятора высокого давления поступал в ресиверную емкость, двигался через расходомерное устройство и успокоительный участок, затем, пройдя через модель, выбрасывался в атмосферу. Трассер подавался через впускной зонд в характерную ячейку пучка твэлов в начале исследуемого участка, после чего отборным зондом за исследуемым поясом решетки производился отбор газовоздушной смеси для анализа распределения концентрации трассера по длине и поперечному сечению модели.

Экспериментальная модель (ЭМ), представляющая собой фрагмент ТВС-КВАДРАТ реактора типа PWR выполнена в полном геометрическом подобии и состоит из квадратного чехла, цилиндрических твэлов-имитаторов, имитаторов направляющего канала, поясов пластинчатых дистанционирующих решеток, пояса перемешивающей дистанционирующей решетки.

Исследуемый пояс ПДР представляет собой квадратную пластинчатую решетку, набранную из взаимно–перпендикулярных пластин. Верхние кромки пластин решетки снабжены дефлекторами таким образом, что на каждый твэл приходится по два дефлектора, расположенных диагонально, что улучшает перемешивание потока теплоносителя.

Измерительный комплекс

В состав измерительного комплекса входят: газоанализатор, регулятор расхода газа, отборный зонд, выполненный в виде трубки Пито-Прандтля и одновременно выполняющий функцию транспортного газопровода в газоанализатор, ПЭВМ с соответствующим программным обеспечением.

Для измерения концентрации углеводородов CnHm в газо-воздушной смеси использовался газоанализатор, принцип работы которого основан на измерении величины поглощения инфракрасного излучения в области длины волны 3,4 мкм. Диапазон измеряемых концентраций: 0...10000 ppm, погрешность измерения при этом с учетом индивидуальной градуировки равна ±5 ppm (0…1000 ppm); ± 1,5% (1000...10000 ppm). Величина 10000 ppm соответствует 1 объемному проценту газа трассера в газо-воздушной смеси.

Для поддержания заданного расхода газа использовался массовый расходомер EL-FLOW, который позволяет измерять и регулировать потоки газов в диапазонах от 0 до 5 л/мин. Погрешность при этом составляет не более 0,5%.

Результаты исследований распределения концентрации трассера в модели фрагмента ТВС-КВАДРАТ

Важным этапом является подтверждение представительности проведенных экспериментальн ых исследований. В активной зоне реактора PWR числа Рейнольдса достигают нескольких сотен тысяч, что труднодостижимо в лабораторных

условиях. Но поскольку течение воды высокого давления в активных зонах реактора PWR моделируется воздухом на основе теории гидродинамического подобия, то в области автомодельности профиль относительной скорости (Wлок/Wср.расх) остается неизменным. Следовательно, исследования в зоне автомодельности позволят перенести результаты эксперимента на натурные условия течения теплоносителя в штатных ТВС.

По полученным экспериментальным данным были построены графики распределения концентрации трассера и картограммы по длине экспериментальной модели для характерных зон в поперечном сечении при постановке поясов перемешивающих решеток.

Рассмотрев, как изменяется концентрация трассера из зоны инжекции №35 в соседние ячейки (рис. 1), можно отметить, что за дефлекторами перемешивающей дистанционирующей решетки происходит направленное, постепенно затухающее движение трассера, обусловленное соответствующим расположением дефлекторов. Также из данного графика видно, что затухание массообменных процессов происходит на расстоянии 17÷20 гидравлических диаметров за перемешивающей решеткой.

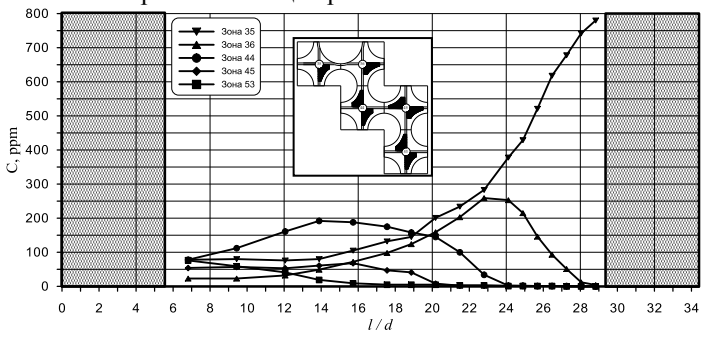


Рис.1. Графики распределения концентрации трассера по длине экспериментальной модели

На рисунке 2 представлено распространение концентрации трассера в выходном сечении экспериментальной модели.

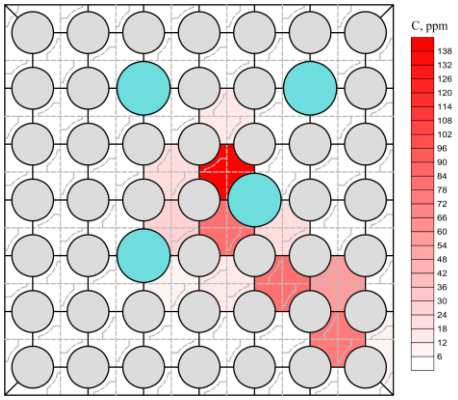


Рис.2. Распределение концентрации трассера в выходном сечении экспериментальной модели

Выводы

По результатам экспериментальных исследований гидродинамики и массообмена в ЭМ были выявлены основные общие закономерности движения потока теплоносителя за ПДР:

1. За дефлекторами перемешивающей дистанционирующей решетки происходит направленное, постепенно затухающее движение трассера, обусловленное соответствующим расположением дефлекторов.

2. Экспериментально определено, что не весь поток теплоносителя движется в направлении, определенном дефлектором. Часть трассера передается в соседние ячейки за счет турбулентного массообмена, имеющего значительно большую величину за перемешивающей дистанционирующей решеткой, вследствие дополнительной турбулизации потока.

3. Эффективное перемешивание трассера в поперечном сечении заканчивается на расстоянии l/d≈17÷20 после перемешивающей дистанционирую щей решетки.

Обобщена экспериментальная информация и создан банк данных для верификации CFD-кодов и программ детального поячеечного расчета активных зон с ТВС-КВАДРАТ для реактора PWR с целью уменьшения консерватизма в расчетах теплотехнической надежности активных зон.

Список литературы

1. **Бородин С.С.** Экспериментальные исследования локального массообмена теплоносителя в ТВС-КВАДРАТ реакторов типа PWR / Бородин С.С. [и др.] // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева №3, 2010г., С. 106-112

2. **Бородин С.С.** Исследования локального массообмена теплоносителя в ТВСА реакторов ВВЭР при использовании перемешивающих решеток типа «порядная прогонка» / Бородин С.С. [и др.] // Сборник тезисов докладов межведомственного семинара «Теплофизика-2008», г. Обнинск, 2008г., С. 24

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УРАНА И ТОРИЯ С ТЕТРАФТОРОБРОМАТОМ КАЛИЯ

И. В. Волошин, А. И. Лизунов, С. И. Ивлев
Научный руководитель: Р. В. Оствальд, к.х.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Ivanvoloshin1991@mail.ru

В технологии редких элементов и материалов, применяющихся в атомной промышленности, важное место занимают процессы получения фтористых соединений элементов для последующего их разложения с целью получения таких элементов в металлическом виде. За время развития химии фтора было найдено достаточное количество различных фторирующих агентов, таких как F_2, BrF_3, ClF_3, XeF_2, XeF_4 и др. Несмотря на широкое применение некоторых из них, существует ряд причин, затрудняющих их использование.

Так, например, трифторид брома BrF_3, в своё время показал перспективность применения в урановой промышленности, где его было предложено использовать для окислительного фторирования как урана, так и сопутствующих ему редкоземельных элементов. Тем не менее, его высокая реакционная способность сильно осложняет его применение, хранение и транспортировку, а также предъявляет повышенные требования к технике безопасности и квалификации персонала [1].

В настоящее время перспективной альтернативой традиционным фторокислителям является применение тетрафторобромата щелочных металлов, так же способных одновременно окислять весь ряд радиоактивных и редкоземельных элементов. Они представляют собой твёрдые вещества, обладающие гораздо меньшей реакционной способностью при нормальных условиях, чем исходные фториды галогенов, но, тем не менее, сохраняют присущие им сильные окислительные свойства, которые проявляются при плавлении [2].

Однако на сегодняшний день накоплено недостаточно сведений о характере процессов взаимодействия тетрафторобромата щелочных металлов с различными классами химических соединений, понимание которых важно при решении проблемы замены фторидов галогенов на их более безопасные производные. Поэтому первоначальной целью данной работы стало исследование процессов взаимодействия металлических урана и тория с тетрафторобромата калия.

Поскольку тетрафторобромат калия гидролизуется при контакте с парами воды, то все работы проводились в исключающей контакт со влагой воздуха атмосфере очищенного аргона в перчаточном боксе. Перед попаданием в бокс аргон последовательно осушался, проходя через каскад колонок, заполненных различными сорбентами: силикагелем, цеолитом и гидроксидом калия.

Синтез тетрафторобромата калия $KBrF_4$ проводился по методике, изложенной в [3, 4], и был основан на следующем взаимодействии:

$$KF + BrF_3 \rightarrow KBrF_4.$$

Для предотвращения бурного выделения тепла, расплавления тетрафторобромата калия, а также вскипания трифторида брома и его уноса из зоны реакции, данный синтез проводился в специальной трехкомпонентной системе. Смесь в начальный момент времени представляла собой систему, состоящую из твердого фторида калия и двух несмешивающихся жидкостей: трифторида брома и инертного хладона. В качестве последнего использовался фреон–113 с температурой кипения 47,5 ºС. При этом плотность трифторида брома больше плотности хладона, поэтому BrF_3 находился на дне реактора.

После заполнения реактора трифторидом брома и фреоном порциями добавлялся фторид калия. При его контакте с трифторидом брома происходила химическая реакция образования тетрафторобромата калия, сопровождающаяся выделением большого количества тепла. Тепло передавалось фреону, выступающему в качестве термостатирующего хладагента, поэтому температура в зоне реакции не превышала температуры его кипения.

После добавления последней порции KF смесь перемешивалась в течение 1 часа до полного завершения реакции. После этого система нагревалась до температуры кипения фреона. Испаряющийся фреон поступал в систему улавливания для конденсации и последующей очистки. Полученный тетрафторобромат калия упаковывался в герметичные тефлоновые ёмкости, заполненные аргоном, и применялся в дальнейших исследованиях.

Взаимодействие урана и тория с тетрафторобромата калия осуществлялось в запаянных никелевых ампулах, предварительно пассивированных фтором. Перед загрузкой в ампулы смесь таблетировалась для улучшения контакта фаз. Ампулы нагревались в муфельной печи до 400 °С в течение 120 минут, далее выдерживались при такой температуре в течение 150 минут и медленно охлаждались в течение 240 минут.

Исследование продуктов взаимодействия проводилась методом рентгенофазового анализа порошкообразных продуктов. Непосредственно анализ проводился на дифрактометре XRD-7000S

(Shimadzu, Япония) с использованием CuKα излучения. Идентификация рефлексов на дифрактограммах проводилась по международной базе данных PDF-2 [5].

В этом исследовании для установления состава образующихся продуктов проводилось взаимодействие металлического урана с большим избытком тетрафтоброматa калия U:$KBrF_4$=1:12 (масс.). Соответствующая дифрактограмма представлена на рис. 1.

Аналогичное соотношение компонентов было выбрано при исследовании процесса взаимодействия тетрафтоброматa калия с металлическим торием. Дифрактограмма полученных продуктов представлена на рис. 2.

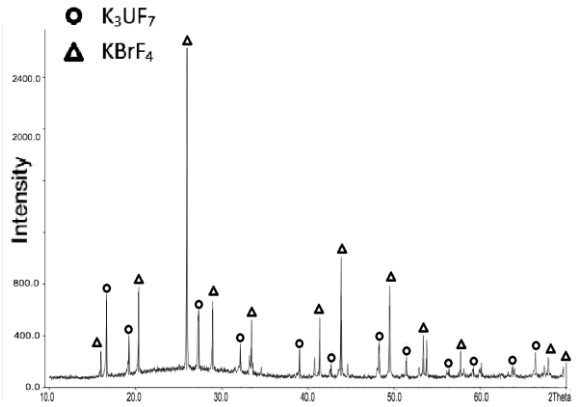


Рис. 1. Дифрактограмма продукта взаимодействия U:$KBrF_4$ = 1:12 (масс.)

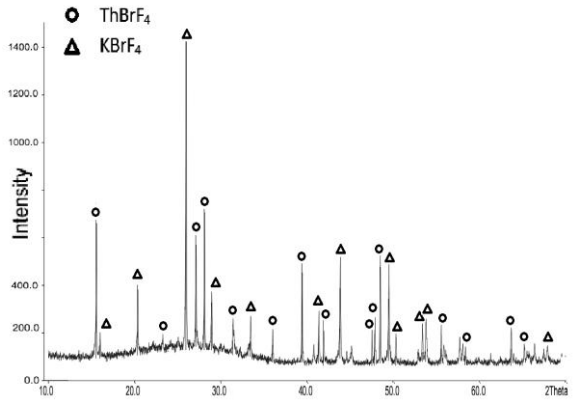


Рис. 2. Дифрактограмма продукта взаимодействия Th:$KBrF_4$ = 1:12 (масс.)

При сопоставлении рефлексов с пиками возможных веществ из дифракционной базы данных PDF-2 было отмечено наличие преимущественно только двух продуктов в каждом из случаев. При идентификации продуктов взаимодействия урана с тетрафтоброматом калия было отмечено присутствие гептафтороураната дикалия K_3UF_7 (номер карточки 73-2173), который может быть представлен в виде K_2UF_6·KF. В случае тория одной из двух найденных фаз стал гексафтороторат калия K_2ThF_6 (номер карточки 75-1925). Помимо соответствующих производных в обоих случаях на дифрактограммах были отмечены рефлексы второй фазы: непрореагировавшего избытка тетрафтоброматa калия $KBrF_4$ (номер карточки 71-1589). Исходя из полученных данных, было сделано предположение, что реакции взаимодействия протекают согласно следующим схемам:

$$U + 3KBrF_4 \rightarrow K_3UF_7 + 2BrF\uparrow + BrF_3\uparrow$$
$$Th + 2KBrF_4 \rightarrow K_2ThF_6 + 2BrF\uparrow$$

Таким образом, в данном исследовании показана принципиальная возможность применения тетрафтоброматов щелочных металлов для получения фторидов радиоактивных элементов на примере взаимодействия тетрафтоброматa калия с ураном и торием. Определён состав получаемых продуктов и предложены схемы протекания реакций.

Также отдельно следует отметить, что оба рассмотренных элемента окисляются до своей устойчивой степени окисления +4. Однако в случае урана более предпочтительной стала бы наивысшая его степень окисления +6, поскольку соответствующие ей соединения лежат в основе как процессов разделения изотопов, так и многих схем переработки облучённого ядерного топлива. Для решения вопроса о возможности применения тетрафтоброматов щелочных металлов в этой области требуется провести дополнительные исследования по их взаимодействию с некоторыми соединениями урана, в частности, с его закисью-окисью, что будет сделано авторами в дальнейших работах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Митькин В.Н., Шавинский Б.М., Камелин А.И. Извлечение примесей редкоземельных элементов из оксида урана с помощью трифторида брома для их концентрирования и аналитического определения // Журнал аналитической химии. – 2000. – Т. 55. - №3. – С. 286-288.
2. V.N. Mitkin // Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy, 56 (2001). P. 135-175.
3. Шагалов В. В. Дисс. «Физико-химические основы синтеза тетрафтоброматa калия» канд. хим. наук. Томск: ТПУ, 2010. 156 с.
4. A.I. Popov, Y.M. Kiselev, V.F. Sukhoverkhov, N.A. Chumaevskii, O.A. Krasnyanskaya, A.T. Sadikova. Russ. // J. Inorg. Chem. – 1987. – Vol. 32. – P. 619-622.
5. ICDD (2010). PDF-2 (Database), edited by Dr. Soorya Kabekkodu, International Centre for Diffraction Data, Newtown Square, PA, USA.

УСТАНОВКА ДЛЯ НЕЙТРОННОГО ЛЕГИРОВАНИЯ КРЕМНИЯ НА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ЯДЕРНОМ РЕАКТОРЕ ИРТ-Т

Головацкий А.В., Варлачев В.А., Солодовников Е.С.
Научный руководитель: Варлачев В.А., к.т.н., зав.лабораторией
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30
E-mail:franzuzs@ya.ru

Среди всех существующих методов легирования кремния наиболее высокая однородность электрофизических параметров кремния достигается при нейтронном легировании (НЛ). Поэтому НЛ кремний широко используется в мировой практике для создания приборов с минимальным разбросом удельного электрического сопротивления (у.э.с.): тиристоры, приборы с зарядовой связью, СБИСы, детекторы излучений, фотоприемники [1]. Принципиальное отличие НЛ кремния от традиционных методов заключается в том, что легирующую примесь - фосфор - не вводят в исходный материал извне, а она образуется в процессе облучения непосредственно из атомов легируемого материала:

$$^{30}Si(n,\gamma)^{31}Si \xrightarrow{\beta} {}^{31}P, \qquad (1)$$

При таком способе имплантации появляются широкие возможности для контроля за концентрацией легирующей примеси. Более того, одним из важнейших преимуществ этого способа внесения фосфора в кремний является возможность хорошей повторяемости результатов, достижения высокой равномерности легирования по объёму слитка и создание полупроводникового материала с заданными электрофизическими параметрами.[2,3]

При облучении кремния тепловыми нейтронами в течение времени t_o концентрация ядер ^{31}Si распределена по закону:

$$N(x,y,z,t) = N_0\sigma\int_0^{t_0} f(x,y,z,t)dt, \qquad (2)$$

где $f(x,y,z,t)$ - поток тепловых нейтронов через единичный объем слитка с координатами x,y,z (система координат неподвижна относительно слитка); σ - микроскопическое сечение реакции (1); N_o - концентрации ядер ^{30}Si в исходном кремнии. Интегральный поток (флюенс) нейтронов за время t_o по определению есть

$$\Phi(x,y,z,t) = \int_0^{t_0} f(x,y,z,t)dt, \qquad (3)$$

Поэтому концентрация ядер ^{31}Si в любой точке слитка (x,y,z) пропорциональна интегральному потоку нейтронов в этой точке

$$N(x,y,z,t_0) = N_0\sigma\Phi(x,y,z,t_0), \qquad (4)$$

т.е. распределение концентрации ядер ^{31}Si повторяет распределение флюенса нейтронов по объему слитка.

При времени выдержки слитков кремния после их облучения более трех дней практически все ядра $^{31}Si(T_{1/2}$ = 2,6 часа) превращаются в ядра ^{31}P. Следовательно, выражение (4), в конечном итоге, и определяют распределение абсолютной концентрации легирующей примеси фосфора по объему слитка.

Таким образом, задача равномерного легирования протяженных слитков кремния фосфором по реакции (1) сводится к поиску и реализации таких условий облучения, при которых флюенс тепловых нейтронов, определяемый выражением (3), равномерно распределен по объему облучаемого слитка кремния. Эти условия во многом определяются характеристиками реакторных установок, используемых для целей НЛ.

На реакторе ИРТ-Т в 1986 году была введена в действие установка для НЛ слитков кремния 4 дюйма с мировым уровнем качества. [4] Однако, в настоящее возросла потребность электронной промышленности в пластинах НЛ кремния диаметром 5 дюймов и выше. В связи с этим были проведены исследования параметров нейтронного поля в ГЭК-4 ИРТ-Т с целью выяснения возможности создания новой установки с большей производительностью для НЛ слитков кремния 5 дюймов.[5,6] Результаты исследований приведены на рис. 1,2. Для проведения исследований использовалась методика относительных измерений. В качестве активационных детекторов использовались медные фольги и медная проволока. Перед облучением активационные детекторы закреплялись на специальном устройстве. Устройство с закреплёнными детекторами помещалось в канал реактора штангой с нанесёнными на ней реперами.

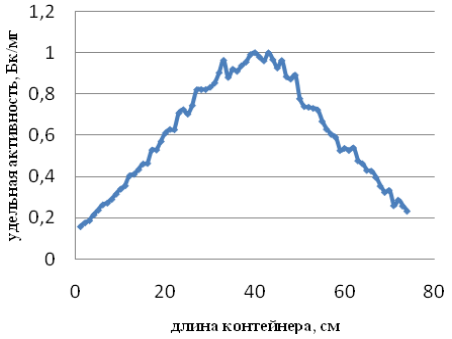


Рис.1. Распределение плотности потока тепловых нейтронов вдоль ГЭК-4.

Реперы позволяли устанавливать устройство в канале реактора с погрешностью не хуже 3 мм, то есть каждый активационный детектор был установлен в заданной точке зоны облучения с погрешностью ± 3 мм, а их взаимное расположение с погрешностью ± 1 мм.

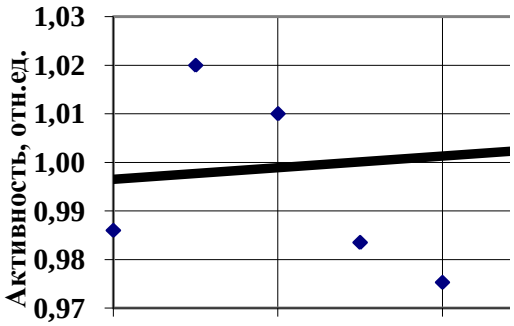


Рис.2. Распределение активности колец медной фольги по диаметру канала.

По результатам исследований было составлено ТЗ и спроектирована новая установка для НЛ слитков кремния диаметром до 5 дюймов рис.3. Для равномерного легирования по объему, два контейнера со слитками, возвратно-поступательно перемещаются по зоне облучения и равномерно вращаются со скоростью 3 об./мин [7] Установка, благодаря использованию современных разработок в механике и электронике позволила почти в два раза увеличить производительность НЛ

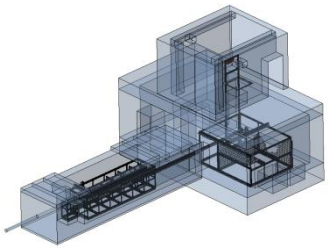


Рис.3. Автоматическая установка для НТЛ кремния.

Параметры нейтронного поля в процессе облучения слитков кремния контролируются двумя камерами деления типа КТВ.

Установка прошла испытание при НЛ партии слитков кремния диаметром 5 дюймов. Вес партии был равен 300кг. Согласно данным, приведенным на рис. 4

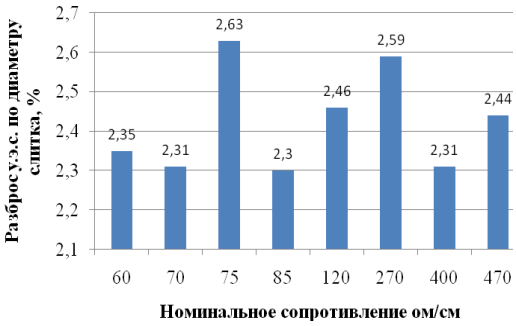


Рис.4. Результат НЛ кремния общим весом 300 кг.

результаты НЛ соответствуют мировому уровню качества. Разброс значений удельного электрического сопротивления по диаметру слитков не превышает 3% относительных.

Результатом проделанной работы стали:

Исследование влияния пространственно-временного распределения нейтронного поля в экспериментальном канале ГЭК-4 ИРТ-Т.

Создана установка для НЛ кремния диаметром до 5 дюймов.

Список литературы

1. Атомная техника за рубежом, 2008, №4 Производство нейтронно-легированного кремния.
2. Физика твердого тела, 1999, том 41, вып. 5 Нейтронное трансмутационное легирование полупроводников: наука и приложения.
3. Смирнов Л.С., Соловьев С.П., Стась В.Ф., Харченко В.А. Легирование полупроводников методом ядерных реакций. - Новосибирск: Наука, 1981 - 181 с.
4. Варлачев В.А. Кузин А.Н., Лыхин С.В. Солодовников Е.С. Усов Ю.П., Фотин А.В. Томский комплекс нейтронно-трансмутационного легирования кремния. “Атомная энергия”, т.79, вып.1, июль 1995, с.38-40.
5. Смирнов Л.С., Соловьев С.П., Стась В.Ф., Харченко В.А. Легирование полупроводников методом ядерных реакций. – Новосибирск: Наука, 1981-175 с.
6. Антропов Н.А., Варлачев В.А., Солодовников Е.С. и др. Измерение нейтронных полей в экспериментальном канале ИРТ-Т// IV Всесоюзное совещание по метрологии нейтронного излучения на реакторах и ускорителях//Тез. Докл. – М.: Госстандарт, 1985 – с.63.
7. Варлачев В.А., Солодовников Е.С., Фотин А.В. и др. Патент РФ №2089011

ОРГАНИЗАЦИЯ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА БАЗЕ СЕРИЙНОГО ЛЕГКОВОДНОГО РЕАКТОРА

Губайдулин И.М., Беденко С.В., Яковлев М.В.
Научный руководитель: Шаманин И.В.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: commander_tom@sibmail.com

Состояние исследований

В настоящей работе исследуется возммжность определения оптимальных режимов эксплуатации перспективных топливных композиций ($(Pu,Th)O_2$, $(U,Th)O_2$ $(U,Pu)O_2$, UC/(U,Pu)C, UN/(U,Pu)N), применяемых в серийных реакторных установках (РУ) на тепловых нейтронах, и, следовательно, новые схемы размещения и концептуальные подходоы по обращению с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) в системах транспортировки и хранения [1].

Решение рассматриваемой проблемы позволит перейти к актуализации ряда задач современной ядерной энергетики, а именно: 1) повысить эффективность использования ядерного топлива; 2) снизить радио- и химической токсичность ОЯТ РУ на тепловых нейтронах; 3) начать работы по вовлечению тория в ядерный топливный цикл (ЯТЦ) [1].

Необходимо отметить, что утвержденные приказом Президента РФ № Пр-899 от 7 июля 2011 года приоритетные направления развития науки, технологий и техники, такие как «Энергоэффективность и энергоснабжение», «Ядерная энергетика», «Ядерные технологии», стимулировали новую волну исследований в области совершенствования ЯТЦ и обеспечения безопасности (ядерной и радиационной) при обращении с ОЯТ.

К таким исследованиям можно отнести настоящую научно-исследовательскую работу.

Повышение эффективности ядерной энергетики связано с решением следующих основных задач. Первая задача состоит в регенерации ОЯТ атомных станций (АС) и возвращением его в ЯТЦ (замкнутый топливный цикл). Вторая задача обусловлена резко возросшей глубиной выгорания (вплоть до 130 МВт·сут/т.(т.м.)) как штатного топлива UO_2, так и новых перспективных керамических топлив серийных реакторов и РУ нового поколения [2, 3].

Увеличение глубины выгорания штатного топлива, а так же появление новых видов керамических топливных композиций типа для серийных реакторов и РУ нового поколения еще больше обострит проблему обращения с ОЯТ и высвобождающимся ураном и плутонием. Кроме того, потребует разработку новых концептуальных подходов по обращению с таким топливом, появится необходимость в обосновании безопасности используемых сегодня транспортных средств и систем долговременного хранения.

При решении задач ядерной и радиационной безопасности систем хранения и транспортировки ОЯТ, основная проблема связана с радиационной безопасностью и разработкой регламентов и процедур обращения с учетом дозовых характеристик (в частности спектральные и интегральные характеристики нейтронного излучения) ОЯТ [1, 2].

Применение используемых сегодня методик и алгоритмов расчета для определения нейтронной составляющей дозовых характеристик новых видов топлив требует как минимум обоснования, а в ряде случаев существенного дополнения и модернизации. Кроме того, конструктивные особенности РУ нового поколения и параметры их эксплуатации приводят к изменению характеристик поля излучения ОЯТ, влияющих на радиационную обстановку вблизи систем хранения и транспортировки, что не учитывается существующими сегодня методами расчета [3].

Основная проблема при организации ЯТЦ нового поколения связана с точностью расчета младших актиноидов формирующих нейтронное излучение. Эта проблема, может быть решена путем совместного использования отдельных модулей верифицированных программ (MCU5TPU, Scale 4.4.a и Scale 5.0). Взаимная интеграция перечисленных выше верифицированных расчетных модулей в некоторой степени может гарантировать правильность и точность проводимых расчетов, а также позволит учесть особенности конструкции РУ нового поколения и параметры их эксплуатации.

Необходимо отметить, что при организации ЯТЦ нового поколения на базе серийного легководного реактора придется решать те же задачи, которые в свое время успешно решались при использовании регенерированного урана. В частности, проблемы радиационной безопасности, связанные с накоплением ^{228}Th, образующегося в результате распада ^{232}Th и ^{232}U [1].

Таким образом, полученные ранее научно-технические решения для регенерированного уранового топлива могут быть использованы при включении новых видов топлив в состав топлива легководных реакторов, что соответственно потребует обоснования и проведения необходимых расчетных исследований.

Результаты расчета нуклидного состава уран-ториевого топлива

Расчёт проводился с использованием программного комплекса Scale 5.0. Характеристики топлива стартовой загрузки: (^{235}U – 4 %, ^{238}U – (96 – 76) %,^{232}Th – (0 – 20) %)O_2.

Характеристики облученного топлива: глубинами выгорания – 70000 МВт×сут./т(т.м.), время выдержки – 5 лет.

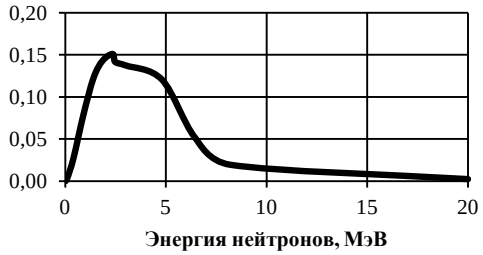


Рис. 1. Спектр нейтронов спонтанного деления

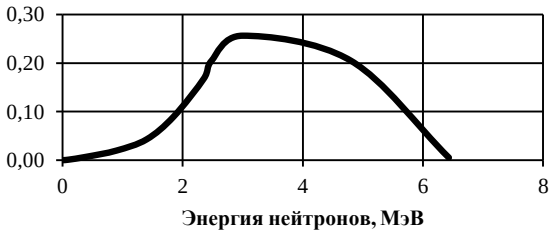


Рис. 2. Спектр нейтронов (α,n) реакции

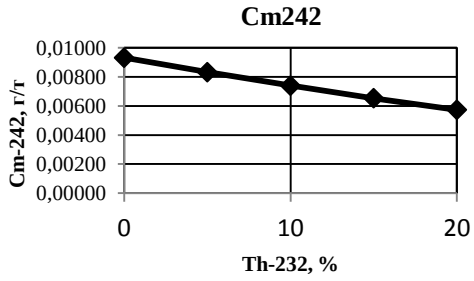


Рис. 3. Зависимость концентрации ^{242}Cm в выгоревшем топливе при частичной замене урана на торий

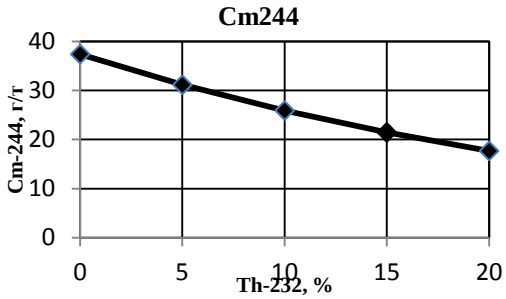


Рис. 4. Зависимость концентрации ^{242}Cm в выгоревшем топливе при частичной замене тория урана на торий

Выводы

1. Расчетные исследования показали, что частичная замена урана на торий приводит к более интенсивному делению ^{239}Pu и ^{235}U,так как сечение деления тепловыми нейтронами тория практически равно нулю, в связи с этим тепловые нейтроны, которые поглощались ядрами урана в случае штатной загрузки не выводятся из процесса деления, а идут на деление ^{235}U и ^{239}Pu.
2. Большое сечение радиационного захвата в тепловой области для ^{232}Th приводит к наработке ^{233}U, обладающим иными нейтронно-физическими особенностями.
3. Концентрации ^{244}Cm и ^{242}Cm (основной источник нейтронов) в выгоревшем ториевом топливе меньше (более чем в 2 раза), если сравнивать его со штатным оксидным топливом. Соответственно, такое ториевое топливо будет обладать минимальной нейтронной активностью.

Ниже приведены результаты расчетов спектрального состава излучения облученных перспективных топлив (см. Рисунки 1 и 2) и результаты расчета нуклидного состава уран-ториевого топлива (U,Th)O_2 в ЯТЦ на базе легководного реактора на тепловых нейтронах (см. Рис. 3 и 4).

Список литературы.

1. Шаманин И. В. , Беденко С. В. , Годовых А. В. Влияние тонкой структуры резонансной области поглощения нейтронов ядрами 232Th и 238U на эффективность использования ядерного топлива // Известия вузов. Физика. - 2012 - Т. 55 - №. 11/2 - С. 367-372.

2. Шаманин И. В., Беденко С. В. Оптимизация нейтронно-физических характеристик систем хранения отработанного топлива // Известия Томского политехнического университета. - 2012 - Т. 320 - №. 4 - С. 10-14.

3. Беденко С.В. Особенности излучения облученного керамического ядерного топлива. Нейтронное излучение облученного ядерного топлива. – Saarbrucken : LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012 – 124.

4. Шаманин И.В., Гаврилов П.М., Мартынов В.В., Беденко С.В., Нефедов С.А., Ф.В. Гнетков Поле нейтронного излучения и радиационная обстановка вблизи облученных керамических урановых топлив //Известия Томского политехнического университета, 2010. - т.316 - № 4. - с. 10-13.

САМООРГАНИЗАЦИЯ ДИССИПАТИВНОГО ПРОСТРАНСТВА ТОКОСЪЁМА

Деева В.С.
Научный руководитель: Слободян С.М., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: veradee@mail.ru

Метрологическая недоступность прямого наблюдения контактного пространства затрудняет получение прямых оценок динамики процесса контактного взаимодействия поверхностей тел. Знание параметров динамической траектории формирования структуры контактного слоя взаимодействия пары тел позволит существенно облегчить исследование конкретных физических систем и тел, в том числе, модифицированных, в частности, предсказать параметры, направления и траектории движений контактного пространства, возникающих в момент перехода, а также оценить устойчивость этого процесса в пространстве параметров области их существования. Большое значение в решении этой проблемы имеет знание и исследование их динамических характеристик. Цель исследования динамики, в конечном итоге, – доказательство устойчивости стационарных режимов формирования контактного пространства как нелинейной системы или отыскание условий, которые обеспечивают его устойчивость. Априори такую информацию получить невозможно. Поэтому единственной возможностью является создание адекватных математических моделей и их последующий анализ. При создании модели адекватной реальному поведению динамического контакта возрастает роль различных эффектов, связанных с пространственной и временной неоднородностью слоя контактного пространства и нелинейностью происходящих в нём сложных процессов. В то же время, используемые для анализа такого типа нелинейных процессов и систем, упрощенные математические модели либо вообще не учитывают важных физических эффектов, или учитывают весьма приближенно, например, в рамках линеаризованных моделей. Это, в первую очередь, обусловлено тем, что слой контактного пространства является неоднородной нелинейной распределенной средой и как сложная система может быть описан системой уравнений в частных производных или системой интегро-дифференциальных уравнений, в общем случае рассматриваемой в банаховом координатном пространстве [1–3]. Заметим, что процедура линеаризации для сложных нелинейных процессов и систем, как правило, требует строгого обоснования. Таким образом, разработка адекватных математических моделей сложных объектов и процессов, а также исследование возникающих режимов, вопросов устойчивости и нелинейных явлений, включая нерегулярное хаотическое поведение контактного пространства и слоя скольжения, является весьма актуальной задачей.

В работе исследуется нелинейная физическая задача процесса самоорганизации контактного пространства динамического токосъёма [4, 5] в постановке положений теории обыкновенных дифференциальных уравнений описания динамического скользящего контакта пары тел, служащих практической основой создания и разработки большинства математических моделей контактного физического взаимодействия сред в конденсированном состоянии.

Из сравнительного анализа широко известных [1–3], ставших в настоящее время классическими, математических моделей контактного взаимодействия тел и сред, в том числе в конденсированном состоянии [4–5], с учётом практических условий их решения с теоретическими ограничениями и условиями применимости численных методов и методов аппаратурной дискретизации в практике реального эксперимента, следует, что:

во-первых, математические модели динамического скользящего взаимодействия тел и сред в целом недостаточно полно соответствуют требованиям и условиям применимости методов дискретизации траекторий поведения процессов контактного взаимодействия, при их описании обыкновенными дифференциальными уравнениями, что приводит к недостаточной точности практических оценок, а иногда и невозможности проведения оценок их поведения;

во-вторых, достоверность количественного числового воспроизведения траектории процесса контактного взаимодействия сред может оказаться по вероятности недостаточно определённой из-за наличия систематической, накапливаемой при дискретизации от шага к шагу, методической погрешности, присущей принципу численного интегрирования дифференциальных уравнений [1–4]. Схему численного интегрирования, например, вычисления по явной схеме Эйлера, можно для иллюстрации отобразить известной разностной схемой, записываемой в виде обычного конечно-разностного соотношения:

$$\left\{ y_i^{\Delta} = y_{i-1} + \alpha f\left(y_{i-1}, t_{i-1}\right); \right.$$

$$\left. y_i = y_{i-1} + 0{,}5\alpha\left[f\left(y_{i-1}, t_{i-1}\right) + f\left(y_i^{\Delta}, t_i\right)\right] \right\},$$

когда на первом этапе оценка решения предсказывается с точностью определяемой α, а на втором этапе – уточняется. Именно наличие такой систематической, накапливаемой при

дискретизации от шага к шагу, методической погрешности, и может приводить к хаотическому поведению детерминированной динамической системы – электромагнитного контактного пространства динамического токосъёма.

Одно из важных открытий конца прошлого века – установление того факта, что нелинейная детерминированная динамическая система при отсутствии в ней каких-либо случайных внешних возмущений может генерировать стохастические колебания, т.е. порождать детерминированный или динамический хаос. Такой хаос может возникать в ситуации, когда в фазовом пространстве контактного пространства как динамической системы имеется ограниченная область, из которой траектории поведения пространства не уходят, но при этом они неустойчивы по Ляпунову. В силу неустойчивости сколь угодно близкие вначале траектории контактного процесса будут расходиться за конечный промежуток времени. Потому на практике невозможно предсказать длительное поведение контактного пространства как детерминированной нелинейной динамической системы, поскольку реально начальные условия задаются лишь с конечной степенью соответствия.

Сегодня, несмотря на значительные успехи, теория нелинейных динамических систем далека от завершения. Возникающий круг вопросов в основном связан с устойчивостью решений и возникновением процесса динамического хаоса. Традиционно в теории устойчивости изучается асимптотическое поведение траекторий, лежащих вблизи известной установившейся стационарной траектории, или, как в теории ветвления, проводят обнаружение и исследование решений, ответвляющихся от известного по мере изменения параметров задачи. Несмотря на интенсивные исследования, существующие трудности далеки от преодоления. Обычно исследуются на устойчивость решения, появляющиеся при первой бифуркации, если их удается получить. Если принять «физическую» точку зрения Э. Хопфа – решения диссипативных систем «забывают» свои начальные условия. Другими словами, в реальности динамическое контактное пространство формируются под влиянием действующего множества ($\mathbf{R}^n\left[f_k\left(t_i, x^*\right)\right]$, $n = 1, 2, \ldots, i, \ldots, k$) факторов (рис. ниже). В детерминированной системе решение (глобальное и локальное) полностью определяется начальными и граничными условиями, а также внешним воздействием, например, формируемым системой управления. Причём, с течением времени, решение может «далеко» уйти от этих условий или, как принято говорить, их «забыть».

Предложен новый метод, основным принципом, реализуемого им подхода, создания математической модели стохастического контактного скользящего взаимодействия поверхностей элементов контактной пары токосъёма является адекватность естественному соответствию физики протекания природного явления и решаемым аспектам физической проблемы, то есть определения точности оценки величины регулятора α, как меры соответствия реальной траектории протекания физического процесса [4, 5].

При этом весьма актуальной является задача установления физического механизма перехода к «хаосу» через бифуркации процесса для конкретной модельной задачи скольжения, который наблюдался экспериментально. Важно отметить, что для нелинейных динамических систем возможен пространственно-временной хаос, когда в процессе колебаний случайными будут временные реализации процесса и пространственные распределения поля (например, температуры). Такой пространственно-временной хаос в теории нелинейных динамических систем принято называть – диссипативные структуры. Им присуще определённое притягивающее множество (квазиаттрактор). В исследовании структуры и свойств таких множеств на основе новых идей и понятий (инерциальные многообразия и формы, параметры порядка, фрактальные множества и т.п.), с привлечением основных положений – парадигм синергетики в последние годы получены некоторые результаты. Однако исследований нелинейных моделей динамического токосъёма и их приближений проведено немного, а изучения инвариантных многообразий, структуры притягивающих множеств и т.п. – еще меньше.

1. Гукенхеймер Д., Холмс Ф. Нелинейные колебания, динамические системы и бифуркации векторных полей. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. – 560 с.
2. Принципы самоорганизации. – М.: Мир, 1996. – 621 с.
3. Современные численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений / Под ред. Дж. Холла, Дж. Уатта. – М.: Мир, 1979. – 312 с.
4. Деева В.С. Траекторное рассеяние фракций скользящего контакта // Доклады ТУСУРа. – 2010. – №2(22). Ч.1. – С. 249–254.
5. Слободян М.С., Слободян С.М. Марковские модели живучести контактной пары // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2012. – №3(78). – С. 74–78.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛУБИНЫ ПРОНИКНОВЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ПУЧКА В ВОДЕ СГЕНЕРИРОВАННОГО ИМПУЛЬСНЫМ УСКОРИТЕЛЕМ «АСТРА – М»

А. В. Добижа, Кайканов М.И., Хуснулина А.Л.
Научный руководитель: Колоколов Д.Ю.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: bizh@sibmail.com

На сегодняшний день в различных областях промышленности широко используются радиационные технологии. Одним из видов источников излучения для радиационных технологий является частотный наносекундный ускоритель электронов «Астра – М» [1]. Спектр применения данных ускорителей очень широк. Их используют, начиная с очистки сточных вод, и кончая стерилизацией фармацевтических препаратов. При обработке водных растворов ионизирующим излучением, в нашем случае – импульсным электронным пучком, необходимо знать, как распределяется поглощённая доза и её значения. Исходя из этих данных, проектируется необходимый реактор и задаётся производительность обработки водного раствора, чтобы сообщить требуемую поглощённую дозу и обеспечить однородность обработки.

С целью оптимизации и повышения производительности обработки водных растворов были проведены исследования глубины проникновения (проекционных пробег) электронов сильноточного импульсного электронного пучка в объёме слоя воды. В качестве экспериментальной установки использовались ускорители электронов «ТЭУ – 500» и «Астра – М» (рис. 1).



Рисунок 1. Внешний вид ускорителей электронов «ТЭУ-500» (слева) и «Астра-М» (справа)

Характеристики импульсного электронного пучка данных ускорителей сведены и показаны в таблице 1.

При проведении радиационно-химического эксперимента необходимо знать поглощаемую дозу и её распределение в объёме исследуемого вещества.

В данной работе использовался пробежный реактор, изготовленный по работе [2]. Реактор и схема измерения дозы изображены на рисунке 2.

В алюминиевом корпусе реактора – 1 вырезано коническое углубление под углом 5.06˚, на поверхность которого укладывается дозиметрическая пленка – 2. Основание конуса закрывается алюминиевой фольгой – 4, толщиной 10 мкм и в образовавшуюся полость вливается вода – 3.

Таблица 1. Технические характеристики экспериментальных установок

Параметры	**Ускоритель**	
	«ТЭУ – 500»	***«Астра – М»***
Ускоряющее напряжение	до 500 кВ	до 500 кВ
Энергия пучка	40 Дж	до 14 Дж
Длительность импульса на полувысоте	60 нс	150 нс

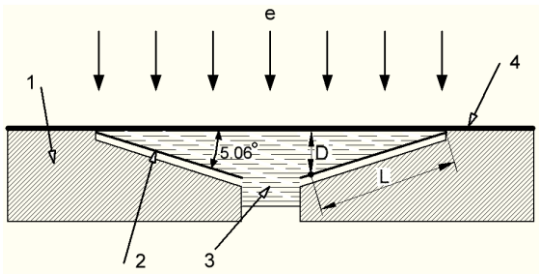


Рисунок 2. Схема измерения поглощенной дозы электронного пучка: 1) корпус камеры, 2) дозиметрическая пленка, 3) жидкость, 4) алюминиевая фольга

После облучения электронным пучком, реактор разбирался, а плёнка «ПОР» фотографировалась. Внешний вид одной из облученных плёнок «ПОР» в реакторе приведён на рисунке 3. В этом случае было произведено 20 импульсов на ускорителе «Астра – М» (120 Дж). Из рисунка видно, что при данной сообщенной дозе, дозиметрическая плёнка изменила свой цвет в секторе *a*. То есть, основная часть электронов пучка проходит через соответствующий слой воды и взаимодействует с дозиметрической плёнкой «ПОР» в секторе *a* (рис. 3). Нужно отметить, что потемнение имеет градиентный характер. Кромка плёнки окрашена сильнее по сравнению с размытой границей. По-видимому, остальная часть более энергетичных электронов проходит ещё большие слои воды, но переданной плёнке «ПОР» энергии не достаточно, чтобы она изменила свой цвет. Данная картина говорит о том, что ускоренные электроны в пучке не моноэнергетичны, а имеют определённое распределение по энергиям [2]. Отсутствие изменения цвета в зоне *b* обуславливается малой величиной сообщенной дозы более энергетичными электронами, в то время как уверенно измеряемое изменение цвета дозиметрической плёнки «ПОР» начинается с поглощенной дозы равной 5,3 кГр. Вследствие этого эти более энергетичные электроны остаются незарегистрированными.

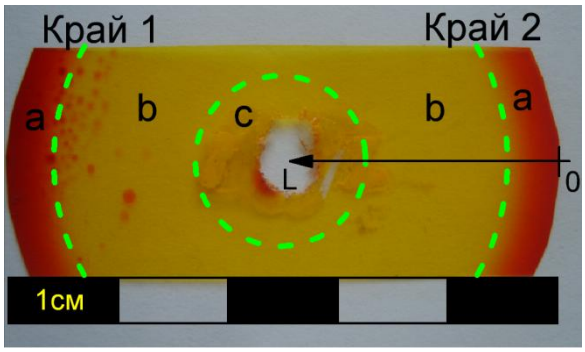


Рисунок 3. Внешний вид пленки «ПОР» после облучения электронным пучком (120 Дж)

Для определения реальной глубины проникновения ускоренных электронов в воде, преодолеваемой незарегистрированными высокоэнергетичными электронами в данном реакторе, необходимо повысить передаваемую энергию, поглощаемую дозиметрической плёнкой. В результате увеличится доза, сообщаемая дозиметрической плёнке «ПОР», что приведёт к расширению окрашиваемой зоны, причем до такого значения L, которому соответствует значение D для электронов с максимальной энергией. В следующем эксперименте было произведено 10, 50 и 100 импульсов с переданной энергией 60, 300 и 600 Дж соответственно.

К вышеперечисленным экспериментам были проведены дополнительные эксперименты на импульсном ускорителе «Астра – М» и импульсном ускорителе «ТЭУ – 500». Результаты проведенных экспериментов и расчётов определения максимальной энергии электронов в сильноточном электронном пучке приведены в таблице 2.

Режимы работы ускорителя «Астра – М» №1, №2 и №3 отличаются следующими параметрами: тип катода, межэлектродное расстояние, ускоряющее напряжение. В связи с организационными недочётами, данные о вышеперечисленных параметрах для каждого режима работы отсутствуют.

Из таблицы 2 видно, что электронный пучок не однороден по краям. Максимальный пробег электронов, полученный на ускорителе «Астра – М» составляет 0,53 мм (энергия электронов 220 кэВ). На ускорителе «ТЭУ – 500» составляет 0,71 мм (энергия электронов 270 кэВ). То есть, при обработке водных растворов на импульсном ускорителе «Астра – М» глубина слоя не должна превышать 0,5 мм, а в случае «ТЭУ – 500» не должна превышать 0,7 мм.

Возможно, при измерении методикой описанной в этой работе, существует системная ошибка. Чтобы исключить эту ошибку, планируется проведение исследования распределения поглощённой дозы другим методом, например методом фильтров, и сравнение полученных результатов.

Таблица 2. Результаты исследования

Ускоритель и режим работы	***Энергия в импульсе*, Дж***	***Край плёнки***	***Глубина, мм***	***Максимальная энергия электронов**, кэВ***
«Астра-М» №1	60	1	0,31	160
		2	0,45	200
«Астра-М» №1	300	1	0,45	200
		2	0,53	220
«Астра-М» №1	600	1	0,45	200
		2	0,53	220
«Астра-М» №2а	120	1	0,53	220
		2	0,09	75
«Астра-М» №2б	120	1	0,40	190
		2	0,40	190
«Астра-М» №3	120	1	0,49	210
		2	0,36	170
«ТЭУ-500»	120	1	0,71	270
		2	0,58	230

* – энергия, измеренная с помощью калориметра.

** – энергия электронов, рассчитанная по [3] с использованием полученных результатов на пробежном реакторе.

Список использованной литературы

1. И. С. Егоров, Г. Е. Ремнёв и др. Частотный импульсный электронный ускоритель для радиационной технологии. Тезисы докладов 8-ой Международной конференции «Ядерная и радиационная физика». – Алматы: Изд-во: ИЯФ НЯЦ РК, 2011. – С. 549-555.

2. Пушкарев А. И., Сазонов Р.В. Исследование распределения энергии сильноточного импульсного электронного пучка по глубине слоя воды // Известия Томского политехнического университета. - 2007. - Т. 311. - № 2 – 2007. - С. 51-54.

3. Беспалов В. И. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Учебное пособие // – Томск, 2007. – 367с.

ЭЛЕВАТОРНЫЕ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЧАСТИЦ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПЕРЕРАБОТКИ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Додонова И.В.
Научный руководитель: Василевский М.В., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: dodonovaira@mail.ru

При проектировании транспортных установок ставится задача наиболее рационального выбора машин, обеспечивающих наибольший технический эффект в работе производства. При этом определяются капитальные затраты, эксплутационные расходы, служащие основным критерием при выборе оптимального варианта со следующими показателями: расход энергии, расход материалов на ремонт, число штатных единиц персонала, обслуживающих установку [1]. Однако вопросам безопасности, воздействия на окружающую среду уделяется мало внимания.

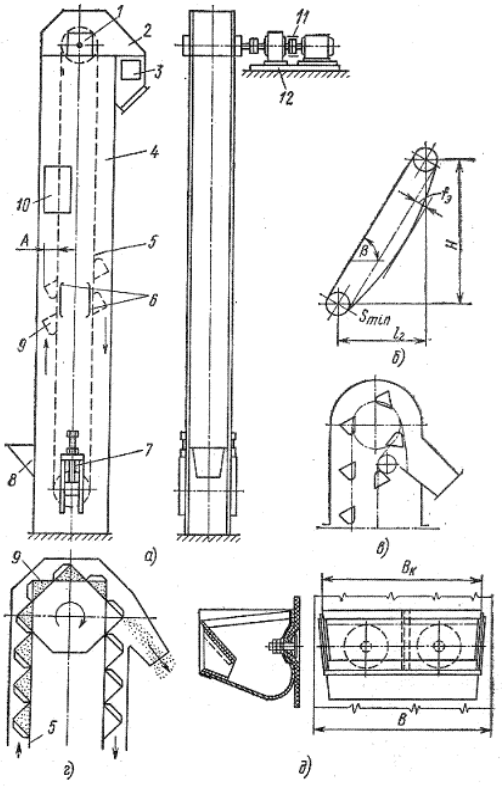


Рис. 1. Ковшовые элеваторы 1 - барабан, 2 -головная часть, 3 - люк для ревизии, 4 - кожух 5 - тяговый орган, 6 - ковш, 7-натяжное устройство, 8 - башмак 9 - лента 10 - люк, 11-тормоз, 12 - привод.

Механические элеваторы используют для непрерывного подъема грузов и делят на ковшовые, люлечные и полочные. Преимущества механических элеваторов заключаются в сохранности транспортируемого материала, простоте конструкции, надежности при эксплуатации, возможности создания герметичного и звукоизолирующего кожуха, обеспечивающего охрану окружающей среды от шума. Недостатками являются большие габаритные размеры по сравнению с конвейерами сплошного волочения, износ и выход из строя ковшей при перемещении абразивных грузов, необходимость их аспирирования из-за больших перетоков пыли в подающий транспортер при подъеме дисперсных материалов.

Другим средством транспортирования являются пневматические элеваторы (эрлифты). Материал подается в загрузочную камеру, аэрируется и с высокой концентрацией транспортируется в приемник. Концентрация материала в транспортирующем воздухе составляет 300-600 кг/кг.

В рабочем здании элеватора размещают машины и механизмы для подъема зерна (нории), взвешивания, очистки, а также механизмы для перемещения и распределения зерна. Нория поднимает зерно на самый верх рабочего здания и сбрасывает его в лари, под которыми установлены ковшовые или автоматические весы. После взвешивания зерно попадает в подвесовые лари или непосредственно на распределительный этаж, откуда самотеком по трубам направляется на очистку, сушку и хранение.

Движение ковшей создает завихрения воздуха в каналах нории, которое способствует повышенному диффузионному переносу пыли в объеме нории, поэтому по высоте нории формируется пылевой столб с концентрацией пыли, зависящей от содержания мелкой фракции в дисперсном материале, степени его электризации и распыления материала движущимися ковшами.

Движение материала в нориях осуществляется в виде блоков, сгустков и отдельных частиц.

На рис. 2 показаны фотографии пробы частиц уноса цементной пыли из циклона [2] с разным

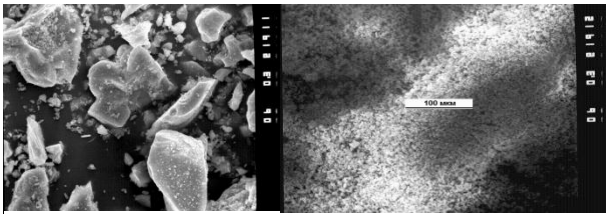


Рис. 2. Цемент улов – увеличение 2000 и 300

увеличением. Видно, что при малом увеличении проба выглядит как совокупность агрегатов, а с большим увеличением – как совокупность отдельных частиц, а также, что крупные частицы

на своих поверхностях содержат прилипшие мелкие частицы.

Таким образом, материал, выходящий из ковша, движется в виде струи или сгустками, мелкодисперсные материалы, транспортируемые норией, могут разгружаться в головной части нории, если отсутствует диспергация слоя материала, вышедшего из ковша, в процессе его полета к выгрузному патрубку. Однако диспергация присутствует и некоторая часть дисперсного материала в воздухе находится в виде индивидуальных мелких частиц.

Поскольку происходит непрерывное пополнение воздуха мелкими частицами, концентрация этих частиц в объеме нории возрастает. Возрастает гидростатическое давление на подножье нории, там, где находится загрузочный транспортер.

Движущийся материал, выброшенный из ковша, эжектирует окружающую запыленную среду в верхний разгрузочный транспортер. Поэтому, часть мелких частиц захватывается крупными частицам вместе с эжектируемым воздухом. Вопросам эжектирования воздуха в процессах пересыпки дисперсных материалов, движения его по желобам, при диспергации материала посвящена обширная литература [3].

Полагают, что количество эжектируемого воздуха определяется объемным расходом сыпучего, скоростью частиц, особенностями структуры потока. Известны эжекторные устройства для очистки газа, в которых напор создается распыленной жидкостью, эжектирующей очищаемый газ [4]. Анализ имеющихся исследований позволяет сделать вывод, что для крупных частиц (более 100 мкм) коэффициент эжекции, равный отношению объемного расхода воздуха к объемному расходу дисперсного материала $k_э = Q_в/Q_м$, находится в диапазоне 0,9–9.

Будем называть агломераты, которые попали в выгрузной патрубок также крупными частицами. Обозначим $G_н$ – подачу нории (кг/с), $G_к$–весовой расход крупных частиц, попавших в верхний транспортер (кг/с), плотность запыленного воздуха (плотность среды) $\rho_с = \rho_в[1+(c_\delta/\rho_в)]$, где c_δ – концентрация частиц кг/м^3; $\rho_в$ – плотность воздуха кг/м^3. Объемный расход определяется через весовой по формуле $Q_к = G_к/\rho_\delta$, где ρ_δ – плотность частиц, количество мелкой пыли с воздухом, эжектируемой крупными частицами $G_{сэ} = Q_{сэ}\rho_с = Q_{сэ}\rho_в[1+(c_\delta/\rho_в)] = Q_к k_с \rho_в[1+(c_\delta/\rho_в)]$.
Подача нории $G_н = G_{сэ}+G_к$. Используя приведенные соотношения, получим:

$$c_\delta = \left(\frac{G_н - G_к}{G_к k} \frac{\rho_\delta}{\rho_в} - 1 \right) \rho_в$$

При $\frac{G_н - G_к}{G_к} = 0{,}02$ и $\frac{\rho_\delta}{\rho_в} = 1000$, $\rho_в = 1{,}2$ кг/м^3, $k=5$, $c_\delta = 3{,}6$ кг/м^3.

Давление пылевого столба на башмак нории составляет величину $P_{ст} = gHc_\delta$. При высоте нории 40 м давление составляет 1,4 кПа, что сопоставимо с сопротивлением аспирационной установки. Таким образом, нижняя часть нории находится под высоким избыточным давлением. При повышенном давлении пыль из башмака нории поступает в загрузочный транспортер, распространяется по всей его длине и достигает начального пункта подачи материала. При отсутствии герметизации и аспирации пыль поступает в окружающую среду.

В качестве обеспыливающего оборудования применяют циклоны БШЦ в качестве первой и циклоны УЦ в качестве второй ступени [5].

Опыт эксплуатации батарейных циклонных обеспыливателей типа БШЦ с общим пылеприемным бункером показывает, что общая эффективность может оказаться намного ниже, чем эффективность обеспыливания в одиночном циклоне из-за гидравлической неуравновешенности элементов, при которой возникают перетоки газа между ними. В случае перетоков воздуха вынужденный вихрь формируется внутри элемента, частицы не могут пройти в пылевыводное отверстие, происходит их накапливание и вынос в зону очищенного газа [4, 6].

Список используемой литературы:

1. Р.Л. Зенков, И.И.Ивашков, Л.Н.Колобов Машины непрерывного транспорта. – М.: Машиностроение, 1980. – 304 с.

2. М.В. Василевский, В.И. Романдин, А.С. Разва, Е.Г. Зыков, В.А. Полюшко. Влияние аутогезионных свойств тонкодисперсных материалов на характеристики фильтрующего слоя в пылеуловителе //Материалы семнадцатой Всеросс. науч.-техн. конференции "Энергетика: эффективность, надежность, безопасность." – Томск: Изд-во ТПУ, – 2011. С. 260–262.

3. Аэродинамические основы аспирации: Монография / И.Н.Логачев, К.И.Логачев. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2005. – 659с.

4. Справочник по пыле- и золоулавливанию // Под ред. М.И. Биргер, А.Ю. Вальдберг, Б.И. Мягков и др. Под общей ред. А.А. Русанова – 2 изд. М.: Энергоатомиздат, 1983. – 312 с.

5. Указания по проектированию аспирационных установок предприятий по хранению и переработке зерна и предприятий хлебопекарной промышленности. Дата введения 1998-05-01

6. Василевский М.В. Обеспыливание газов инерционными аппаратами. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008.–248 с.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ АТМОСФЕРЫ Г. ТОМСКА С ПОМОЩЬЮ ЭПИФИТНЫХ МХОВ И АТОМНО-ЭМИССИОННОГО АНАЛИЗА.

Долецкая Ю.В.
Научный руководитель: Рыжакова Н.К., к.ф.-м.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ylezka@mail.ru

Атмосферный воздух является одним из основных компонентов окружающей среды, он необходим всему живому на Земле. Без пищи человек может прожить 5 недель, без воды - 5 дней, без воздуха - 5 минут. В общей задаче охраны окружающей среды проблема обеспечения чистоты атмосферы является особо важной. Особый интерес представляет содержание в атмосфере тяжелых металлов и других токсичных элементов, наличие которых даже в малых количествах, при длительном воздействии, могут нанести ощутимый вред здоровью.

Воздушная среда является наиболее подвижной из всех природных сред, именно поэтому загрязняющиеся вещества в ней быстро распространяются на большие территории. Особенностью загрязнения атмосферы в условиях города является неравномерное распределение примеси на городской территории [1].

Анализ степени загрязнения воздуха химическими элементами начинается с отбора и подготовки проб. В большинстве случаев отбор проб и пробоподготовка к химическому анализу определят надежность и качество получаемых результатов. Универсального способа пробоотбора, позволяющего устанавливать все загрязняющие вещества в воздухе, не существует [2] . Одни методы пригодны только для определения конкретных веществ, другие, например мониторинг снежного покрова, являются трудоемкими, сложными в исполнении.

В качестве индикатора загрязнения атмосферного воздуха все чаще используют мхи и лишайники, которые обладают хорошими аккумуляционными свойствами и произрастают на обширных территориях [3]

Цель исследования – изучение пространственного распределения химических элементов в атмосфере г.Томска с помощью эпифитного мха Pylaisia polyantha, произрастающего на коре деревьев, и атомно-эмиссионной спектрометрии.

Пробы для исследования отбирали в 2011 году с коры деревьев – берез, осин и тополей на высоте 1,5-2 метра; всего отобрано 46 проб.

После отбора образцы предварительно очищали от земли и различных инородных примесей, затем производили промывку дистиллированной водой и высушивали до постоянного веса в духом шкафу при температуре 80-100°С.

При проведении атомно-эмиссионного анализа навеску пробы массой 0,1 грамм помещают в автоклав, добавляют 1 миллилитр H_2SO_4 и выдерживают в течение 30 минут, затем добавляют 4 мл HNO3 и проводят микроволновое вскрытие в режиме: нагрев до 200°С в течение 10 мин, выдерживание при данной температуре в течение 40 мин, охлаждение до комнатной температуры.. Полученный раствор переносят в мерный контейнер на 50 миллилитров, добавляют 1 миллилитр стандарта, доводят до метки деионизованной водой и проводят определение содержания интересующих элементов измерением интенсивности аналитических линий элементов пробы.

Измерения концентраций химических элементов в пробах мха проведены в НАЦ ТПУ на атомно-эмиссионном спектрометре iCAP6300 DUO с индуктивно – связной плазмой. В каждой пробе было определено содержание 20 химических элементов: Ag, Ca, Cd, Co, K, Al, Ti,Ba, Ni, Sr, Fe, Si, Mg, Mn, Pb, Cu, Cr, Na, Sb, Zn; погрешность измерений составляла 20-40 %.

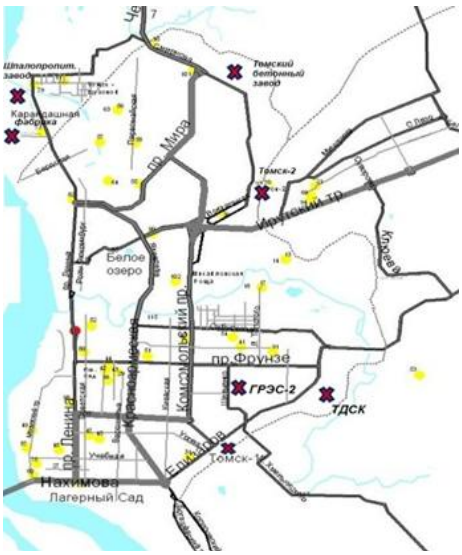


Рис.1. Карта пробоотбора мха в г. Томске, 2011 г.

На основе данных по содержанию химических элементов во мхах и при помощи программного обеспечения ArcView GIS построены пространственные распределения концентраций химических элементов в атмосфере города Томска.

Усредненное по территории содержание большинства химических элементов во мхах, отобранных в северной части города, расположенной севернее пр. Фрунзе, сопоставимо со значениями для южной части. Исключением являются Ni, W, Sn, для которых в северной части усредненные концентрации выше примерно в 2 раза.

.В северной части города распределение химических элементов в атмосфере более неравномерное, чем в южной части. Особенно большие вариации концентраций наблюдаются для As, Cd, Cr, Na, Ni, Si, Sr, Zn (рис.2). Это можно объяснить тем, что в южной части города заводы, которые являются источниками загрязнения, расположены сравнительно равномерно и близко друг от друга, а в северной – рассредоточены на большой территории.

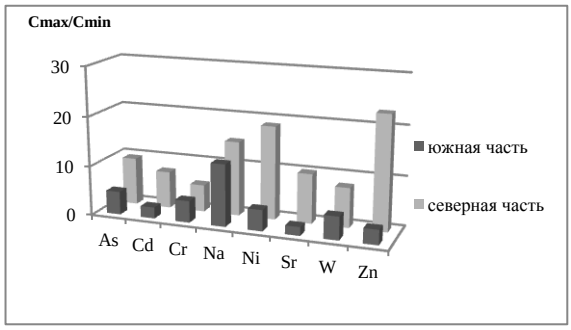


Рис.2. Отношение максимальной концентрации (C_{max}) химических элементов к минимальной (C_{min}) для южной и северной частей города.

Практически по всем элементам наиболее загрязненным районом в южной части, является территория, прилегающая к «ТДСК» и ГРЭС-2. Кроме того, сильно загрязненными являются территории вблизи вокзала Томск-1 и пл. Южная, где большой поток машин и постоянные автомобильные пробки (рис.3).

Наиболее загрязненным районом северной части города Томска можно назвать конец проспекта Ленина. Кроме того, в северной части города большие концентрации многих химических элементов обнаружены в районе улицы Смирнова, где находится бетонный завод и частые пробки на ж/д переезде. В районе начала Иркутского тракта наблюдаются большие концентрации многих химических элементов, например, Ca, Cu, Fe, Cd, Zn (рис.4). Это можно связать со строящейся там, на период отбора проб, дорожной развязкой, а так же, с большим потоком машин и с расположенным близко вокзалом Томск-2.

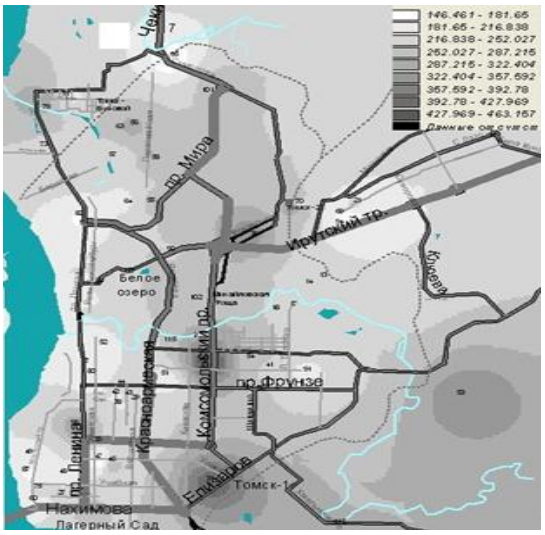


Рис. 3. Пространственное распределение концентрации Zn во мхах.



Рис. 4. Пространственное распределение концентрации Ca во мхах.

Таким образом, наиболее загрязненными являются территории расположенные неподалеку от ж/д станций, больших автомагистралей и крупных заводов. Самыми чистыми являются расположенные рядом с рекой районы Лагерного сада и Московского тракта.

Список литературы

1. А.Н. Голицын. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды: Учебник – М: Оникс, 2007
2. Ермакова Е. В., Фронтасьева М. В., Стейннес Э. Изучение атмосферных выпадений тяжелых металлов и других элементов на территории Тульской области с помощью методов мхов–биомониторов. Дубна, 2002.
3. Рыжакова Н.К., Борисенко А.Л., Меркулов В.Г., Рогова Н.С. Контроль состояния атмосферы с помощью мхов – биоиндикаторов // Оптика атмосферы и океана, 2009 – Т. 22, - №1. – С. 101-104.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ ДИСТАНЦИОНИРУЮЩИХ РЕШЕТОК НА ГИДРОДИНАМИКУ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ТВС РЕАКТОРА КЛТ-40С

Добров А.А., Доронков Д.В., Легчанов М.А.
Научный руководитель: Дмитриев С.М., д.т.н., профессор
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
603950, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24
E-mail: nevid000@mail.ru

В настоящее время ведется строительство первой плавучей атомной электростанции. Данный проект относится к числу инновационных проектов российской энергетики, который не имеет аналогов в мире. Энергоисточником такого плавучего энергоблока является реакторная установка КЛТ-40С, разработанная ОАО «ОКБМ Африкантов». Одной из особенностей реактора КЛТ-40С является кассетная активная зона, состоящая из чехловых тепловыделяющих сборок (ТВС), с пластинчатыми дистанционирующими решетками.

Для обоснования теплотехнической надежности активной зоны реактора КЛТ-40С необходимо определить влияние конструкции дистанционирующих решеток на гидродинамику потока теплоносителя.

Решение данной задачи осуществляется путем моделирования процессов течения потока теплоносителя на аэродинамическом стенде в НГТУ им. Р. Е. Алексеева.

Экспериментальный стенд и измерительный комплекс

Стенд для исследований локальных гидродинамических характеристик потока теплоносителя представляет собой разомкнутый контур, через который прокачивается воздух [1].

В состав стенда входят: экспериментальная модель, вентилятор высокого давления, расходомерное устройство с участками стабилизации потока, измерительный комплекс.

Экспериментальная модель, представляет собой ТВС реактора КЛТ-40С, выполнена с коэффициентом геометрического подобия $К_г$=5,9, и состоит из шестигранного чехла, цилиндрических твэлов-имитаторов, имитаторов стержней выгорающего поглотителя (СВП), трех поясов дистанционирующих решеток (ДР).

Исследуемый пояс дистанционирующей решетки представляют собой трехуровневый набор пластин, заключенных в общий бандаж.

Для измерения направления и величины скорости, а также давления в пространственном потоке использовался пятиканальный пневмометрический зонд, позволяющий производить замеры, в среднем около 50 точек, в каждой из ячеек в поперечном сечении исследуемого участка экспериментальной модели.

Методика проведения исследований

Методика эксперимента включает в себя следующие этапы:

1. В поперечном сечение модели были выделены характерные области. Далее производилось разбиение данных областей на зоны измерения.
2. С помощью пятиканального пневмометрического зонда за поясом ДР измерялись локальные поля скорости потока в 19 сечениях по длине экспериментальной модели.
3. По полученным данным строились графики распределения проекций составляющих абсолютной скорости и картограммы изотах относительных скоростей.

Все исследования проводились на участке стабилизированного автомодельного течения теплоносителя, поэтому полученные результаты можно перенести на натурные условия течения теплоносителя в активных зонах.

Для обоснования представительности экспериментальных исследований было подтверждено, что в области автомодельного течения теплоносителя коэффициенты гидравлического сопротивления ДР экспериментальной модели соответствуют коэффициентам гидравлического сопротивления натурных решеток и составляют $\xi_{ПР}$ = 0,29.

Результаты исследований локальной гидродинамики потока теплоносителя в модели ТВС реактора КЛТ-40С

По результатам проведенных исследований можно заключить следующее:

1. Из графиков представленных на рисунке 1 видно, что во всех ячейках ТВС реактора КЛТ–40С поток теплоносителя носит осевой характер. Значения относительных поперечных скоростей ($W_x / \overline{W}$), ($W_y / \overline{W}$) не превышают 5%.

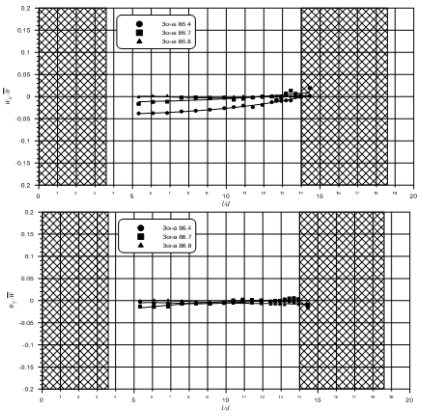
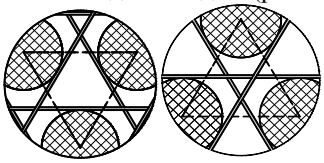


Рис.1. Распределение относительных скоростей $(W_X / \overline{W})$, $(W_Y / \overline{W})$за ДР ЭМ

2. Ввиду особенности конструкции пластинчатой дистанционирующей решетки проходное сечение стандартных ячеек имеет два вида затеснения: в виде «треугольника» и в виде «звезды» (рис. 2).



а) б)

а - затеснение поперечного сечения стандартной ячейки пластинами ДР в виде «треугольника»;
б - затеснение поперечного сечения стандартной ячейки пластинами ДР в виде «звезды»

Рис.2. Виды затеснения проходного сечения стандартных ячеек экспериментальной модели

Анализ графиков, изображенных на рисунке 3, выявил, что в стандартных ячейках ТВС с затеснением проходного сечения пластинами ДР в виде «треугольника» значения аксиальной составляющей вектора скорости ($W_z / \overline{W}$) на (10-15) % больше, чем в ячейках с затеснением проходного сечения пластина ДР в виде «звезды». Это объясняется тем, что пластины ДР реактора КЛТ–40С, затесняющие проходное сечение стандартных ячеек в виде «звезды» создают дополнительное гидравлическое сопротивление потоку, по сравнению с расположением пластин в стандартных ячейках в виде «треугольника».

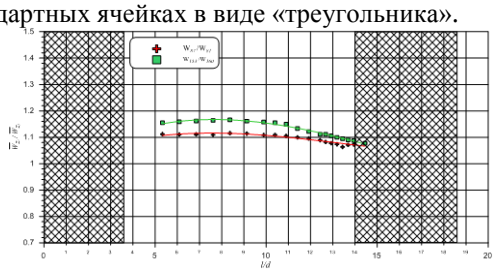


Рис.3. Отношение аксиальной составляющей вектора скорости в стандартных ячейках двух вариантов затеснения поперечного сечения

3. Из анализа графика отношения расходов через стандартные ячейки двух вариантов затеснения (рис. 4) можно заключить, что расход теплоносителя через ячейки с типом затеснения «треугольник» расход теплоносителя на 10% больше, чем через ячейки с типом затеснения «звезда».

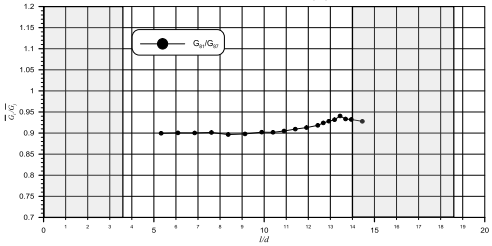


Рис.4. Отношение распределения расхода теплоносителя через стандартные ячейки двух вариантов затеснения поперечного сечения пластинами ДР

Выводы

По результатам исследований были выявлены следующие закономерности движения потока теплоносителя:

1. Во всех ячейках ТВС реактора КЛТ–40С поток теплоносителя носит осевой характер.

2. В ячейках с типом затеснения «треугольник» значения аксиальной составляющей вектора скорости на (10-15) % больше, чем в ячейках с типом затеснения «звезда».

3. Расход теплоносителя через ячейки с типом затеснения «треугольник» расход теплоносителя на 10% больше, чем через ячейки с типом затеснения «звезда».

4. Дистанционирующая решетка ТВС реактора КЛТ–40С вносит малые возмущение в поток теплоносителя, что обусловлено малыми поперечными скоростями, т.к. в ТВС реактора КЛТ–40С раздвинутый пучок твэлов (s/d=1,46).

Обобщена экспериментальная информация и создан банк данных для верификации CFD-кодов и программ детального поячеечного расчета активных зон с ТВС для реактора КЛТ–40С с целью уменьшения консерватизма в расчетах теплотехнической надежности активных зон.

Список литературы

1. Бородин С.С., Дмитриев С.М., Легчанов М.А., Солнцев Д.Н., Хробостов А.Е. и др. Исследования массообменных характеристик и эффективности перемешивающих решеток ТВСА-АЛЬФА реакторов ВВЭР // Труды пятой Российской национальной конференции по теплообмену в восьми томах, г. Москва, 2010г., том 1, стр. 177-180.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОИОНИТНОГО ПРОЦЕССА ДЕИОНИЗАЦИИ ВОДЫ

Балашков В.С., Вергун А.П., Дрогалев А.С..
Научный руководитель: Вергун А.П.., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: kpt@sibmail.com

Современное состояние отраслей науки и техники, таких как наукоемкие отрасли промышленности: микроэлектроника, вычислительная техника, роботостроение, атомное и аэрокосмическое производства, микробиологическая промышленность, индустрия информатики, оптоэлектроники, волоконной оптики, технологии люминофоров, исследования в области термоядерного синтеза, ядерной техники, высокотемпературной сверхпроводимости основывается на использовании высокочистых материалов и веществх[1].

Целью данной работы является оптимизация и моделирования процесса деионизации воды с использованием электроионитного аппарата, а так же постановка полного факторного эксперимента и построение модели в виде уравнения регрессии, определение оптимальных значений факторов.

Вблизи экстремума, т.е. в почти стационарной области, поверхность отклика имеет значительную кривизну и не может быть адекватно описана при помощи линейного приближения даже в весьма узкой области [2]. В этих случаях необходимо описать исследуемую поверхность отклика полным уравнением второй степени (т.е. полиномами второго порядка). Для описания этой части поверхности отклика полиномами второго порядка надо факторы (переменные) варьировать уже на трех уровнях[3]. Возникает сложная задача построения композиционных планов[4].

“Ядро” центрального композиционного плана составляет факторный план типа 2^k. К “ядру” достраиваются нулевые и так называемые звездные точки[5]. Звездные точки строятся на осях факторного пространства[6]. Выбор расстояния от нулевой точки до звездной, определяемый плечом α, зависит от критерия оптимальности плана. Общее число точек при k факторах будет

$$N = 2^k+2k+n_0,$$

Где n_0 — число опытов в центре плана. Такое планирование требует значительно меньшего числа опытов, чем полный факторный эксперимент типа 3^k[7].

В эксперименте, спланированном по принципу центрального композиционного планирования второго порядка учитывали зависимость удельного сопротивления обессоленной воды от двух независимых факторов: плотности тока и скорости потока, соответственно $x1$ и $x2$ [8]. Каждый из них имеет три фиксированных численных значения уровня - с минимальным, нулевым и максимальным значением фактора. Для плотности тока x1 они составили соответственно 10 мА, 20 мА и 30 мА; для скорости потока - 0,2 мл/с, 0,4 мл/с и 0,9 мл/с. В качестве функции отклика Y выступала электропроводимость получаемой воды. Методика экспериментов состояла в следующем. Воду пропускали с заданным протоком через рабочую камеру электроионитового аппарата. На выходе стоял кондуктометр, по которому следили за удельным сопротивлением продукта. Рабочие камеры ЭИА были заполнены порциями катионита КУ-2-8 и анионита АВ-17-8.

Эксперимент реализовывался по матрицам планирования вида, изображенного в виде таблицы 1:

Таблица 1 – Центральное композиционное ортогональное планирование второго порядка для k=2

I	X0	X1	X2	X1X	X1*	X2*	Y	dis
1	1	-1	-1	+1	+0.33	+0.33	2,7	0,012928532
2	1	1	-1	-1	+0.33	+0.33	2,8	0,011102915
3	1	-1	+1	-1	+0.33	+0.33	5,44	0,013139952
4	1	1	+1	+1	+0.33	+0.33	4,7	0,002805075
5	1	+1	0	0	+0.33	-0.67	4,5	0,001317421
6	1	-1	0	0	+0.33	-0.67	3,5	0,002212483
7	1	0	+1	0	-0.67	+0.33	5,14	0,008033471
8	1	0	-1	0	-0.67	+0.33	2,6	**0,014893038**
9	1	0	0	0	-0.67	-0.67	5,2	0,008954767
								Σdis=0.075388

По известным формулам рассчитаем коэффициенты уравнения регрессии:

$$b_0' = \frac{\sum_{n=1}^{N} Y_u}{N} = \bar{Y} = \frac{\sum Y_u}{9} = \frac{36.58}{9} = 4.064;$$

$$b_{i\,i} = \frac{\sum_{u=1}^{N} X'_{uj} Y_u}{\sum_{u=1}^{N} \left(X'_{uj}\right)^2} = \frac{\sum X'_{uj} Y_u}{2};$$

$$b_j = \frac{\sum_{u=1}^{N} X_{u\,j} Y_u}{\sum_{u=1}^{N} \left(X_{u\,j}\right)^2} = \frac{\sum X_{u\,j} Y_u}{6};$$

$$\mathrm{b}_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^{N} X_{u\,j} X_{u\,i} Y_u}{\sum_{u=1}^{N} \left(X_{u\,j} X_{u\,i}\right)} = \frac{\sum X_{u\,j} X_{u\,i} Y_u}{4};$$

b_1 = -4.2402 / 6 = -0.7067; b_2 = 7.1802 / 6 = 1.1967;
b_{12} = -0.84 / 4 = -0.21; b_1* = -8.6798 / 2 = -4.3349;
b_2* = -8.844 / 2 = -4.422.

Число степеней свободы системы f=m-q=9-6=3; тогда значение критерия Кохрена для уровня значимости 0.05 будет равно $G_{кр0.05(3,9)}$=0.4027.

Найдем значение:

$$b_0 = \bar{Y} - \frac{\sum_{u=1}^{N} X_{ui}^2}{N} \sum_{j=1}^{k} b_{jj};$$

$$b_0 = \bar{Y} - \frac{12}{9}\left(b_1^* + b_2^*\right) =$$

$$= 4.064 - \frac{12}{9}\left(-4.3349 - 4.422\right) = 15.740311.$$

Тогда уравнение регрессии запишется в виде:

$Y = 15.7 - 0.7X_1 + 1.2X_2 - 0.2X_1X_2 - 4.3X_1^2 - 4.4X_2^2$

Вычислим значения критерия Кохрена по формуле:

$$G = \frac{\max \mathrm{dis}}{\sum \mathrm{dis}} = \frac{0.014893}{0.075388} = 0.1975.$$

$G < G_{кр.}$, значит уравнение описывает процесс адекватно. На основании уравнения регрессии была построена поверхность отклика, представленная на рисунке 1.

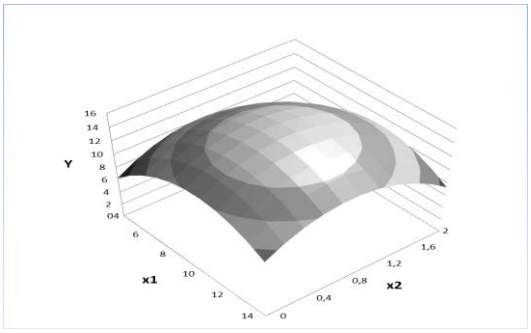


Рисунок 1 – Поверхность отклика

Заключение: показано, что эффективность обессоливания воды существенно зависит от ее солесодержания, плотности тока и скорости потока в камерах обессоливания. В данной работе методом планируемого факторного эксперимента проведен поиск режима работы электроионитовой установки, обеспечивающего получение воды с максимальным удельным сопротивлением при минимальных энергозатратах.

Как следует из уравнений, удельное сопротивление воды наиболее существенно зависит от плотности тока. В меньшей мере на него влияют скорость потока. Увеличение плотности тока снижает удельное сопротивление воды за счет изменения pH раствора. Повышению удельного сопротивления воды способствуют увеличение скорости потока (X_2), поскольку при этом улучшается массообмен между ионитом и раствором.

Удельное сопротивление и pH обессоленной водопроводной воды существенно зависит как от используемой плотности тока, так и от скорости потока воды.

Поиск оптимальных условий обессоливания вели методом «крутого восхождения» в направлениях, указанных знаками при наиболее значимых коэффициентах. Общий вывод для двух типов вод состоит в том, что целесообразно увеличить скорость потока воды, снижать плотность тока до некоторого оптимального значения.

При обессоливании водопроводной воды увеличение скорости потока в камере обессоливания при неизменной плотности тока, соответствующей основному уровню плана эксперимента привело к увеличению удельного сопротивления воды. Максимально достигнутая скорость при этом составляла 0.9 мл/с. Последующее снижение плотности потока до 10 мА позволило найти экстремальное значение удельного сопротивления (5.44 Мом).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Образцов С.В., Орлов А.А., Ивлеева А.М. Современные методы очистки воды. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 78 с.

2. Проскуряков В.А., Шмидт Л.И.Очистка сточных вод в химической промышленности. – Л.: Химия, 1977. - 463 с.

3. Жуков А. И., Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки производственных сточных вод. – М.: Стройиздат, 1977. – 208 с.

4. Берне Ф., Кордонье Ж. Водоочистка. – М.: Химия, 1997. – 125 с.

5. Ушаков Л. Д. Очистка сточных вод в химической промышленности. – Л.: Химия, 1977. – 163 с.

6. Луценко Г. Н., Цветкова А.И., Свердлов И.Ш. Физико-химическая очистка городских сточных вод. – М.: Стройиздат, 1984. – 152с.

7. Кульский Л.А., Когановский А.М., Гороновский И.Т. Физикохимические основы очистки воды коагуляцией. – Киев: Изд. Ан УССР, 1950. – 108 с.

8. Инженерная защита окружающей среды. Очистка вод. Утилизация отходов / Под ред. Ю. А. Бирмана, Н. Г. Вурдовой. – М.: Изд-во АСВ, 2002 296 с

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОГО ХРАНЕНИЯ И РАБОТЫ С ИСТОЧНИКАМИ НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ТПУ

Едреев С.А.
Научный руководитель: Силаев М.Е. к.т.н., доцент
Национальный Исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Edreev.Stas@yandex.ru

Обучение вопросам ядерной и физической ядерной безопасности невозможно без приобретения практических навыков в области проведения измерений и определения характеристик ядерных и других радиоактивных материалов. Одним из основных при работе с источниками ионизирующего излучения является принцип подержание на возможно низком и достижимом уровне, с учетом экономических и социальных факторов, индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника излучения (принцип оптимизации). Другим, не менее важным принципом, является обеспечение физической защиты источников излучения.

Цель работы - обеспечить безопасные хранение и работу с источниками нейтронного излучения отражает оба указанных принципа. Под обеспечение безопасного хранения и использования нейтронных источников понимается соблюдение требований радиационной и физической ядерной безопасности.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены ряд задач, основными из которых являются:

– изучение действующего порядка обращения с ампульными нейтронными источниками (АНИ) в лаб. 248 каф. ФЭУ ФТИ и определение его недостатков;

– разработка предложений по изменению порядка хранения и обращения с АНИ;

– внесение изменений в конструкцию радиационной защиты от излучения АНИ;

– проведение контрольных измерений и анализ результатов внесения изменений в порядок обращения с АНИ в лаб. 248.

Необходимость внесения изменений в порядок хранения и обращения с АНИ в лаб. 248 была обусловлена тем, что произошли изменения в характере использования помещения. Раннее помещение использовалось исключительно в целях проведения лабораторных работ. Однако в последние годы была произведена его реконструкция, в результате которой оно было разделено на три части. Одна часть стала предназначаться для проведения практических занятий. Во второй разместился компьютерный класс и преподавательская. Третья часть осталась лабораторным помещением, в котором ведутся работы с источниками излучения разного типа включая нейтронные.

Исследование, проведенной службой радиационной безопасности показало, что в измененных условиях эксплуатации помещений хранение и использование АНИ приводит к неоправданному облучению студентов и преподавателей, расположенных в помещениях, не связанных с непосредственным проведением лабораторных работ. Поэтому было выдано предписание на устранение выявленных недостатков.

Прежде чем внести изменения в радиационную защиту и порядок обращения с нейтронными источниками, в лаборатории было необходимо провести исследование действующего порядка их использования.

Для проведения лабораторных работ используются два источника – один из которых калифорниевый, мощностью 10^5 нейтроны/с, второй – плутоний-бериллиевый, мощностью 10^7 нейтроны/с. Очевидно, что наибольшую радиационную опасность представляет плутоний-бериллиевый источник, обладающий не только большей мощностью, но и большей средней энергией генерируемого нейтронного излучения.

Лаборатория находится на втором этаже. Оба источника хранились в хранилище оборудованном защитными баками, залитыми парафином в форме куба со стороной 0,8 м. На время проведения измерений источники переносятся в полиэтиленовые защитные призмы, изготовленные из чистого и борированного полиэтилена, с боковой толщиной защиты 50 см каждая.

Так как предполагаемые изменения должны были касаться не только порядка использования источников, но и конструкции защиты, то было решено выполнить измерения полей доз нейтронного излучения, потоков быстрых и тепловых нейтронов, а также мощности экспозиционной дозы.

Для измерений были выбраны 51 точка, располагающиеся по всем трем помещениям и соответствующие местам постоянного или временного размещения преподавателей и студентов. Высота размещения детектора от пола составляла 1 м, что соответствует принятым стандартам при выполнении радиоэкологических обследованиях, а также приблизительно соответствует высоте размещения сидения стульев, установленных в помещениях.

Для измерений нейтронного излучения использовался радиометр-дозиметр МКС-01Р. Для

измерения мощности дозы экспозиционного излучения – дозиметр гамма и рентгеновского излучений ДБГ-1. Оба прибора имеют соответствующую метрологическую поверку. Следует отметить, что весь преподавательский состав, находящийся и проводящий работы в лаборатории относится к категории персонала А, а студенты - к категории Б. Тем не менее, в связи с повышенным радиационным фоном, службой радиационной безопасности было предписано хранить и использовать источник только во время выполнения лабораторных работ в помещении. Штатное место хранения источника было перенесено в другое хранилище, расположенное в подвальном этаже здания. При этом возникла необходимость в периодическом проведении операции перемещения АНИ из одного хранилища в другое через помещения учебного корпуса, не связанные с работой с радиоактивными источниками. Дозовые нагрузки, при использовании в лабораторных работах защитных полиэтиленовых призм, являются приемлемыми.

Для того чтобы внести обоснованные изменения в нейтронную защиту были проведены испытания защитных свойств имеющихся материалов (транспортного контейнера КТП-1, блоков из чистого и борированного полиэтилена). Основываясь на результатах проведенных исследований, а также с учетом изменившегося характера использования помещениях и принимая во внимание требование базового принципа оптимизации радиационной защиты было предложено создать условия для постоянного хранения источников в лаборатории. Требуемый уровень защиты источников при хранении создать за счет размещения АНИ в транспортных контейнерах, окруженных дополнительной радиационной защитой из неборированного полиэтилена (эффективность которого при больших толщинах защиты оказалась более высокой).

Результаты контрольных измерений полей доз нейтронного и гамма/рентгеновского излучений свидетельствуют о том, что благодаря внесенным изменениям в конструкцию, радиационная защита источников нейтронов в хранилище стала обеспечивать условия их хранения приемлемые даже для населения (близкие к естественному фону).

Кроме того, было предложено внести изменение в расположении и конструкции защитных призм, используемые в лабораторных работах. Их было предложено расположить так, чтобы каналы, используемые для размещения АНИ, стали направлены друг на друга, а не в вверх, как это было до этого. При таком расположении источников отсутствует «подсветка» источниками помещений третьего этажа, расположенными над лабораторией.

В результате выполнения работы были достигнуты следующие основные результаты:

1. Созданы условия для безопасного хранения плутоний-берилевых АНИ мощностью до 10^7 нейтрон/с.
2. Обеспечены более безопасные условия для проведения занятий и размещения преподавательского персонала в лаб. 248 каф. ФЭУ ФТИ, отвечающие принципу оптимизации, используемому при обеспечении радиационной безопасности.
3. Значительно снижена неоправданная дозовая нагрузка на преподавательских состав и студентов при использовании нейтронных источников в учебном процессе на каф. ФЭУ ФТИ.

Картограмма с измерениями АНИ

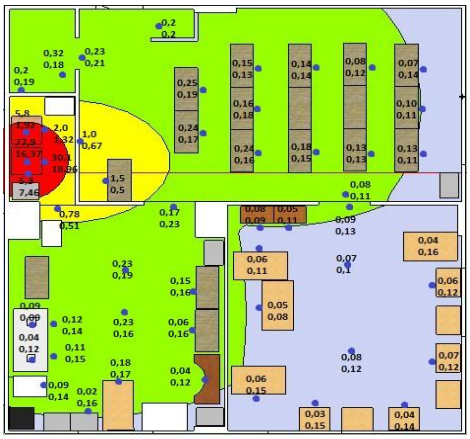


Рис.1 До внесения изменений в защиту

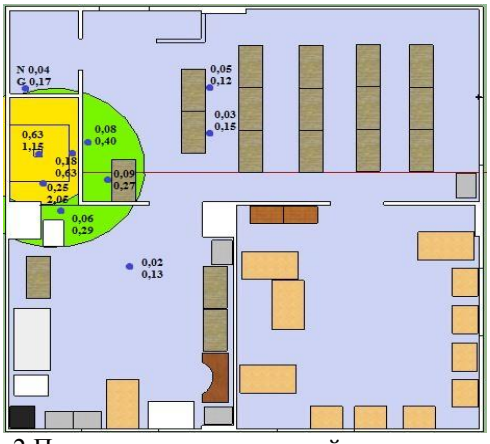


Рис.2 После внесения изменений в защиту

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СанПиН 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)". Минюст РФ. 14 августа 2009 г. N 14534

НЕЙТРОННЫЕ ПОЛЯ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ КАНАЛЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КОНФИГУРАЦИЯХ ЗАМЕДЛИТЕЛЯ

Емец Е.Г., Варлачев В.А., Солодовников Е.С.
Научный руководитель: Солодовников Е.С.., к.т.н, ведущий научный сотрудник
Томский политехнический университет,634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина 30
E-mail: emecevgeniy@tpu.ru

В экспериментах на исследовательских ядерных реакторах выбор замедлителя часто является решающим фактором для формирования нейтронного поля с необходимыми параметрами. В частности, нами рассмотрена задача нейтронно-трансмутационного легирования (НТЛ) кремния в водо-водяных исследовательских реакторах, например, в типовом исследовательском реакторе (ИРТ). С помощью пакета программ MCU5TPU рассчитывалось нейтронное поле в различных замедлителях, сквозь которые проходит экспериментальный канал для НТЛ кремния.

Расчеты проводились с целью сравнения возможностей различных замедлителей при формировании нейтронного поля для НТЛ кремния. На рис.1 приведена “геометрия” расчетов.

Активная зона [1] состоит из 20 ТВС и бериллиевой «ловушки» тепловых нейтронов.

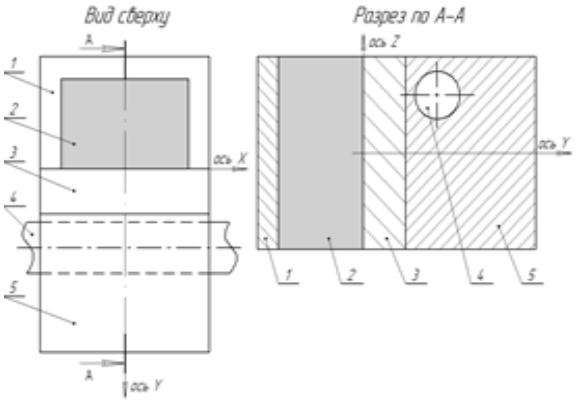


Рис.1. Схема активной зоны с отражателем и замедлителем: 1– отражатель из Be; 2– активная зона; 3 – отражатель; 4 –ГЭК-4; 5 –замедлитель.

С четырех сторон активная зона 2 окружена отражателями 1 и 3. Отражатель 1 выполнен из бериллия, отражатель 3 – либо из бериллия, либо из материала замедлителя. К отражателю 3

примыкает замедлитель 5. Высота (вдоль оси z) активной зоны, отражателей и замедлителя одна и та же –60 см. В горизонтальном сечении толщина отражателя 1 равна 7 см, активная зона 2 имела размеры: 42 см (вдоль оси x) и 28 см (вдоль оси y). Толщина отражателя 3 (вдоль оси y) – либо 7 см, либо 14 см. Суммарная толщина отражателя 3 и замедлителя 5 (вдоль оси y) – 63 см, а ширина – 56 см (вдоль оси x). Все это окружено водой бассейна реактора. В некоторых вариантах расчета через замедлитель 5 проходил экспериментальный канал из стали 4 с толщиной стенки 2 мм. Внутренний диаметр канала был равен 15 см. Ось канала была на расстоянии 12,5 см. от верхней грани активной зоны. Рассматривались замедлители из бериллия, тяжелой воды и графита. При расчетах в активной зоне учитывались конструкционные материалы и теплоноситель (вода).

На рисунке 2 приведены распределения плотности потока тепловых нейтронов в зависимости от расстояния до активной зоны (вдоль оси y) (экспериментальный канал отсутствует). Рассчитывались значения средней плотности потока тепловых нейтронов по слоям информационной призмы. Толщина каждого слоя была равной 2,3 см. Общая толщина такой информационной призмы равнялась суммарной толщине отражателя и замедлителя (63 см), высота – 15 см, ширина равнялась ширине замедлителя (56 см).

Ось призмы, параллельная грани активной зоны, так же, как и ось канала, который будет

учитываться в последующих расчетах, была на расстоянии 12,5 см. от верха активной зоны.

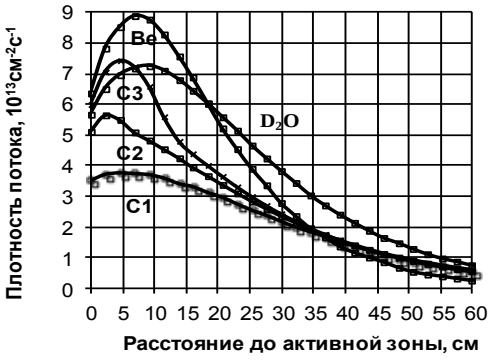


Рис.2. Плотность потока тепловых нейтронов в различных замедлителях.

Точка ‘0’ на оси абсцисс соответствует границе «активная зона 2 – отражатель 3 с замедлителем 5» (рис.1). Для всех распределений материалом отражателя 1 (рис.2) был бериллий. В качестве отражателя 3 и замедлителя 5 использовались следующие материалы: распределение С1 – графит-графит; распределение С2 – бериллий (7 см)-графит; распределение С3 – бериллий (14 см)-графит; распределение D2O – тяжелая вода-тяжелая вода; распределение Be – бериллий-бериллий.

Бериллий и тяжелая вода предпочтительней других замедлителей с точки зрения максимальной плотности потока тепловых нейтронов в канале. Однако бериллий проще в эксплуатации и для нас является более доступным, чем тяжелая вода. Поэтому он был выбран в качестве отражателя 3 и замедлителя 5 (рис.2).

Результаты расчетов поля нейтронов в экспериментальном канале приведены в таблице 1 (L -расстояние от края канала до активной зоны; $\varphi_{ср}$ - средняя плотность потока нейтронов на длине 164 см; $\delta_{тепл}$ - доля тепловых нейтронов в спектре; D - радиальный разброс плотности потока тепловых нейтронов на диаметре 14 см; Q –спектральный коэффициент - отношение плотности потока тепловых нейтронов к интегральной плотности потока нейтронов с энергией выше 3 МэВ). На основании этих расчетов было определено местоположение канала –L=15 см (расстояние между осью канала и ТВС – 22,5 см).

Результаты расчетов Таблица 1

L, см	$\varphi_{ср}$, 10^{12}см$^{-2}$с$^{-1}$	δ, %	*D*,%	*Q*
2	3,87	28,3	3,59	8,15
4	4,53	35,6	4,09	17,1
6	4,72	41,4	2,26	31,4
8	4,84	48	3,45	52,5
10	5,00	55	2,66	97,9
12	4,82	60	1,10	156
14	4,66	66	1,56	245
16	4,29	72	1,54	426
18	4,11	76	2,19	599
20	3,78	81	2,03	879
22	3,45	84	2,63	1453
24	3,08	87	2,18	1622
26	2,74	90	3,09	3442

На действующем комплексе нейтронного легирования кремния были получены следующие параметры нейтронного поля: доля тепловых нейтронов в спектре - 73%, спектральный коэффициент (отношение плотности потока тепловых нейтронов к интегральной плотности потока нейтронов с энергией свыше 3 МэВ) - 106, эффективная температура тепловых нейтронов - 337 К, максимальная плотность потока тепловых нейтронов в канале с облучателем - $1{,}5\cdot10^{13}$ см$^{-2}$ с$^{-1}$, средняя (по длине возвратно-поступательного перемещения контейнера) плотность потока тепловых нейтронов $4{,}1\cdot10^{12}$ см$^{-2}$с$^{-1}$, радиальная неравномерность флюенса нейтронов по радиусу при вращении контейнера – менее 1%. Все это позволило легировать кремний с мировым уровнем качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глухов Г. Г., Диденко А. Н. Ядерный реактор ИРТ-Т НИИЯФ ТПИ в научных и прикладных исследованиях. “Атомная энергия”, т.64, вып.5, май 1988, с.366-370.

2. Варлачев В.А., Солодовников Е.С. Критерии формирования нейтронного поля для равномерного облучения протяженных образцов. // Изв. Вузов. Физика. - 2010. - № 10/2. – С.310-312.

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ НЕЙТРОНОВ МОНОКРИСТАЛЛАМИ КРЕМНИЯ С ОМИЧЕСКИМИ КОНТАКТАМИ

Емец Е.Г., Валачев В.А., Солодовников Е.С.
Научный руководитель: Варлачев В.А., к.т.н., зав. лаб.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: emecevgeniy@tpu.ru

В области радиационных технологий требуется осуществлять контроль за флюенсом тепловых нейтронов. Активационные методы [1] наиболее универсальны и позволяют определять абсолютные значения флюенса нейтронов без дополнительной калибровки. Однако эти способы очень трудоемки и требуют специальной аппаратуры. Их часто используют для калибровки других способов измерений флюенса нейтронов, кроме того их нельзя использовать в качестве детекторов сопровождения эксперимента.

При облучении монокристаллов кремния тепловыми нейтронами за счет реакции радиационного захвата образуется кремний – 31, который путем β-распада (период полураспада -2,62 часа) превращается в донорную примесь фосфора – 31.

$$^{30}Si + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{31}Si \xrightarrow{\beta^-} ^{31}P \qquad (1)$$

Для измерения абсолютных значений флюенса тепловых нейтронов нами было предложено облучать кремний в кадмиевом экране и без него, как это делается в активационном способе, используя его наработки по методу кадмиевой разности [1]. Применительно к кремнию суть метода состоит в следующем.

При облучении монокристаллов кремния без кадмиевого экрана (всем спектром нейтронов)

$$C = \int_0^\infty \Sigma(E)\Phi(E)dE \qquad (2)$$

где С – генерированная за время облучения концентрация фосфора-31; Σ - макроскопическое сечение (n,γ) – реакции на кремнии – 30; Ф(Е) – флюенс за время облучения нейтронов с энергией Е. В работе [2] теоретически показано, что С линейно связана с изменением у.э.п.

$$C = (\sigma - \sigma_0)/e\mu_n \qquad (3)$$

где σ0 , σ – у.э.п. кремния до и после облучения, е, μ_n – заряд и подвижность электронов соответственно. Следует отметить, что измерение σ проводят после отжига радиационных дефектов при температуре 800°С, тем самым исключают влияние радиационных дефектов от быстрых нейтронов на изменение у.э.п. В настоящее время в качестве поглотителя принято использовать кадмий-113 из-за большого значения его сечения поглощения в тепловой области и его быстрого убывания в эпитепловой. Однако сечение поглощения кадмия не является ступенчатой функцией. Поэтому в активационном методе кадмиевой разности введено понятие граничной энергии поглощения в кадмии E_{Cd}, которая зависит от толщины и формы фильтра. Считают, что нейтроны с энергией ниже E_{Cd} полностью поглощаются фильтром, а выше этой энергии – не поглощаются. Возникающая при этом ошибка (1 – 4%) компенсируется кадмиевой поправкой F_{Cd} . В таком приближении при облучении кремния в кадмиевом фильтре

$$\int_{E_{Cd}}^{\infty} \Sigma(E)\Phi(E)dE = C_{Cd}F_{Cd} \qquad (4)$$

где F_{Cd} поправочный коэффициент, учитывающий поглощение надтепловых нейтронов в кадмии. Концентрация фосфора (C_{Cd}) также экспериментально определяется путем измерения у.э.п. до ($\sigma_{0,Cd}$) и после (σ_{Cd}) облучения:

$$C_{Cd} = (\sigma_{Cd} - \sigma_{0,Cd})/e\mu_n \qquad (5)$$

Для реакторных нейтронных полей, формирующихся в присутствии хороших замедлителей (вода, графит, бериллий и др.), спектр тепловых нейтронов приближенно описывается распределением Максвелла. В этом случае при использовании детектора, сечение реакции которого в тепловой области спектра меняется по закону 1/v (v – скорость нейтрона),

$$C_t = \chi_t \int_0^{E_{Cd}} \Sigma(E)\Phi(E)dE = \chi_t g_t \Sigma_t \Phi_{эф} \qquad (6)$$

где C_t - генерированная тепловыми нейтронами концентрация фосфора - 31; $\Phi_{эф}$ – эффективный флюенс тепловых нейтронов; Σ_t – макроскопическое сечение реакции при энергии нейтрона, соответствующей некоторой эффективной температуре $T_{эф}$, отличной от температуре среды T_0; g_t – фактор Весткотта, учитывающий отличие зависимости сечения тепловых нейтронов (n,γ) – реакции на кремнии-31 от закона 1/v, χ_t – коэффициент самоэкранировки тепловых нейтронов.

Ранее нами была установлена связь эффективного флюенса тепловых нейтронов

$$\Phi_{эф} = \frac{C}{\chi_t g_t \Sigma_t}(1 - \frac{F_{Cd}}{R_{Cd}}) \qquad (7)$$

где $R_{Cd} = C / C_{Cd}$ – кадмиевое отношение. С и C_{Cd} определяются с помощью выр (3 и 5) по экспериментальным значениям у.э.п. По определению, среднее (за время облучения τ) значение эффективной плотности потока тепловых нейтронов $\varphi_{эф}$ связано с флюенсом соотношением $\varphi_{эф} = \Phi_{эф}/\tau$. При этом $\varphi_{эф}$ ($см^{-2}с^{-1}$) определяется как произведение плотности нейтронов ($см^{-3}$) с энергией ниже граничной энергии кадмия на скорость (см/с) нейтронов с энергией $kT_{эф}$.

Для определения флюенса тепловых нейтронов нами предложено детектор изготавливать в форме пластины монокристаллического полупроводника с омическими контактами по всей поверхности каждого основания пластины, поверхности которой должны быть плоскопараллельны. Это позволит установить однозначную связь электрического сопротивления между основаниями пластины и удельным электрическим сопротивлением в объеме полупроводникового монокристалла.

Если плоскости оснований пластины плоскопараллельны, а боковая поверхность пластины перпендикулярна плоскостям оснований, то в соответствии с законом Ома удельное электрическое сопротивление легко может быть определено через электрическое сопротивление между основаниями пластины:

$$\rho = \frac{SR}{d}\ , \qquad (8)$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление, R – электрическое сопротивление между основаниями пластины,- S – площадь основания пластины, d – толщина пластины.

Подставив (8) в (3), а затем (3) в (7) получим:

$$\Phi_{эф} = \frac{d(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_0})}{Se\mu_n \chi_t g_t \Sigma_t} \cdot \left(1 - \frac{F_{Cd}}{R_{Cd}}\right), \qquad (9)$$

Отметим, что основания пластины могут иметь любую конфигурацию: круг, кольцо, треугольник, многоугольник и т.п. Для реализации этого способа определения флюенса тепловых нейтронов необходимо правильно определять электрическое сопротивление (R) между торцами шайбы. На границе контакта металл-полупроводник возникает потенциальный барьер и, связанный с ним, запорный слой. Следовательно, эти контакты будут выпрямляющими. В некоторых случаях этот потенциальный барьер пренебрежимо мал и вольтамперная характеристика такого контакта представляет собой прямую линию. Связь между током через такой контакт и напряжением на нем выражается, линейным законом – законом Ома – вне зависимости от полярности приложенного к этому контакту напряжения. Такой контакт и является омическим (не выпрямляющим). Для включения монокристаллических пластин в электрическую цепь на всю плоскость каждого основания пластины наносят омические контакты. Наиболее просто это сделать с помощью алюмогаллиевого карандаша или индийгаллиевой пасты [3].

Таким образом, определив кадмиевое отношение однажды для конкретного спектра, в дальнейшем можно использовать такие детекторы в качестве детекторов сопровождения эксперимента.

Возможность осуществления способа подтверждается экспериментами, проведенными на исследовательском ядерном реакторе типа ИРТ-Т мощностью 6 МВт в г. Томске. В качестве монокристалла был использован кремний.

В ходе эксперимента определялось кадмиевое отношение для кремния $R_{Cd}(Si)$. Для этого образцы кремния, в кадмиевом цилиндрическом пенале и без него, располагались на оси канала ГЭК-4 симметрично относительно центра активной зоны реактора. Использовался цилиндрический пенал высотой 10 мм, диаметром 15 мм и толщиной стенки 1 мм. Расстояние между образцами составляло 15 см. Облучение проводили в течении 4 часов на мощности реактора 6 мВт. Исходное сопротивление образца, облучавшегося в Cd фильтре, - 857 ом·см, а без фильтра – 772 ом·см. Конечные сопротивления – 593,5 ом·см и 99,5 ом·см соответственно. Из этого следует RCd(Si) = 16,9, Ф = $2{,}14 \cdot 10^{17}$ $см^{-2}$ и φ = $1{,}48 \cdot 10^{13}$ $см^{-2}с^{-1}$. Затем брали аналогичную шайбу с нанесенными на нее омическими контактами. За 4 часа исходное сопротивление снизилось с R_0=141Ом до R=39 Ом. R_{Cd}=16.9 при облучении на мощности 6 мВт. Из этого следует Ф = $2{,}13 \cdot 10^{17}$ $см^{-2}$ и φ = $1{,}49 \cdot 10^{13}$ $см^{-2}с^{-1}$, что соответствует измерениям стандартным методом.

Список литературы:

1. Крамер-Агеев Е.А., Трошин В.С., Тихонов Е.Г. Активационные методы спектрометрии нейтронов. М., Атомиздат, 1976, 232 с.
2. Варлачев В.А., Емец Е.Г. Солодовников Е.С. //Изв.вузов. Физика.- 2009. - № 11/2. – с. 409 – 412.
3. Нашельский А.Я. Производство полупроводниковых материалов. – М.: Металлургия, 1989 – 272 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИЛЬНОТОЧНОГО ИМПУЛЬСНОГО УСКОРИТЕЛЯ В РЕЖИМЕ ГЕНЕРАЦИИ ТОРМОЗНОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Ермоленко Н.С., Ротарь С.В.
Научный руководитель: Кайканов М.И.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр.Ленина, 30
E-mail: Nikolai06111990@mail.ru

Одним из наиболее перспективных и важных прикладных применений импульсных сильноточных электронных ускорителей является их использование в качестве источника мощных импульсов тормозного рентгеновского излучения (ТРИ), с максимальной энергией излучения 250-500 кэВ. Тормозное рентгеновское излучение обладает большой проникающей способностью (слой половинного ослабления в воде 5…25 см), что предоставляет возможность проведения объёмной радиационной обработки материалов [1]. Основным преимуществом импульсных ускорителей в качестве источников тормозного рентгеновского излучения являются: высокая импульсная мощность дозы генерируемого излучения, повышенная эффективность обработки и производительность, возможность применения местной биологической защиты комплекса, обеспечивающей полную безопасность для персонала и, как следствие, малые массогабаритные параметры комплекса (размещение комплекса возможно в мобильном блок-боксе).

Для сильноточного пучка характерен достаточно широкий энергетический разброс, поэтому актуальной задачей является исследование выхода ТРИ в зависимости от формы спектра электронного пучка. Работы по повышению эффективности преобразования энергии электронного пучка в энергию тормозного рентгеновского излучения также стимулируются необходимостью экспериментального исследования радиационного воздействия на материалы и вещества, подвергающиеся радиационной обработке при повышенных мощностях дозы.

Целью работы является исследование дозового распределения тормозного рентгеновского излучения, генерируемого импульсным сильноточным электронным ускорителем, при различных материалах мишени конвертера.

В качестве источника импульсного электронного пучка наносекундной длительности использовался частотный электронный ускоритель
АСТРА -М [2].

Импульсный ускоритель имеет следующие параметры: ускоряющее напряжение U_b = 450…470 кВ, ток пучка до 1,2 кА, длительность импульса напряжения (по основанию) ≈ 300 нс, длительность выведенного тока (по основанию) ≈ 110 нс. Характерные осциллограммы приложенного к диоду напряжения и полного тока диода представлены на рис. 1.

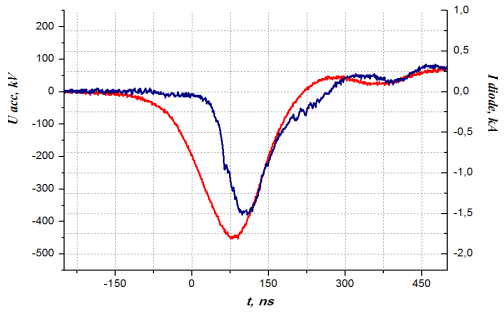


Рис.1. Характерные осциллограммы приложенного к диоду напряжения и полного тока диода

Проведенные эксперименты по преобразованию энергии электронного пучка в тормозное рентгеновское излучение проводились с металлическим катодом (материал катода - медь). Конструкция катода представляет собой концентрические кольца из медных полос, закрепленных на медной основе. Диаметр катода 4 см, катод-анодный зазор – 20 мм.

Для проведения экспериментов по генерации тормозного излучения были изготовлены мишени-конвертеры из различных материалов, в качестве которых использовались листы вольфрама и нержавеющей стали толщиной δ = 200 мкм и δ = 500 мкм соответственно. Диаметр выводного окна составлял 100 мм

Дозиметры термолюминесцентные ДТЛ-02, предназначенные для измерения поглощенной дозы рентгеновского и гамма-излучения с энергией выше 15 кэВ, размещались за конвертером на подложке, закрепленной поочередно в каждом следующем акте измерения внутри камеры обработки на расстояниях l = 5, 10 и 20 см от конвертера. В каждом эксперименте единовременному облучению подвергалось 5 дозиметров, равноудаленных от оси симметрии конвертера. После запуска каждых 300 импульсов дозиметры извлекались из камеры радиационной обработки и подвергались анализу.

В результате проведенных исследований были получены количественные характеристики выхода тормозного излучения из конвертера электронного ускорителя за один выстрел непосредственно на выходе из конвертера: ≈ 1,7 Р для мишени из вольфрама, ≈ 1 Р из нержавеющей стали.

Экспериментальные данные с дозиметров, по измерению поглощенной дозы тормозного

рентгеновского излучения для мишени-конвертера из листа вольфрама толщиной δ = 200 мкм представлены в таблице 1, а показания дозиметров для мишени-конвертера из листа нержавеющей стали толщиной δ = 500 мкм представлены в таблице 2.

Таблица 1. Поглощенная доза тормозного излучения за конвертером из вольфрама за один импульс.

		Расстояние от оси, проходящей через центр конвертера до облучаемого образца, см				
		12	6	0	6	12
		Поглощенная доза, Р				
Расстояние от мишени-конвертера до облучаемого образца, см	5	0,46	1,08	1,68	1,08	0,46
	10	0,33	0,67	0,86	0,67	0,33
	20	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33

Таблица 2. Поглощенная доза тормозного излучения за конвертером из нержавеющей стали за один импульс.

		Расстояние от мишени конвертера до облучаемого образца, см				
		12	6	0	6	12
		Поглощенная доза, Р				
Расстояние от мишени до плоскости размещения датчиков, см	5	0,17	0,67	1	0,67	0,17
	10	0,17	0,33	0,33	0,33	0,17
	20	0,17	0,17	0,17	0,17	017

Сравнение экспериментальных и теоретических данных

Экстраполированные пробеги в г/см^2 электронов с энергией Е (МэВ) в алюминии можно определить по формулам [3]:

$R_э(Al) = 0.4E^{1.4}$ *при* $E < 0.8$ *МэВ* (1)

$R_э(Al) = 0.54E - 0.133$ *при* $E > 0.8$ *МэВ* (2)

Экстраполированный пробег электронов в веществе с зарядом Z и массовым числом А связан с пробегом в алюминии следующим образом:

$$R_э(A, Z) = R_э(Al)(Z/A)_{Al}/(Z/A) \quad (3)$$

Для вольфрама (Z=74, A=184) экстраполированный пробег электронов с энергией 450 кэВ составляет порядка 240 мкм.

При этом эффективность преобразования энергии электронного пучка в тормозное излучение должна была составить порядка 1% (в направлении от конвертера в зону облучения) для рассматриваемого энергетического спектра. Исходя из полученных экспериментальных данных, коэффициент преобразования энергии электронного пучка в тормозное излучение составил лишь 0,4%. Для исследования возможных причин пониженной эффективности преобразования энергии электронного пучка в энергию тормозного рентгеновского излучения были проведены исследования распределения энергетического спектра электронного пучка методом фольг. Материалом для отсечных фольг был выбран титан.

В экспериментах по измерению энергетического спектра электронного пучка использовались фольги с толщинами 50, 75, 100 и 125 мкм. О наличии электронов, прошедших через набор фольг определенной толщины, судили по сигналу тока, регистрируемого с помощью цилиндра Фарадея.

По осциллограммам, как и следовало логично ожидать, видно постепенное уменьшение величины выведенного тока в зависимости от толщины отсечной титановой фольги. Полученные экспериментальные данные были проанализированы и сравнены с теоретической кривой прохождения ускоренных электронов через титан. На основании сравнения сделан вывод о том, что при данном катод-анодном зазоре (20 мм) диода и площади эмиссионной поверхности (12 см^2) максимум энергетического спектра электронного пучка находится в диапазоне 200-300 кэВ. Следовательно, рассчитанное значение толщины мишени конвертера для амплитудного значения напряжения, прикладываемого к диоду, является недостаточным. Таким образом, дальнейшее направление работы связано с оптимизацией работы электронного ускорителя в режиме генерации электронного пучка и тормозного рентгеновского излучения.

Список литературы

1. П.Г.Власенко, В.В.Рожков. Использование рентгеновского излучения для радиационных технологий// ВАНТ. Серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение» (80). 2001, №4, с.133-136.

2. Г.Е. Ремнев, И.С. Егоров, М.И. Кайканов, Г.Г. Канаев, Е.И. Луконин, А.В. Нашилевский, А.В. Степанов. Исследование генерации импульсного электронного пучка в частотном режиме работы ускорителя // Известия вузов. Физика, - 2011. – № 11/3. – С. 74 – 80

3. В.И. Беспалов. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом // Уч. пособие – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. - 145 с.

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНОГО РАСТВОРА НИТРАТА КАЛИЯ ДЛЯ ДОЗИМЕТРИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ

Ермоленко Н.С., Меринова Л.Р., Шиян Л.Н.
Научный руководитель: Шиян Л.Н., к.ф.-м.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ura-lilya@mail.ru

В связи с использованием источников ионизирующего излучения для решения ряда технических и экологических задач возникает необходимость определения интегральных характеристик генерируемого ими излучения.

Важнейшей характеристикой ионизирующего излучения является доза, которая показывает интенсивность его воздействия на любые вещества и живые организмы. В настоящее время для диагностики ионизирующего излучения используется широкий спектр радиационно-индуцированных эффектов, имеющих стабильный радиационно-химический выход от поглощенной дозы.

Особую сложность вызывает измерение дозы интенсивных электронных пучков, что обусловлено высокими концентрациями короткоживущих частиц, образующихся в облучаемой системе при воздействии мощного кратковременного импульса электронов высокой энергии. Для определения дозы, как правило, пользуются расчетными данными, которые позволяют определить энергетическую составляющую этого воздействия.

Использование излучения для очистки сточных вод вызывает некоторый психологический барьер, но тем не менее, имеется ряд преимуществ [1]. Это связанно с комплексным воздействием излучения на все показатели воды (органолептические, биологические, химические); поражением микроорганизмов всех видов; простотой управления степенью очистки посредством увеличения (снижения) дозы облучения.

В настоящее время в лаборатории №1 ИФВТ разработаны и созданы электронные ускорители, предназначенные для обработки сточных вод. Для дозиметрии ускорителей используют твердотельный химический дозиметр на основе поликристаллического нитрата калия, принцип работы которого достаточно подробно представлен в работах [2,3]. Для оценки дозы, поглощенной водными растворами целесообразным является использование эквивалентной дозиметрической системы. Например, в медицине для оценки дозы, поглощаемой биологической тканью используют дозиметр на основе полиметилметакрилата. Поэтому, целью работы является исследование возможности использования водного раствора нитрата калия для оценки величины поглощенной дозы водными растворами при воздействии импульсного электронного излучения.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- рассчитать глубину проникновения импульсного электронного излучения в твердом нитрате калия и в растворе, для получения сравнительных характеристик дозиметров;
- исследовать возможность использования раствора нитрата калия в качестве химического дозиметра для определения поглощенной дозы растворами, при облучении их интенсивными потоками ионизирующего излучения;

Исследования выполнены с использованием сильноточного импульсного ускорителя электронов «Astra-M» с максимальной энергией электронов 500 кэВ и дозиметрических датчиков на основе нитрата калия, которые использовали, как в виде таблеток, так и в виде растворов определенной концентрации.

При радиационно-химическом разложении нитрата калия образуется несколько продуктов, которые могут быть использованы как основные при расчете дозы импульсного электронного излучения. Такими продуктами являются нитрит-ион (NO_2^-), перекисный нитрит-ион (ONO_2^-) и кислород, образующиеся по реакциям:

$$2NO_3^- \rightarrow 2NO_2^- + O_2 \quad (1)$$

$$NO^-_3 \leftrightarrow ONO^-_2 \quad (2)$$

Для расчета поглощенной дозы использовали реакцию (1). В качестве основного продукта в этой реакции был выбран нитрит-ион, концентрация которого стабильна в течение длительного времени в сравнении с газообразным продуктом, которым является кислород. Радиационно-химический выход нитрит-иона составляет 1.6 ± 0.2 ион/100 эВ. [2].

Дозиметрические датчики готовили в виде таблеток диаметром 16мм и толщиной 2мм из порошка KNO_3 марки «хч». Приготовленные датчики размещали в поток ионизирующего излучения на разном расстоянии от источника. После облучения в твердотельных датчиках определяли концентрацию нитрит-ионов после полного их растворения спектрофотометрическим методом с реактивом Грисса [4]. Концентрация нитрит-ионов и поглощенная доза связаны формулой D=C/G, где G = 1.6 ± 0.2 ион/100эВ – радиационно-химический выход нитрит-ионов; D – поглощенная доза, эВ/г; С-концентрация нитрит-ионов, моль/литр.

При взаимодействии ионизирующего излучения с водным раствором нитрата калия, согласно литературным данным [5], образуются нитрит-ион, кислород и перекисные соединения в виде перекиси водорода и перекисного нитрит-иона со структурой ONO_2^-. Образование перекисного нитрит-иона наиболее характерно при воздействии высокоинтенсивного излучения. Для получения сравнительных характеристик двух дозиметров - твердотельного и жидкостного, в качестве основного продукта радиационно-химического разложения KNO_3 был выбран нитрит-ион, свойства которого хорошо изучены и известны стандартные методы его определения.

Для выполнения сравнительных экспериментов был проведен расчёт пробега электронов с энергией 500 кэВ как в твердом нитрате калия, так и в растворе по методике, изложенной в работе [6] . Рассчитанные величины составили 0,145 см для водного раствора и 0,078 см для кристаллического KNO_3. Используя полученные данные, была определена масса нитрата калия в облучаемом слое водного раствора, которая соответствовала массе облучаемого кристаллического KNO_3, что составило 0,18 г. Раствор и дозиметр облучали одним и тем же количеством импульсов, при одной и той же геометрии, так, что значение поглощённых доз были равны.

Измеренная концентрация нитрит ионов в растворе прямо пропорциональна поглощенной дозе, измеренной с помощью дозиметрического датчика на основе KNO_3. что говорит о постоянстве радиационно-химического выхода нитрит-ионов. Тем не менее, значение радиационно-химического выхода нитрит-ионов в растворе оказался значительно ниже, чем в твердом нитрате калия и составил 0,8 ион/100ЭВ. Для объяснения этого различия, были выполнены эксперименты по влиянию количества облучаемого растворителя на нитрат-ион в растворе.

Суть эксперимента заключается в том, что облучению подвергалось те же 0,18 г нитрата калия при различных соотношениях нитрат-вода. Так как толщина облучаемого слоя в водном растворе всегда одинакова и составляет 0.145 см, соотношение нитрат-вода регулировалось диаметром емкостей для раствора при условии равенства поглощенных доз.

На рисунке 1 показана зависимость радиационно-химического выхода нитрит-ионов в растворе при различных соотношениях количества нитрат-вода - $N_{нитрата}/N_{воды}$. Как видно из рисунка 1, радиационно-химический выход нитрит-ионов не является постоянным и снижается с увеличением количества молекул воды. Снижение радиационно-химического выхода нитрит-ионов в растворе обусловлено поглощением большей части энергии водой и протеканием рекомбинационных процессов, времена которых не соизмеримы с диффузионными процессами.

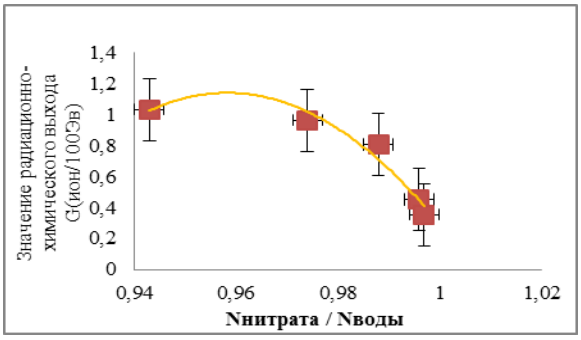


Рис.1. Зависимость радиационно-химического выхода нитрит-ионов в растворе KNO_3 при различных соотношениях количества молекул нитрата к количеству молекул воды $N_{нитрата}/N_{воды}$ в облучаемом объеме

Выводы:

1. Исследован процесс радиолиза водного раствора нитрата калия при действии импульсного электронного пучка. Показано, что радиационно - химический выход нитрит - ионов в водном растворе значительно ниже, чем в кристаллическом нитрате калия, что можно объяснить рекомбинационными процессами, протекающими в воде за времена 10^{-12}-10^{-14} с, что не соизмеримо с диффузионными процессами, время протекания которых определяется интервалом 10^{-7}-10^{-10} с.

2. Показано, что радиационно-химический выход нитрит иона в растворе нитрата калия зависит от соотношения нитрат-вода, что ограничивает его использование в качестве дозиметра.

Список литературы:

1. Пикаев А.К. Современная радиационная химия. – М.: Наука, 1986г.
2. Патент РФ № 1544030 от 14.12.87 г. — Л.В. Сериков, Т.А. Юрмазова, Л.Н. Шиян, В.М. Кецкало, В.В Старченко /Способ дозиметрии ионизирующего излучения.
3. Гуслякова В.М., Меринова Л.Р. Использование нитрата калия для измерения интегральных характеристик источников излучения//XVII Международная научно-практическая конференция. Томск – 2012, С.17-18.
4. ГОСТ 4192-82. Методы определения минеральных азотсодержащих веществ.
5. Пикаев А.К. Дозиметрия в радиационной химии. – М.: Наука, 1975г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ПРОБОЯ ПРЕССОВАННЫХ ПОРОШКОВ ТЭНА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИМПУЛЬСОМ ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ НЕОДИМОВОГО ЛАЗЕРА.

Жанкарашев Г.Б.
Научный руководитель: Ципилев В.П, проф., д.ф.-м.н.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Jankarash_gani@mail.ru

Первые опыты по лазерному инициированию взрывчатых веществ (ВВ) были проведены в первой половине 60–х годов. К концу 80–х годов был выявлен ряд закономерностей зажигания инициирующих и вторичных ВВ при лазерном воздействий. Интерес к этим способам импульсного инициирования не ослабевает и связан с тем, что в них реализуется возможность сверхкоротких внешних воздействий со временами на несколько порядков меньшими длительности индукционного периода развития взрыва. Это открывает возможность изучения первичных элементарных актов поглощения, передачи и локализации энергии возбуждения и развития взрыва, что необходимо для оценки по определению чувствительности взрывчатых веществ. Открывается возможность установления механизмов инициирования и развития взрыва.

В первых исследованиях была показана сама возможность лазерного инициирования ВВ в той области спектра лазерного излучения, где матрица ВВ прозрачна, т.е. в области, где вещества практически не взаимодействует с излучением. Этот факт породил множество различных взглядов на механизмы зажигания прозрачных ВВ. Несмотря на огромный накопленный к настоящему времени экспериментальный материал не сформулирован единого мнения о природе взрывного разложения. Так, к примеру: в работе [1] предложен двустадийный механизм инициирование ТЭНА, суть которого заключается в том что при воздействий интенсивным лазерным пучком, приповерхностном слое ВВ возникает оптический пробой, что приводит к нагревом до температуры достаточного до инициирование образца. При этом порог макропробоя по данным авторов составляет около 10 Дж/см^2, а порог инициирования взрывного разложения — около 20 Дж/см^2.

По данным работы [2] порог инициирования в некоторых условиях лазерного воздействия может быть снижен до уровня около 0,1 Дж/см^2. Очевидно, что реализация режима макропробоя в образце в данном случае не возможна, поэтому авторы высказали предположение о возможности создания тепловых очагов инициирования в областях микропробоев. С этой целью ими исследовано свечение образцов тетронитратапентаэритрита (тэн) в области низких уровней лазерного воздействия, определен порог свечения (около 10 мДж/см^2) и сделана попытка связать его с порогом микропробоев. Однако для достаточного доказательства такой связи необходимо изучение поведения образцов, как при низких уровнях воздействия, так и при уровнях превышающих пороги макропробоя, а также получение и анализ спектров свечения.

На работе [2] наблюдалось инициирование тэна на трех гармониках излучения с возникновением взрывного свечения, импульса давления и разрушения сборки. Пороги инициирования H_{05} по уровню 50% -й вероятности составили:

- 60±15 мДж/см^2 – при 1064 нм;
- 55±15 мДж/см^2– при 532 нм;
- 12±4 мДж/см^2 – при 266 нм.

В данной работе исследовано оптический пробой прессованного порошка тэна при воздействии импульсом лазерного в области прозрачности излучения первой и второй гармоники Nd:YAG-лазера с длиной волны 1064 нм и 532 нм соответственно и длительностью импульса 12 нс в широком диапазоне плотностей энергии лазерного излучения. Структура пучка: многомодовая с однородной центральной частью. Влияние длины волны лазерного излучения на энергетические пороги инициирования (ЭПИ) должно проявляться через основные оптические константы вещества, а именно через показатель поглощения, показатель рассеяния, показатель преломления. Регулируя длину волны лазерного излучения, можно изменять эти константы в больших пределах и создавать различные режимы освещения объема ВВ.

Всё это может приводить к нагреванию поверхностного слоя. Также стоит учесть и энергию фотона (кванта). Можно предположить, что эти особенности в полной мере должны проявляться при инициировании в области собственного поглощения, поскольку излучение за счет высокого показателя поглощения, локализуется в очень тонком приповерхностном слое. Кроме того, поглощенная доза в слое распределена по закону Бугера, т. е. в отличие от области прозрачности, где этот закон для порошков не выполняется, энерговыделение имеет максимальное значение на поверхности ВВ.

В исследованиях использован лазерный стенд, который является модернизированным вариантом установки, описанной в [3]. Стенд обеспечивает проведение многопараметрических измерений процессов, сопровождающих взрывное разложение. Прессованные порошки изготавливались в виде таблеток при плотности 1,4 г/см^3 и давлением прессования 40 МПа. Плотность энергии пучка на поверхности таблеток менялось с помощью калиброванных нейтральных светофильтров.

В результате проведенных исследовании были получены зависимости амплитуды импульсов свечения от плотности энергии лазерного излучения на поверхности образца (см. рис. 1 и рис. 2) при воздействии на длинах волн λ_0 = 1064нм и λ_0 = 532нм.

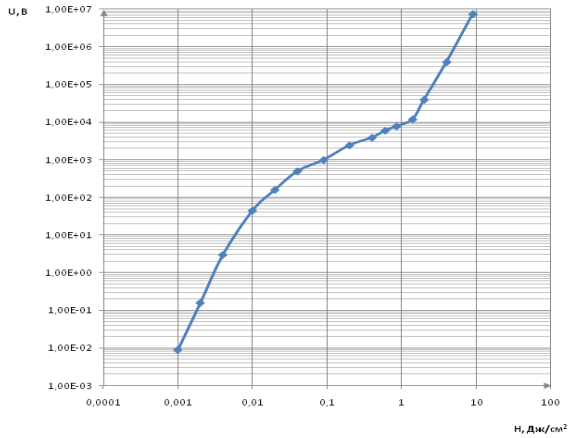


Рис.1. Зависимость амплитуды свечения с открытой поверхности тэна от плотности энергии лазерного импульса при возбуждении излучением первой (1064 нм) гармоники.

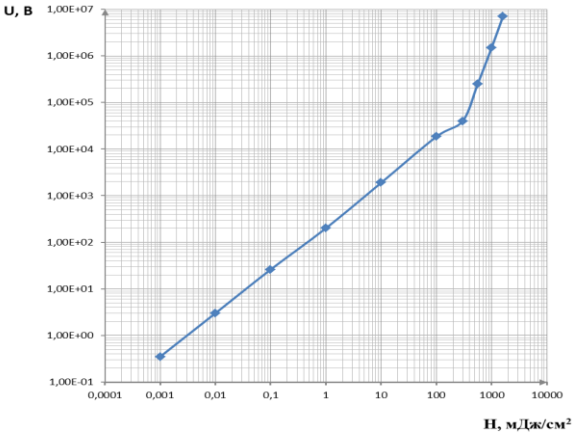


Рис.2. Зависимость амплитуды свечения с открытой поверхности тэна от плотности энергии лазерного импульса при возбуждении излучения второй (532 нм) гармоники.

Анализ кривой рис. 1 и кривой рис. 2 указывает на то, что в области воздействий от 1 до 100 мДж/см^2 в объеме порошка тэна возможно реализуется режим оптических микропробоев, а в области H > 1Дж/см^2 – режим макропробоя. Наличие микропробоев указывает на возможность создания локальных тепловых микроочагов в объеме тэна при очень низких уровнях лазерного воздействия.

Таким образом, можно утверждать следующее: пороги оптических микропробоев при воздействии ЛИ составляют единицы мДж/см^2, т.е. находятся ниже измеренных в [2] порогов инициирования взрывного разложения тэна. А это означает, что в основе механизма лазерного инициирования ВВ лежит создание тепловых очагов в результате возникновения оптического микропробоя.

На второй же гармоники преобладает люминесценция. Это обосновывается тем что до уровня энергии в 100 мДж/см2 наблюдается линейная зависимость интенсивности свечение от потока ЛИ. В то же время это не дает оснований считать что микропробой при воздействии 2- й гармоники отсутствует. Напротив, их вероятность достаточно высока, что подтверждается результатами экспериментов работы [2], где пороги инициирование ТЭНА на 1-й и 2-й гармониках оказались одинаковыми.

Свечение микропробоев на 2-й гармонике не наблюдается в силу того, что люминенценсия по интенсивности значительно (на 4 порядка) превышает последнее.

Таким образом, кинетику взрывного разложения тэна можно качественно описать с позиций теплового взрыва микроочага.

Список литературы:

1. Таржанов В.И., Зинченко А.Д. и др. Лазерное инициирование тэна // Физика горения и взрыва. – 1996. – Т. 32. – № 4. –С. 114–119.

2. В.П. Ципилев, Е.Ю. Морозова, А.С. Скрипин. Лазерное инициирование порошков тэна в условиях объемного сжатия // Известия ТПУ – 2010. – Т.317, №4. с.149 – 155.

3. В.И. Корепанов, В.М. Лисицын, В.И. Олешко, В.П. Ципилев. К вопросу о кинетике и механизме взрывного разложения азидов тяжелых металлов // ФГВ.— 2006. — Т. 42, № 1. с. 106–119

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИНЖЕКТОРОВ ДЛЯ ИНДУКЦИОННЫХ ЦИКЛИЧЕСКИХ УСКОРИТЕЛЕЙ

О.В. Хусаева, А.Н. Зайкин
Научный руководитель: Лаптев Р.С., инженер
Томский Политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Khusaeva852@mail.ru

Бетатрон – индукционный ускоритель электронов. Малогабаритные бетатроны сегодня широко используются в ряде таких наукоемких процессов как рентгеновская компьютерная томография, лучевая интраоперационная терапия, промышленная интроскопия. Бетатроны являются составной частью досмотровых систем, массовое производство которых особенно важно из-за возросшей вероятности террористических актов, провоза контрабанд и связанной с этим необходимостью контроля содержимого закрытых транспортных контейнеров. [1,2].

Обычно бетатрон состоит из следующих блоков: блок излучателя, включающий электромагнит, ускорительную камеру, схему инжекции и смещения [3].

На сегодняшний день проблемой в работе бетатрона является малый срок службы инжектора, который составляет 300 часов. В связи с этим, является актуальной задача разработки новых типов инжекторов, позволяющих увеличить срок службы до 20 000 часов. Для достижения данной задачи необходимо найти количественные значения параметров, определяющих срок службы инжектора.

Целью данной работы является разработка экспериментального стенда для исследования характеристик инжекторов бетатронов.

Исследования временных характеристик инжекторов основаны на методе оценки скорости испарения бария. Барий, элемент с работой выхода электрона 2,49 эВ, часто используется в импрегнированных, оксидных, прессованных катодах в качестве компонента активной массы [4]. Так как в течение срока службы катода в инжекторе барий медленно расходуется в процессе испарения с эмитирующей поверхности. Окончание срока службы совпадает с истощением запаса бария [5]. Скорость испарения бария оценивается по времени, необходимому для осаждения монослоя бария на вольфрамовой проволоке. Задача состоит в определении относительной скорости испарения бария по измерению времени t, необходимого для установления максимальной термоэмиссии с вольфрамовой проволоки.

Так как максимум эмиссии соответствует осаждению на проволоке лишь монослоя бария, для измерения требуется испарение лишь мельчайших количеств вещества. Поэтому измеренные скорости близки к мгновенным [6].

Принципиальная схема экспериментального стенда представлена на рисунке 1.

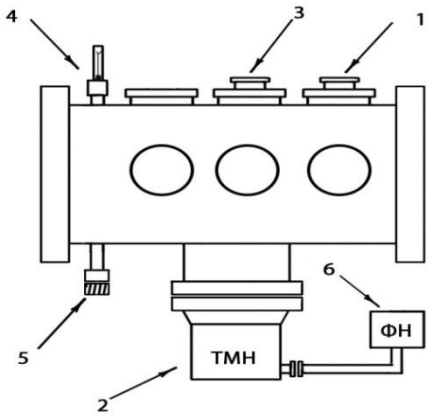


Рис. 1. Схема экспериментального стенда:
1 – электрод; 2 – турбомолекулярный насос (ТМН); 3 – инжектор; 4 – вакуумметр; 5 – клапан напуска атмосферы; 6 - форвакуумный насос.

Вакуумная камера имеет объем около 38 литров и сделана из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Для предварительной откачки вакуума используется форвакуумный насос, который обеспечивает низкий вакуум $5 \cdot 10^{-3}$ мм. рт. ст. Для высоковакуумной откачки $5 \cdot 10^{-7}$ мм. рт. ст. используется турбомолекулярный насос [7].

Схематическое изображение прибора для испытаний инжектора, расположенного внутри стенда, показано на рисунке 2.

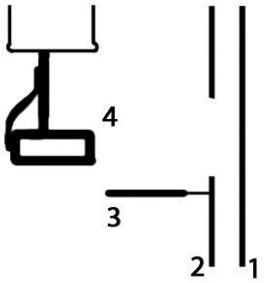


Рис. 2. Схема прибора для испытаний инжектора:
1 – вольфрамовая проволока; 2 – экран; 3 – заслонка; 4 – инжектор.

Тонкая вольфрамовая проволока (1), используется в качестве приемника, закрепляется над инжектором (4). Проволока находится в потоке испаряющегося вещества напротив отверстия в экране (2), расположенном ниже проволоки. Заслонка (3) служит для контроля длительности выдержки проволоки в потоке испаряющегося бария, также служит анодом при измерении тока эмиссии.

Камера откачивается до высокого вакуума, затем проводится отжиг в течение 1 часа при 400°К. Затем инжектор обезгаживается при 1200°К в течение 10 минут, заслонка прогревается токами высокой частоты, вольфрамовая проволока очищается вспышками при температуре 2000°К. Затем проволока выдерживается при температуре 600ºК в потоке испаряющихся веществ в течение времени t_1, необходимого для достижения максимума тока насыщения. Для измерений заслонка открывается на короткий промежуток времени, в течение которого испаряющийся барий может конденсироваться на проволоке. После проволока снова прокаливается в течение двух часов при температуре 1280ºК для удаления свободного бария, и вновь выдерживается в парах испаряющихся веществ в течение времени t_2 для достижения нового максимума тока эмиссии. Измерения повторяются, чтобы удостовериться в том, что катод находится в стабильном состоянии.

Величина 1/t равна относительной скорости испарения полного количества бария. Абсолютная скорость испарения устанавливается с помощью эмпирической градуировки [6,8].

Зная изначальное количество бария в катоде, после каждого измерения проводится химический анализ испарившегося вещества. Определяется процентное содержание бария, т.к. от него зависит градуировочная константа С. По формуле вычисляется величина абсолютной скорости испарения с единицы площади:

$$E = \frac{C}{t}\frac{d^2}{A}; \quad (1)$$

где Е – абсолютная скорость испарения бария;
А – площадь источника;
t – время достижения максимального тока эмиссии;
d – расстояние между проволокой и источником [6];

Результаты измерений наносятся на график в полулогарифмическом масштабе: скорость испарения бария в монослоях за секунду.

В ходе данной работы был разработан экспериментальный стенд, который позволяет определить различные операционные характеристики как:

- ток эмиссии;
- плотность тока эмиссии;
- анодное напряжение;
- срок службы.

Разработанный стенд способен выдерживать тепловой нагрев до 2000°К. Использование стенда позволяет осуществлять такие процессы как:

- обезгаживание;
- отжиг;
- активирование инжектора.

На данном экспериментальном стенде существует несколько портов, что позволяет исследовать несколько инжекторов одновременно. В дальнейшем планируется исследование инжекторов методом оценки скорости испарения бария.

Список литературы

1. Москалев В.А., Чахлов В.Л. Бетатроны - Томск: Изд-во ТПУ, 2009.- 266 с.
2. Пушин, В. С. Разработка и исследование эффективной системы инжекции для малогабаритных бетатронов с импульсным питанием - Томск : , 1976. — 196 с.
3. Ананьев Л. М., Горбунов В. И., Воробьев А. А.. Индукционный ускоритель электронов – бетатрон – М.: Госатомиздат, 1961. 347 с.
4. Фоменко В.С. Эмиссионные свойства материалов: справочник / Под ред. Г. В. Самсонова. — 3-е изд. — Киев: Наукова думка, 1970. — 147 с.
5. Г. А. Кудинцева Г.А.,Термоэлектронные катоды /; под ред. Н. Д. Девяткова. — М.; Л.: Энергия, 1966. — 366 с.
6. Эффективные термокатоды. Вып. 2: сборник переводов / под ред. Б. Н. Попова, А. Р. Шульмана. — М.: Госэнергоиздат, 1960. — 388 с.
7. Власов В.А. Физика и техника вакуума: учебное пособие / В. А. Власов; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во ТПУ, 1999. — 100 с.
8. Эффективные термокатоды. Вып. 3: сборник переводов / под ред. Н. Г. Баньковского; Б. Н. Попова; А. Р.

РАЗДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПОВ В КАСКАДЕ ПРИ СОВМЕЩЕНИИ ПРОЦЕССОВ ИЗОТОПНОГО ОБМЕНА И ЭЛЕКТРОХРОМОТОГРАФИИ

Иванушкин Ю.С., Вергун А.П., Балашков В.С.,
Научный руководитель: Вергун А.П., д.ф.-м.н., профессор
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
yuriy.ivanushkin@yandex.ru

Введение

Все большее применение в промышленности и технике находят различные виды изотопов. На кафедре технической физики Физико-технического института Томского политехнического университета проводятся исследования по разработке эффективных экологически безопасных методов разделения изотопов и тонкой очистки веществ с применением ионитов. Большие возможности в этом плане открывают исследования в области изотопного обмена и электрохромотографии с применением ионитов. Обменные и электроионитные разделительные процессы можно отнести к гибким технологическим системам, так как они позволяют переходить от выпуска одной изотопной продукции к другой с минимальной переналадкой технологического оборудования. Концепция гибких производственных систем с точки зрения ресурсоэффективных технологий является преобладающей в ряде производств [1].

Для сокращения финансовых затрат и нахождения оптимальных условий процесса разделения изотопов целесообразно построить математическую модель и на основании этой модели, используя возможности вычислительной техники, разработать программу для проведения расчетов.

1. Описание установки

Рассматриваемая система, приведённая на рисунке 1, состоит из трех основных функциональных узлов: противоточные колонны (1), узел оборота потоков фаз, представляющий собой трехкамерный электродиализный аппарат (2) и электрохроматографический аппарат (3) с катионитовыми мембранами. Для переноса фаз раствора и ионита используются насосы (4) и (5). Поскольку на узле оборота фаз изотопного разделения практически не происходит, то условно можно выделить два этапа обогащения: первый этап — в противоточных колоннах, второй — в электрохроматографическом аппарате. Поэтому параметры, описывающие происходящие процессы, будут с индексами 1 и 2 соответственно. Поток питания F_1 с раствором естественного содержания выделяемого изотопа и концентрацией C_{F1} поступает в противоточную колонну. В противоточной колонне происходит реакция изотопного обмена [2].

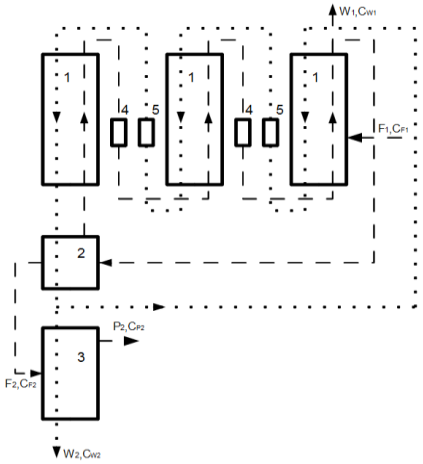


Рис. 1.Схема каскада

В конце последней колонны поток катионит поступает в электродиализный аппарат, где происходит регенерация катионита, проходят через катионитовую мембрану в катодное отделение электродиализатора, пройдя через мембрану, попадают в фазу раствора. Большая часть раствора из электродиализатора направляется для создания противотока в последнюю противоточную колонну, а небольшая часть поступает на следующий этап обогащения.

Часть поток раствора W_1 из первой колонны с концентрацией по выделяемому изотопу идет в отвал, а оставшееся часть идет в анодную камеру электродиализатора, и через катионитную мембрану попадает в фазу катионита. Катионит идет в первую колонну, часть которого может поступать в электрохроматографический аппарат [3,4].

Часть потока раствора из электродиализатора $P_1=F_2$ и концентрацией $C_{P1}=C_{F2}$ служит для питания на втором этапе обогащения. В электрохроматографической установке ионывыделяемого изотопадвижутся к катоду, встречая на пути частицы катионита, движущегося вниз по колонне. Пройдя катионитные мембраны, поток P_2 с концентрацией C_{P2} отбирается из системы. Из анодной области поток W_2 с концентрацией C_{W2}идет в отвал, либо может в дальнейшем использоваться для питания противоточных колонн [5].

2. Краткая характеристика программы

Программа «Kaskade 2.0» написана на языке Си++ с использованием программного комплекса Qt версии 4.7, имеются версии для операционных систем Linux и Windows. Размер программы составляет 108 КБ для версии под Windows, и 73,3 КБ — для Linux. Однако, для запуска программы под Windows, необходимо иметь дополнительные динамически подключаемые библиотеки, которые должны находиться либо в системном каталоге, либо в

каталоге с программой. Объем этих библиотек составляет 12,4 МБ, которые упакованы в ZIP-архив вместе с самой программой [6].

Kaskade имеет интуитивно понятный графический интерфейс. Для ввода данных используются однострочные текстовые поля, для вывода данных используется большое текстовое поле. Также возможен экспорт результатов работы программы в HTML-файл.

Входные данные программы:

•C_F — концентрация питания (в долях единицы)

• C_w — концентрация отвала (в долях единицы)

•L — длина колонны (в метрах)

•α — однократный коэффициент разделения

•C_p — концентрация продукта (в долях единицы)

•ВЭТТ (в метрах)

•P — величина потока отбора (в условных единицах)

В настоящее время, данная версия программы является тестовой. В связи с этим доступен только один этап обогащения.

Для построения графиков используется внешняя программа GNUPlot, которая поставляется в комплекте с Windows-версией программы.

3. Пример расчёта каскада при помощи программы«Kaskade»

Исходные данные приведены в Таблице 1.

Таблица 1

Однократный коэффициент разделения	1,05
Концентрация питания	0,45
Концентрация отбора	0,95
Концентрация отвала	0,40
Длина колонны, м	10
Высота эквивалентной теоретической тарелки, м	0,5
Поток отбора	120

Для реализации такого каскада, необходимо иметь 126 ступеней в обогатительной и 9 в регенеративной частях каскада. Поэтому каскад будет состоять из 7 колонн. Потоки отбора и отвала составляют 1320 и 1200 соответственно.

Значения концентраций приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Колонна	Ступень	Концентрация
1	1	0,41774
1	20	0,49615
2	40	0,61641
3	60	0,72612
4	80	0,81375
5	100	0,87788
6	120	0,92168
7	140	0,95

Вычислив, при помощи программы, значение концентраций на каждой из ступеней колонны, возможно, построить график, наглядно показывающий рост концентрации выделяемого изотопа по мере увеличения числа ступеней. Подобный график представлен на рисунке 2.

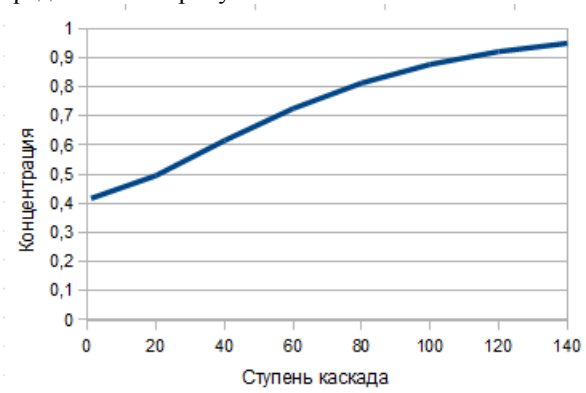


Рис. 2. Распределение концентрации по ступеням каскада

Разработанная программа позволяет смоделировать процесс с высокой точностью и определить зависимость основных параметров системы.

Список литературы

1. Балашков В.С., Вергун А.П. Изв. вузов. Физика – 2010. – №11/2 – С.150
2. Андреев Б.М., Зельвенский Я.Д., Катальников С.Г. Разделение стабильных изотопов физико-химическими методами. - М.: Энергоатомиздат, 1982. - 208 с.
3. ВергунА.П., Пуговкин М.М., Шаров Р.В. Разделение изотопов и тонкая очистка веществ электроионитным и обменными методами: учеб.пособие. – Томск: ТПУ, 2000. – 68с.
4. Розен А.М. Теория разделения изотопов в колоннах. М.: Атомиздат, 1960
5. Федоров Н.Ф. Сорбенты и сорбционные процессы ЛТИ.-СПб., 1990.-186 с.
6. Шлее, М.О. Qt4.5. Профессиональное программирование на C++. -СПб.: БХВ-Петербург, 2012. - 896с.

КАК САМОМУ СДЕЛАТЬ АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Климков Я.О.
Научный руководитель: Шестакова В.В.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Yahin@yandex.ru

Около 70% всей вырабатываемой электроэнергии в мире тратится на приведение в движение различных механизмов: станков, насосов и т.д. Для того чтобы привести механизмы в движение необходимо электрическую энергию, выработанную на электростанциях, преобразовать в механическую энергию. Такое преобразование осуществляется электрическими машинами – электродвигателями. Один из самых распространенных типов двигателей в мире – асинхронный. Асинхронные двигатели (АД) применяются на промышленных и энергетических предприятиях, например, на электростанциях в системе топливоподачи. АД приводят в действие механизмы разгрузки, транспортировки, дробления и распределения топлива (угля) по бункерам. Применяются АД и на нефтеперерабатывающих предприятиях.

Целью работы является изготовление действующей модели АД.

Первый вопрос, возникающий при определении конструкции модели АД – число фаз. В принципе количество фаз в АД может быть разным, от одной до шести. Конструктивно проще всего изготовить однофазный АД, в котором вращение ротора обеспечивается за счет пульсирующего поля (естественно, только если ротор предварительно раскрутить). Однако при принятой упрощенной технологии изготовления, крайне маловероятно, что энергия пульсирующего поля была бы достаточна для приведения во вращение ротора. Поэтому было принято решение сделать модель трехфазного АД. Если к обмоткам трехфазного статора такого АД подключить трехфазный источник переменного тока, то в статоре возникнет вращающееся магнитное поле той же частоты, что и источник. Причем ротор будет трогаться с места без предварительной раскрутки.

Для изготовления статора модели использовались пластины из тонкой жести (0,25 мм). Толщина статора равна 2 мм (8 пластин). Для достижения требуемой точности и аккуратности изготовления деталей статора пластины изгибались по специально выточенному деревянному шаблону и скреплялись друг с другом клеем БФ. Это, во-первых, позволило надежно скрепить пластины и, во-вторых, обеспечило изоляцию между ними, необходимую для предотвращения нагрева статора из-за вихревых токов. В результате был изготовлен статор с тремя полюсами, сдвинутыми на 120 градусов (деталь 1 на рис. 1).

Обмотки полюсов статора выполнены из лакоизолированного медного провода сечением 0.02 мм^2 (провод марки ПЭЛ диаметром 0,16 мм, с толщиной двусторонней изоляции 0,02 мм). Число витков на каждом полюсе статора $w = 400$. Обмотки соединены в звезду (зажим 6).

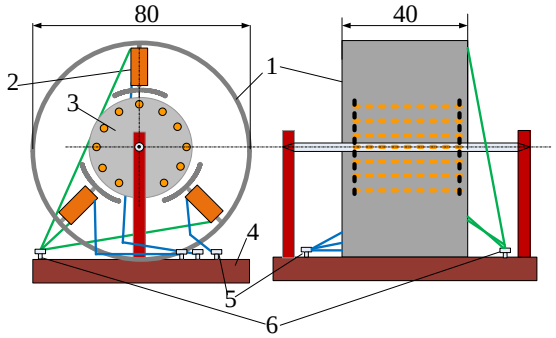


Рис. 1. Эскиз изготовленного асинхронного двигателя
1 – статор, 2 – обмотки статора, 3 – ротор типа «беличья клетка», 4 – подставка,
5 – выводы для питания, 6 – общий зажим для соединения обмоток по схеме «звезда»

Ротор модели выполнен по типу «беличья клетка» (деталь 3). Два медных диска диаметром 40 мм спаяны с 9 стержнями, равномерно распределенными по окружности. Стержни «беличьей клетки» выполнены из медного прута диаметром 4 мм. Масса ротора около 40 г. Зазор между ротором и полюсами статора – 1 мм. Можно отметить, что при изготовлении АД в заводских условиях беличью клетку «вкладывают» в стальной сердечник для усиления магнитного потока.

Завершающая часть работы над моделью включала в себя: балансировку ротора, изготовление стойки для ротора (латунные пластинки), закрепление статора и стойки с ротором на подставке. Концы вала ротора заточены на конус и вставлены в конические углубления в латунных пластинках.

В качестве источника энергии для питания АД использовался трехфазный лабораторный трансформатор. Подаваемое напряжение не превышало 10–20 В (фазное). Как показали измерения, ток в фазе статора при максимальном напряжении равен 0,35 А. Потребляемая электрическая мощность двигателя $P = 3UI = 3 \cdot 20 \cdot 0.35 = 21$ Вт.

Скорость вращения ротора модели была определена с помощью самодельного

стробоскопа, который представляет собой диск из плотной бумаги с двумя черными секторами. Лампа накаливания, включенная в сеть с частотой 50 Гц, вспыхивает 100 раз в секунду при прохождении переменного тока через максимумы. Если ротор вращается 3000 об/мин, то при каждой вспышке лампы секторы диска будут находиться в одном и том же положении и потому будут казаться неподвижными. В полном соответствии с теоретическими положениями о принципе работы АД, скорость вращения ротора модели $\omega_Р$ оказалась меньше скорости вращения поля $\omega_П$ = 3000 об/мин, и диск казался вращающимся, но не с полной скоростью, а с разностью скоростей между $\omega_П$ и действительной скоростью ротора $\omega_Р$. После подсчета числа секторов «пробежавших» за единицу времени, было рассчитано, что $\omega_Р$ = 2820 об/мин.

Отставание ротора характеризуется величиной, называемой скольжение $s = (\omega_П - \omega_Р)/ \omega_П$. Таким образом, для модели s = 6%. Если бы ротор вращался бы с такой же частотой, как и поле статора, то в роторе не возникло бы никаких токов, так как поле и ротор были бы взаимно неподвижны. Скольжение промышленных АД обычно составляет 3–5%. К существенным особенностям работы АД также относится то, что при снижении напряжения скольжение возрастает, то есть ротор двигателя притормаживает. Этот эффект также был подтвержден при испытаниях.

К особенностям сконструированной модели АД можно отнести отсутствие в ней готовых компонентов. Все детали изготовлены из подручных материалов. Модель АД будет использоваться в Энергетическом институте Томского политехнического университета в качестве учебного оборудования на занятиях по дисциплине «Общая энергетика» (2 курс), а также на занятиях по профориентации для школьников.

Литература

1. Ломоносов В.Ю., Поливанов К.М., Михайлов О.П. Электротехника. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 400 с.

РОСТ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО АЛМАЗА НА КРЕМНИИ И МОЛИБДЕНЕ В ПЛАЗМЕ АНОМАЛЬНОГО ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

Кованцев А. С.[1,2], Спицын Б. В.
Научный руководитель: Власов В. А., д.т.н., профессор
1.Томский политехнический университет, 634050, Россия, .г.Томск, пр. Ленина, 30
2. Сибирский физико – технический институт ТГУ, 634050, Россия, г. Томск, пл. Новособорная 1
E-mail: Alex.Kovancev@gmail.com

Научно – технический прогресс напрямую зависит от степени изучения физико – химических свойств новых материалов и освоения высокоэффективных методов их получения. Направления развития конкретных прогрессивных технологий в свою очередь предъявляют требования к перспективным материалам, которые должны обладать сочетанием определенных физических и химических свойств.

На сегодняшний день разработка новых материалов является одной из главных задач современной науки. Для решения этой задачи существует несколько путей:

-Создание материалов и веществ не встречающихся в природе;

-Модификация природных материалов;

-Синтез уникальных природных материалов.

Данная работа посвящена искусственному получению алмазных покрытий (АП) и тонких пленок.

Алмазные пленки (АП) привлекают к себе большое внимание благодаря таким уникальным свойствам[1,2] как: сверхвысокая твердость, низкие коэффициенты термического расширения и трения, высокая теплопроводность (в 5 раз выше, чем у меди и серебра при комнатной температуре), прозрачность в широком спектральном диапазоне электромагнитного излучения (от рентгеновского до инфракрасного, за исключением ультрафиолетовой части спектра), высокая подвижность носителей заряда, большая ширина запрещенной зоны, возможность получения полупроводникового алмаза, высокий порог электрического пробоя, стойкость к большим экспозициям ядерной радиации и потокам высокоэнергетических частиц, химическая инертность.

Несмотря на столь очевидные достоинства, широкое применение алмаза долгое время сдерживалось отсутствием надежного и экономичного источника материала требуемого качества. Новые перспективы применения поликристаллического алмаза появились в результате разработки процессов его синтеза при низких давлениях из газовой фазы (chemical vapor deposition, CVD). Получение алмазных пленок на алмазной подложке путем термической активации углеводородной среды впервые осуществлено Б.В. Дерягиным и Б.В. Спицыным (Институт физической химии, г. Москва) еще в середине 50-х годов 20 века. Однако, значительный интерес к этой тематике возник лишь к началу 80-х годов, когда были достигнуты достаточно высокие скорости осаждения алмазных пленок (свыше 10 мкм/ч) на инородной (не алмазной подложке) путем плазменной активации газовой смеси, состоящей из 1– 2% CH4 и H2.

В данной работе, осаждение алмазной пленки проводилось в плазме аномального тлеющего разряда постоянного тока. В качестве рабочего газа используется метан – водородная смесь.

В ходе работы были получены алмазные пленки толщиной 300 – 350 мкм на подложках из молибдена и кремния.

На рисунке 1 представлена подложка из молибдена покрытая кристаллами алмаза. Алмазная фаза представлена кристаллами размером от 20 мкм до 300 (несколько самых крупных кристаллов).

Неоднородность кристаллообразования на поверхности подложки обусловлена температурной неоднородностью зависящей от недоработки электродной системы и неравномерностью толщины материала.

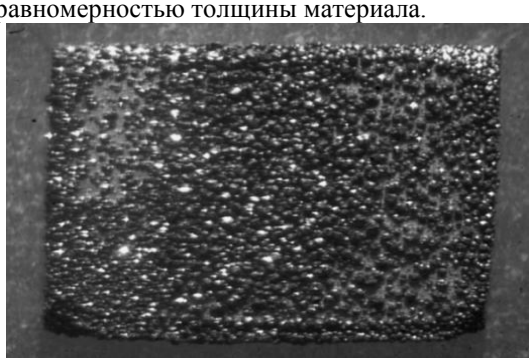


Рис. 1. Подложка молибдена 7х7 мм.

В ходе работы велась отработка режима роста микрокристаллов алмаза. Параметры работы приведены в таблице 1.

t, час	P, торр	T,°C	U, В	I,А
1	300	950	600	1,2
2	320	1060	600	1,2
3 – 4	320	1010	750	1,2
5 - 6	320	915	760	1,4

Табл. 1.Основные параметры процесса.

На рисунках 2 -а,- б,- в представлен образец из кремния, размером 12 х 12 мм, покрытая кристаллами алмаза. Предварительно поверхность подложки была обработана порошком ультрадисперсного детонационного алмаза, для ускорения зародышеобразования [3]. Алмазная фаза представлена кристаллами размером от нескольких нанометров до ~200 мкм (несколько самых крупных кристаллов). Так же в ходе эксперимента наблюдалось появление «Голиафа». «Голиаф» - особо крупный кристалл в сравнении с общей морфологией пленки.



Рис. 2-а. Периферия подложки.

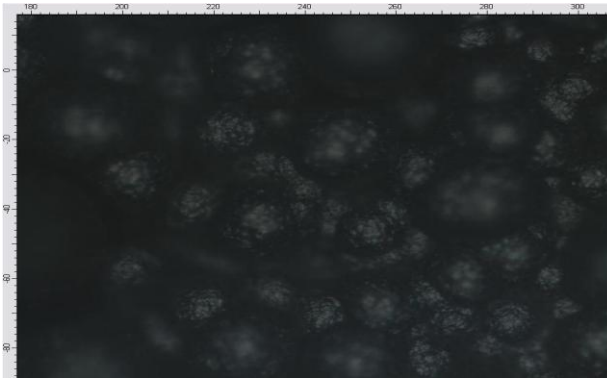


Рис. 2-б. Центральная часть подложки.

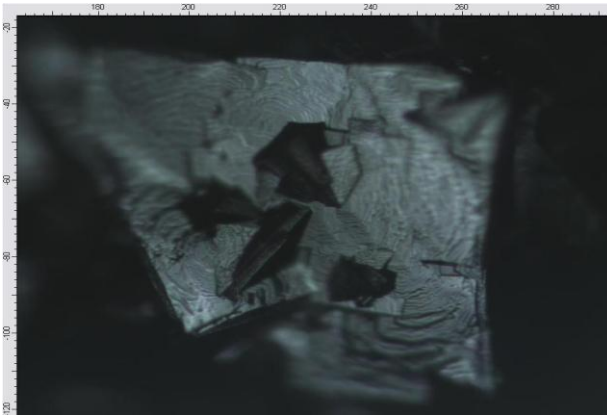


Рис. 2-в. Кристалл «Голиаф». Максимальный размер ~500 мкм.

t, час	P, торр	T,°C	U, B	I,A
1	280	850	800	1,2
2	280	800	880	1,2
3 – 4	280	750	920	1,4
5 - 9	280	750	960	1,4

В результате работ была достигнута скорость роста алмазной пленки ~ 100 мкм час, при рабочем давлении в реакционной камере 280 – 320 Торр. Результаты экспериментов показали, что морфология пленки зависит от температуры подложки, при прочих равных условиях. В зоне более высокой температуры на поверхности подложки образуются более крупные кристаллы, но с меньшей адгезией к поверхности.

Дальнейшие исследования направлены на синтез алмазной пленки в газоразрядной плазме под действием структурирующих электромагнитных полей, основанных на моделировании по принципам эллиптической геометрии Римана[4].

Список литературы

1. Ральченко В.Г., Савельев А.В. и др. Двухслойные теплоотводящие диэлектрические подложки алмаз-нитрид алюминия. – Микроэлектроника, 2006, т.35, №4, с.243.

2. Стрельницкий В.Е., Аксенов И.И. Пленки алмазоподобного углерода. – Харьков.: ИПП“Контраст”, 2006. – 344 с.

3. И. И. Выровец, В. И. Грицына, О. А. Опалев, Е. Н. Решетняк, В. Е. Стрельницкий. Использование микро – и нанодисперсного алмаза для осаждения поликристаллических алмазных пленок в тлеющем разряде. – Харьков.: ФИП, 2007, т. 5, № 1-2, с. 87 – 93.

4. Stanislav Rudnev, Boris Semukhin, Andrey Klishin. Geometrical Modeling of Crystal Structures with Use of Space of Elliptic Riemannian Geometry. – Materials Sciences and Applications, Vol. 2, № 6, June 2011. p. 526 – 536.

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ И ОТЖИГА НА СВОЙСТВА ЦИРКОНИЕВОГО СПЛАВА ZR1NB

Кривошеина В.В., Кудияров В.Н.
Научный руководитель: Пушилина Н.С., к.ф-м.н.
Национальный Исследовательский Томский Политехнический университет
Sunny_day@sibmail.com

Введение

Циркониевые сплавы обладают рядом важных физико-механических свойств, таких как высокие коррозионные и прочностные свойства, низкое эффективное поперечное сечение поглощения тепловых нейтронов. Эти свойства дают возможности для применения в различных областях науки и техники [1].

В процессе эксплуатации изделия из циркония активных зон водоохлаждаемых энергетических атомных реакторов подвергаются коррозии в теплоносителе (наводороживанию). Поглощенный водород, выделяясь в виде хрупкой гидридной фазы, резко ухудшает механические свойства конструкционных материалов (водородное охрупчивание). Исключить проникновение водорода в материалы не удается из-за большого содержания водорода в атмосфере и водной среде, а также по техническим условиям эксплуатации материалов [2].

Одним из путей решения проблемы проникновения водорода в металлы является создание защитных покрытий на поверхности материала. Перспективными методами модификации поверхности является использование концентрированных потоков энергии, в частности, импульсных электронных пучков (ИЭП). При таком воздействии создаются условия для образования аморфных, нано- и субмикрокристаллических структур, что может приводить к улучшению физико-механических свойств материала [3].

В работе [4], установлено, что влияние облучения ИЭП на микроструктуру циркониевого сплава, приводит к образованию мартенситной структуры в поверхностном слое циркония.

Мартенсит имеет высокие внутренние напряжения. Также однофазное α-состояние может быть использовано как исходное при создании оптимального структурно-фазового состояния сплава Zr-1Nb путем проведения последующего термической обработки. Поэтому большой интерес представляют результаты исследований влияния облучения ИЭП и отжига на свойства циркониевого сплава.

1. Материал и методы исследования

Облучение образцов осуществлялось на установке ИСЭ СО РАН, при плотности энергии 18 Дж/см^2, каждый образец облучали тремя импульсами по 50 мкс. Отжиг проводился на установке Gas Reaction Controller в течение 3 часов при температуре 580 °С. Абсолютная концентрация водорода на анализаторе RHEN 602 фирмы Leco. Микротвердость изучалась с помощью микротвердомера ПМТ-3М.

2. Структура и свойства после обработки

В таблице 1 приведены результаты рентгеноструктурного анализа образцов сплава Zr-1Nb до и после обработки.

По результатам РСА видно, что после облучения ИЭП сплава происходит уменьшение параметров кристаллической решетки и наблюдается рост внутренних напряжений.

Отжиг исходных образцов приводит к уменьшению параметров решетки, и значительному уменьшению внутренних напряжений по сравнению с образцами, облученными ИЭП. Отжиг облученных образцов приводит к еще большему снижению внутренних напряжений (таблица 2).

Таблица 2. РСА образцов до и после ИЭП и отжига

Образец	Фаза	Содержание, об. %	Параметры решетки, Å	Δd/d* 10^{-3}
Zr1Nb	Zr	100	a = 3,2357 c = 5,1471	0,3
Zr1Nb+ ИЭП	Zr	99,5	a = 3,2262 c = 5,1376	1,3
	Nb	0,5		
Zr1Nb+ Отжиг	Zr	99,78	a = 3,2304 c = 5,1439	0,5
	Nb	0,22	a = 3,3249	
Zr1Nb+ ИЭП+ Отжиг	Zr	99,34	a = 3.2280 c = 5.1469	0,07
	Nb	0,66	a = 3,2450	

Результаты измерения микротвердости сплава Zr-1Nb после обработки представлены на рисунке 1.

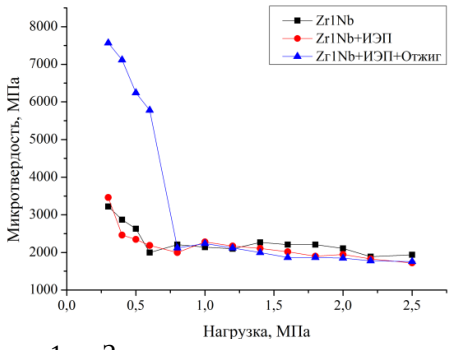


Рис. 1. Зависимость микротвердости от нагрузки, приложенной к индентору

Методом микроиндентирования установлено, что микротвердость исходного материала составляет ~ 2 – 2,5 МПа. Обработка ИЭП привела к образованию на поверхности слоя с повышенной микротвердостью. Увеличение микротвердости обусловлено, структурно-фазовыми изменениями в поверхностных слоях материала путем высокоскоростного нагрева до температур плавления и охлаждения в процессе облучения ИЭП. Образование мелкодисперсного мартенсита и вызванные им внутренние напряжения в цирконievом сплаве вносят наибольший вклад в упрочнение [4].

Отжиг облученных образцов привел к увеличению микротвердости сплава Zr-1Nb в более чем в 4 раза.

3. Поглощение водорода цирконievым сплавом

Скорость сорбции водорода определялась дифференцированием кинетических кривых давления в измерительной камере на линейном участке и рассчитывалась по формуле [1]:

$$q = \left(\frac{V}{t \cdot S}\right) ln\left(\frac{p}{p_0}\right)$$

где V – объем измерительной камеры (2 см^3); t – время, S – эффективная площадь поверхности; p_0 и p – начальное и конечное давление водорода в измерительной камере.

На рисунке 2 представлена зависимость давления в камере от времени при насыщении из газовой среды образцов сплава Zr-1Nb.

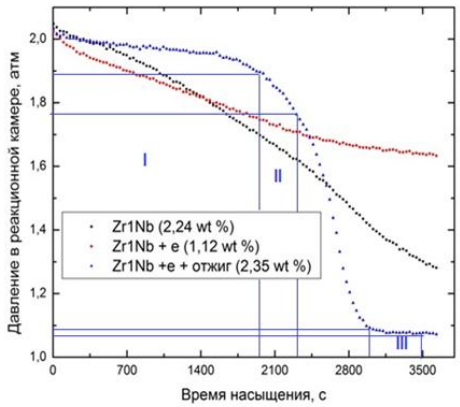


Рис. 2. Зависимость давления водорода в камере от времени насыщении образцов сплава циркония из газовой фазы.

Для времени насыщения *t* менее 2000 *c* зависимости «давление водорода в камере от времени» являются линейными. При этом наиболее интенсивно поглощает водород исходный образец. Увеличение времнени насыщения существенно сказывается на процессе сорбции водорода образцом, облученным ИЭП и отожженным. Для времени насыщения *t* > 2200 давление в камере резко уменьшается, что свидетельствует об увеличении скорости сорбции водорода материалом. При *t* > 2850 процесс выходит на насыщение.

Для расчета скорости поглощения водорода образцами после воздействия ИЭП и наводороживания кривая сорбции была разделена на прямолинейные участки (рис.1). Результаты расчета скорости сорбции водорода в сплаве Zr-1Nb приведены в таблице 1.

Таблица 1. Скорость сорбции водорода в цирконievом сплаве

Температура, К	Скорость сорбции водорода × 10^{-4} см^3 Н^2/(с·см^2)			
	Исходный	ИЭП	ИЭП+отжиг	
773	2,6	1,2	I	0,1
			II	3,8
			III	0,9

Как показали расчеты, при времени наводороживания *t* < 2000 наибольшей скоростью сорбции обладают исходные образцы (табл. 1). Но различие между значениями *q* для исходных, облученных ИЭП, отожженных образцов не столь существенно. С увеличением времени насыщения до 3600 *c*, скорость сорбции исходным материалом возрастает почти в 20 раз, облученным – чуть более 10 раз. После ИЭП и отжига наблюдается сложная зависимость изменения скорости сорбции. В этом случае, максимальная скорость поглощения соответствует промежутку времени 2200< *t* <2900 *c*.

Заключение

Обработка импульсным электронным пучком и последующий отжиг цирконievого сплава приводит к увеличению твердости (~ 4 раза). При этом такая обработка позволяет снизить внутренние напряжения в материале. Импульсное электронное воздействие и отжиг сплава Zr-1Nb меняет кинетику поглощения водорода. На кривых поглощения для образцов можно выделить несколько стадий, имеющих различную скорость сорбции.

Список использованных источников

1. Кинетика проникновения водорода через твэльные оболочки из сплава Zr-1%Nb/ Г.П. Глазунов, В.М. Ажажа, Д.И. Барон и др.//вопросы атомной науки и техники. 2009.-№ 4-2-С.198–201.

2. Ivanova S.V.. Effect of hydrogen on zirconium alloys use 3d for core parts of VVÉR and RBMK reactors// Metal Science and Heat Treatment.– 2002.–V. 44.

3. Иванов Ю.Ф., Целлермаер И.Б., Ротштейн В.П., Громов В.Е. Электронно-пучковая модификация закаленной стали // Физическая мезомеханика. – 2006. – Т. 9. – № 5. – С. 107 – 114

4. Чернов И. П. , Иванова С. В. , Крёнинг Х. В. и др. Свойства и структурное состояние слоя цирконievого сплава, модифицированного импульсным электронным пучком и насыщенного водородом // Журнал технической физики. - 2012 - Т. 82, Вып. 3 - С. 81-87

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ*

А.В. Азин, Н.Н. Марицкий, С.А. Пономарев
Научный руководитель: С.В. Пономарев, к.ф.-м. н., зав.лабораторией
НИИПММ ТГУ, 634050, Россия, г.Томск, пр.Ленина 36/10
E-mail: evilelf_84@mail.ru

* - Работа выполнена в рамках реализации постановления Правительства РФ от 09.04.2010г. № 218, контракт №13.G25.31.0017.

В работе исследуются механические характеристики материалов, применяемых в современных радиоэлектронных приборах, работоспособность которых обеспечивает надежность и долговечность активного существования космических аппаратов.

Показана методика применения акустической эмиссии (АЭ) – позволяющая отслеживать появление дефектов реальном времени.

Актуальность работы связана с использованием в изделиях радиоэлектронной промышленности материалов, свойства которых исследованы не в полном объеме.

Введение

Конструктивные элементы электронных сборок подвергаются механическим нагрузкам. Для оценки прочности необходимы характеристики составляющих материалов.

В статье приведены результаты испытаний образцов припоя ПОС-61, как наиболее широко применяемого. Включены вопросы определения параметров низкотемпературной керамики (НТК), применяемой в интегральных схемах.

Затронуты вопросы прогнозирования разрушения элементов конструкций. Приведена разработка методики применения АЭ.

Новизна данной работы заключается в:

- исследовании характеристик мало изученных ранее материалов,;
- уточнении параметров, ранее полученных математических соотношений, позволяющих прогнозировать долговечность элементов;
- разработке методики применения АЭ при разрушающих испытаниях.

Определение характеристик исследуемых материалов

В работе используются образцы ПОС-61 и DuPont GreenTape 951.

Требовалось проверить упругие параметры (модуль Юнга, прочность на растяжение и изгиб, коэффициент Пуассона) материалов, провести исследования циклической долговечности.

Статические испытания ПОС-61

Из экспериментов по одноосному растяжению образцов получены результаты: модуль упругости E=12,1 ГПа и $\sigma_в$=51,33 МПа. Результаты показали рост данных характеристик в зависимости от скорости нагружения, что свидетельствует о проявлении вязкоупругих свойств материала.

Статические испытания НКТ

Для НТК получены пределы прочности на сжатие ($\sigma_{сж}$= 1,15 ГПа) и изгиб ($\sigma_и$= 173,1 МПа).

Модуль упругости рассчитывался из: сжатия, используя закон Гука, (E=9,155ГПа); из изгиба, используя решение[1] (E=8,97ГПа). Для определения коэффициента Пуассона образцы сжимались до определенных значений, контроль велся по деформациям. При заданных продольных деформациях ($\varepsilon_{прод}$) измерялись величины поперечных деформаций ($\varepsilon_{попер}$) и определялся коэффициент Пуассона по формуле: $\nu = \varepsilon_{попер}/\varepsilon_{прод}$, = 0,24, это значение характерно для керамических материалов.

Циклические испытания ПОС-61

Методика проведения испытаний: образец испытывался циклическим симметричным нагружением с постоянной амплитудой перемещения. Построена зависимость количества циклов от величины деформации образца. Для определения параметров модели длительной прочности использовалось соотношение [2]: $N^m \Delta\varepsilon = C_N$, где N - количество циклов при данной деформации, Δε - размах деформации, C_N и m- параметры модели.

Согласование результатов представлено на рис.1. Зависимость спрогнозировать долговечность материала при малоцикловой усталости без учета скорости нагружения и при постоянной температуре.

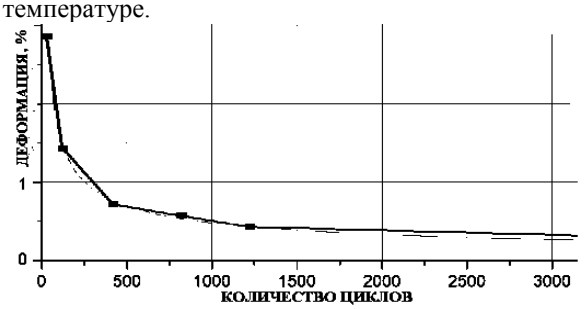


Рис. 1. Результаты циклических испытаний ПОС-61 и предложенной математической модели.

Циклические испытания НКТ

Для определения циклической долговечности используется формула: $\Delta\varepsilon=\Delta\varepsilon_p+\Delta\varepsilon_e$,где $\Delta\varepsilon_p$ – размах пластической деформации, $\Delta\varepsilon_e$ – размах упругой деформации. Пластические деформации считаем пренебрежимо малыми из-за хрупкости материала. Используя формулу Коффина-Менсона, получим, что при размахе деформации равном ε_b, $\Delta\varepsilon= \varepsilon_b/2^{1/2}$.

При выборе связи размаха упругой деформации $\Delta\varepsilon_e = \Delta\sigma/E$ с долговечностью степенной ($\Delta\varepsilon_e * N^{\beta} = C$) или экспоненциальной зависимостью ($\Delta\varepsilon = C*\exp[-\beta*N]$) получаем:

$$F = (\varepsilon_b ES/2^{3/2}) * (N/10^5)^{\beta} \quad (1)$$

или $$F = (\varepsilon_b ES/2^{3/2}) * \exp[-\beta(N-1)/10^5], \quad (2)$$

где ε_b – деформация, соответствующая пределу текучести, E – модуль упругости материала, S – площадь поперечного сечения образца, N – количество циклов, β – характеристика материала, F –сила, соответствующая циклической долговечности для N циклов. Постоянная может быть определена, если известен малоцикловый предел усталости σ_{-1}, определенный на базе 10^5 циклов.

Параметр β определялся аналитически из экспериментов по циклическому нагружению. Графики зависимостей и экспериментальная кривая циклической прочности представлена на рис. 2. На рисунке видно согласование экспериментальных и расчетных данных, что подтверждает применимость эмпирической формулы (2) для оценки циклической долговечности данного материала.

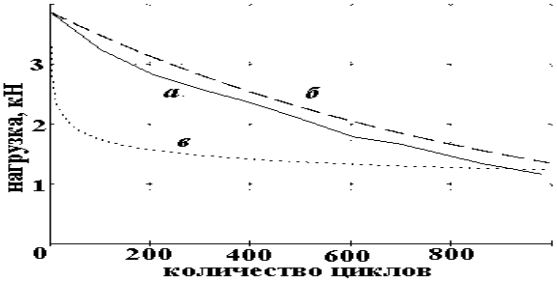


Рис. 2. Экспериментальная кривая (*а*), степенная (*в*) и экспоненциальная (*б*) зависимости циклической прочности керамики.

Применение АЭ для прогнозирования разрушения

Основные методы неразрушающего контроля ограничены по применению из-за своей материальной базы [3, 4]. При исследовании печатных плат важно отслеживать появление неисправности в реальном времени.

Акустическая эмиссия - эффективное средство неразрушающего контроля и оценки материалов, основанное на обнаружении упругих волн. Основные особенности метода акустического контроля:

- Обнаружение дефектов по степени их опасности.
- Высокая чувствительность к растущим дефектам.
- Ориентация и положение объекта не влияет на локализацию дефектов.

Новизна работы заключается в разработке методики использования АЭ при механических испытаниях электронных модулей и конструктивных материалов.

Образец растягивается с постоянной скоростью. При помощи установки АЭ Micro2 digital AE [5] system регистрируются появление и местоположения образующихся дефектов. (рис. 3).

Контроль разрушения образца осуществляется с помощью системы VIC-3D [6], позволяющей определить поле деформаций образца (рис. 3).

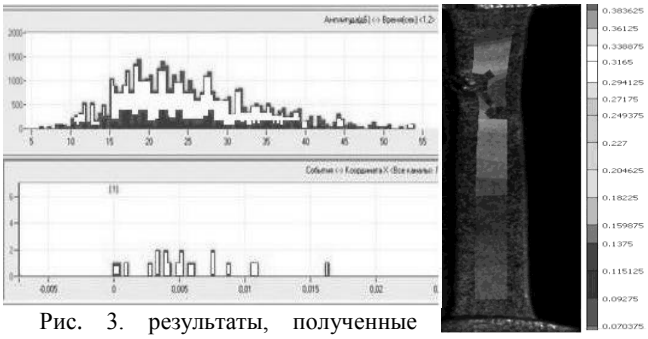


Рис. 3. результаты, полученные методом АЭ и системы VIC-3D при статическом испытании

Как видно из рисунка 3, данные аппаратуры АЭ и оптической системы VIC-3D, хорошо согласуются между собой. Для данных материалов, получены результаты применения АЭ при циклических испытаниях. На основе их возможно определение места разрушения образца заранее (2/3 от общего времени эксперимента, разрушение произошло близко к центру образца - максимальные пики - рис.4).

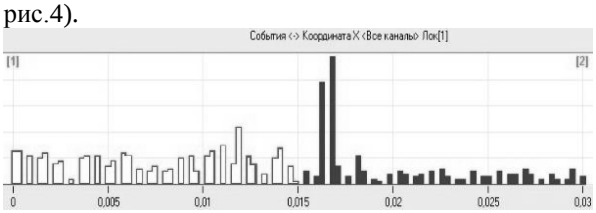


Рис. 4. результаты работы АЭ при циклическом испытании.`

Заключение.

Определены упругие параметры исследуемых материалов для аналитических зависимостей долговечности.

Согласование экспериментальных данных и результатов применения АЭ подтверждают возможность применения АЭ для прогнозирования разрушения материалов

Список литературы:

1. Азин А.В., Марицкий Н.Н., Пономарев С.А., Пономарев С.В, Сунцов С.Б. разработка экспериментально-теоретического метода прогнозирования разрушения материалов для радиоэлектроники // Известия вузов. Физика. 2012,т. 55, №7/2, с.3-9.
2. В.В. Москвитин. Циклические нагружения элементов конструкций. - М.: Наука, 1981.-344 с.
3. Азин А.В., Марицкий Н.Н., Пономарев С.А., Пономарев С.В. Обзор методов обнаружения механических дефектов радиоэлектронных модулей // Известия вузов. Физика. 2010, №12/2, с.3-9.
4. URL: http://www.roscosmos.ru/main.php?id=2&nid=18647
5. Разработчик и производитель аппаратуры АЭ URL: http://www.pacndt.com/

УКРУПНЕНИЕ ВАКАНСИОННЫХ ПОР ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УДАРНЫХ ВОЛН

Маркидонов А.В.
Новокузнецкий филиал Томского политехнического университета,
654066, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, пр. Дружбы, 39
E-mail: markidonov_artem@mail.ru

Известно, что воздействие концентрированных потоков энергии при корпускулярном или лазерном излучении на кристаллические структуры приводит к образованию точечных дефектов, при этом их концентрация может значительно превосходить равновесную концентрацию. Основным механизмом релаксации метастабильных ансамблей таких дефектов является нуклеация и кластеризация, и, в частности, образование пор из пересыщенного раствора вакансий. Образование пор может приводить к изменению механических свойств материала, а также его объема. Поэтому изучение процессов образования и эволюции кластеров точечных дефектов является актуальным.

Заключительной стадией диффузионной эволюции ансамбля вакансионных пор является созревание или коалесценция, движущей силой которой является стремление к уменьшению свободной поверхности пор. Физический механизм, лежащий в основе данного процесса, представляет собой термоактивированное испарение вакансий порами, при этом мелкие поры испаряются интенсивнее, чем крупные, и в итоге растворяются. При более низких температурах предлагается радиационно-индуцированный механизм [1], согласно которому коалесценция является следствием предпочтения поглощения порами собственных межузельных атомов, а не отдельных вакансий, за счет более сильного упругого взаимодействия. Мелкие поры поглощают межузельные атомы интенсивнее и в результате этого растворяются, а большие поры поглощают избыток вакансий и растут.

Воздействие концентрированных потоков энергии также может приводить к формированию ударных волн, получивших название послекаскадных [2]. Их возникновение обусловлено различием между временем термализации атомных колебаний в некоторой конечной области и временем отвода из нее тепла. В результате резкого расширения сильно разогретой области формируется почти сферическая ударная волна. Распространение ударных послекаскадных волн может приводить к ряду интересных эффектов: течение бездефектного материала с перемешиванием атомов среды, аномальный массоперенос, бездиффузионные процессы, фазовые превращения и т.д.

Целью настоящей работы является исследование влияния ударных и звуковых волн на процессы укрупнения вакансионных пор.

Рассматриваемые в работе явления отличает малый размер исследуемых областей, что затрудняет прямые наблюдения. Поэтому наиболее рациональным видится использование методов компьютерного моделирования. В качестве метода компьютерного моделирования был выбран метод молекулярной динамики, в связи с тем, что он позволяет проводить эксперименты с заданными скоростями атомов и сравнивать динамику исследуемых процессов с реальным временем. Исследование проводилось с помощью пакета МД-моделирования XMD (Molecular Dynamics for Metals and Ceramics) [3]. В качестве потенциальной функции межатомного взаимодействия использовался потенциал Джонсона, рассчитанный в рамках метода погруженного атома. Шаг интегрирования равнялся 5 фс.

Температура расчетной ячейки задавалась путем присвоения атомам случайных скоростей в соответствии с распределением Максвелла-Больцмана для указанной температуры. Моделирование проводилось при постоянной температуре (канонический ансамбль). Для сохранения температуры расчетной ячейки использовался термостат Андерсена.

Моделируемый кристаллит золота имел форму параллелепипеда. Для исключения влияния поверхностных эффектов использовались периодические граничные условия по всем направлениям. Для создания поры в кристаллической структуре задавалась сфера с некоторым радиусом. Затем центр сферы совмещался с одним из узлов решетки, и удалялись все атомы, попадающие в эту сферу. Волны создавались путем присвоения атомам, расположенным на границе расчетной ячейки, скорости вдоль направления <110>.

Для начала рассмотрим процесс слияния двух вакансионных пор равного размера. Для этого в кристаллической решетке создадим две поры, состоящие из 38 вакансий, таким образом, чтобы они имели общее ребро. Оговорим, что речь идет не о сферах, а о тетрадекаэдрах. Данные конфигурации вакансий остаются стабильными, вплоть до температуры $0.45 \cdot T_{пл}$. При более высоких температурах наблюдается перестройка пор в единый комплекс, представляющий собой недостроенный тетраэдр дефектов упаковки. Как правило, в нашем случае нарушение симметрии тетраэдра заключалось в неполном построении одного из ребер или в отсутствии идеальности одной из вершин.

Для изучения влияния волн, распространяющихся в кристалле, на процесс слияния вакансионных пор интерес представляют температуры, при которых не происходит самопроизвольная перестройка пор. Поэтому будем задавать начальную температуру кристалла, равную 300 К.

Рассмотрим волны, которые создаются при сообщении граничным атомам кристаллита скорости, равной скорости звуковых волн в золоте. Исследование показало, что большое значение на процессы структурной перестройки оказывает величина временных интервалов, через которые генерируются волны. Для того чтобы вызвать структурные перестройки вакансионных пор при низких температурах, временной интервал генерации волн должен быть относительно малым.

Данные трансформации происходят из-за того, что волна выводит атомы, образующие поверхность поры, из равновесных состояний. Каждая последующая волна еще больше нарушает некогда равновесную систему, в результате начинается перестройка в энергетически более выгодную конфигурацию. Очевидно, что большее количество волн, в конечном счете, вызовет полную перестройку пор в единый комплекс.

Интерес вызывает воздействие на данные комплексы волн большей интенсивности. Для этого рассмотрим волны, создаваемые путем присвоения граничным атомам расчетной ячейки скорости, в два раза превышающей скорость звуковых волн. Будем считать данные волны ударными. Исследование показало, что воздействие таких волн на сдвоенные поры приводит к образованию сдвоенных тетраэдров упаковки. При этом для образования тетраэдров временные интервалы между генерацией волн должны быть относительно большими. Это связано с тем, что ударные волны приводят к частичному разрушению пор, и в том случае, если между отдельными волнами проходит значительное количество шагов компьютерного эксперимента, только тогда вакансии успевают образовать тетраэдры, которые остаются стабильными при воздействии ударных волн.

Для влияния волн на процессы коалесценции должен существовать механизм, который бы инициировал рост больших пор за счет малых. Ранее уже был предложен механизм роста малых вакансионных скоплений за счет увлечения волнами отдельных вакансий [4]. Согласно данному исследованию, малые вакансионные скопления, представляющие собой сдвоенный тетраэдр дефектов упаковки, является наиболее устойчивой конфигурацией вакансий при прохождении через кристаллическую структуру ударных волн, при этом волны преодолевают их с минимальными потерями энергии. Чем крупнее вакансионное скопление, тем большим препятствием оно становится для волны. При встрече волн с крупными порами происходит отщепление части вакансий от «родительской» поры, которые в дальнейшем увлекаются последующими волнами. Таким образом, в случае если вблизи от поры будет расположено малое вакансионное скопление, то оно сольется с отщепленными вакансиями.

Проверим данное предположение экспериментально. Вблизи от поры, состоящей из 236 вакансий, расположим комплекс из 4 вакансий. Вакансии расположим с фронтальной стороны поры. Под фронтальной стороной будем понимать ту сторону поры, которая обращена к предполагаемому источнику волн. Компьютерный эксперимент показал, что в результате прохождения ударных волн действительно наблюдается захват порой малого вакансионного скопления. Таким образом, можно предположить, что если источники волн располагаются в кристалле произвольно, то с течением времени все малые вакансионые скопления должны быть поглощены порой.

Проведенное исследование показало возможность инициации процессов укрупнения вакансионных пор упругими волнами при температурах, недостаточных для начала, так называемой, тепло-индуцированной колесценции.

Развиваемые положения могут найти свое применение, как в радиационном материаловедении, так и при прогнозировании поведения материалов, эксплуатируемых в экстремальных условиях.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-02-31135 мол_а

Литература

1. Дубинко В.И., Остапчук П.Н., Слезов В.В. Теория диффузионной эволюции ансамбля пор в кристаллах под облучением // Физика металлов и металловедение. 1988. Т. 65. №1. С. 32 – 43.
2. Овчинников В.В. Радиационно-динамические эффекты. Возможности формирования уникальных структурных состояний и свойств конденсированных сред // Успехи физических наук. 2008. Т.178. №9. С.991-1001.
3. XMD – Molecular Dynamics for Metals and Ceramics // [Electronic resource]. Mode of access : http://xmd.sourceforge.net/about.html.
4. Маркидонов А.В., Старостенков М.Д., Обидина О.В. Агрегатизация вакансий, инициированная послекаскадными ударными волнами // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2012. Т.9. №4. С.548-555.

РАСТВОРЕНИЕ ВАКАНСИОННЫХ ПОР ВБЛИЗИ ПОВЕРХНОСТИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УДАРНЫХ ВОЛН

Маркидонов А.В.
Новокузнецкий филиал Томского политехнического университета,
654066, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, пр. Дружбы, 39
E-mail: markidonov_artem@mail.ru

Облучение различных материалов ионными и плазменными потоками активно применяется с целью модификации и улучшения свойств поверхностного слоя, вызывая при этом в нем различные изменения: фазовые, структурные, физические, механические, химические и т.д. Модификация поверхности может достигаться как за счет непосредственного ионного или плазменного воздействия, так и за счет инициируемых ими явлений, таких как ионно-индуцированные напряжения, дислокационная подвижность, рекристаллизация, изменение состава приповерхностных слоев [1] и т.д.

Образующиеся при таком высокоэнергетическом воздействии дефекты кристаллической решетки могут приводить к ряду нежелательных явлений, одним из которых является распухание материала. При распухании в объеме тела образуются поры, как результат распада системы избыточных вакансий, образованных при облучении материала. Движущей силой дальнейшей диффузионной эволюции вакансионных пор является стремление к уменьшению свободной поверхности. При этом различают две тенденции: коалесценция пор с уменьшением их общей поверхности при неизменном объеме, когда пикнометрическая плотность остается постоянной («внутреннее» спекание), и залечивание отдельных пор с увеличением пикнометрической плотности («внешнее» спекание) [2]. Вторая тенденция особенно ярко проявляется при расположении поры вблизи поверхности кристалла. В данном случае при длительном отжиге при постоянной температуре наблюдается повакансионное «испарение» поры.

Воздействие концентрированных потоков энергии также может приводить к формированию ударных волн, получивших название послекаскадных [3]. Их возникновение обусловлено различием между временем термализации атомных колебаний в некоторой конечной области и временем отвода из нее тепла. В результате резкого расширения сильно разогретой области формируется почти сферическая ударная волна. Распространение ударных послекаскадных волн может приводить к ряду интересных эффектов: течение бездефектного материала с перемешиванием атомов среды, аномальный массоперенос, бездиффузионные процессы, фазовые превращения и т.д.

Целью настоящей работы является исследование влияния ударных и звуковых волн на процессы структурных изменений вакансионных пор вблизи поверхности.

Рассматриваемые в работе явления отличает малый размер исследуемых областей, что затрудняет прямые наблюдения. Поэтому наиболее рациональным видится использование методов компьютерного моделирования. В качестве метода компьютерного моделирования был выбран метод молекулярной динамики, в связи с тем, что он позволяет проводить эксперименты с заданными скоростями атомов и сравнивать динамику исследуемых процессов с реальным временем. Исследование проводилось с помощью пакета МД-моделирования XMD (Molecular Dynamics for Metals and Ceramics) [4]. В качестве потенциальной функции межатомного взаимодействия использовался потенциал Джонсона, рассчитанный в рамках метода погруженного атома. Шаг интегрирования равнялся 5 фс.

Температура расчетной ячейки задавалась путем присвоения атомам случайных скоростей в соответствии с распределением Максвелла-Больцмана для указанной температуры. Моделирование проводилось при постоянной температуре (канонический ансамбль). Для сохранения температуры расчетной ячейки использовался термостат Андерсена.

Моделируемый кристаллит золота имел форму параллелепипеда. В зависимости от проводимого эксперимента вдоль одного из направлений задавались свободные граничные условия, а вдоль остальных – периодические.

Для создания поры в кристаллической структуре задавалась сфера с некоторым радиусом. Затем центр сферы совмещался с одним из узлов решетки, и удалялись все атомы, попадающие в эту сферу. После удаления атомов осуществлялась структурная релаксация расчетной ячейки до прихода системы в состояние с минимальной энергией.

Волны создавались путем присвоения атомам, расположенным на границе расчетной ячейки, скорости вдоль направления <110>.

При исследовании твердого тела со свободной поверхностью основной характеристикой является поверхностная энергия, которая важна для определения энергии адгезии. Определим поверхностную энергию для нашей модели как избыток потенциальной энергии при использовании свободных граничных условий, приходящийся на площадь поверхности. Расчеты будем проводить при свободных граничных условиях вдоль направления <111>. Результаты вычислений приведены в таблице 1.

Таблица 1

Расчетная величина поверхностной энергии

T, K	σ, мДж/м^2	
	Полученные значения	Литературные данные [5]
1243	1192	1450 ± 80
1250	1198	1450 ± 20
1270	1211	1354 ± 50

Полученные значения можно считать удовлетворительными, следовательно, используемая модель применима для данных экспериментов. Расхождение в значениях можно объяснить тем, что в литературных источниках поверхностная энергия рассчитывалась для макрокристаллов, а величина данной характеристики падает с уменьшением размеров кристалла [6].

Рассмотрим теперь растворение поры вблизи поверхности. Известно, что данный процесс может протекать по двум механизмам: повакансионое растворение поры и диффузионное течение. Первый механизм реализуется в случае, если размер поры намного меньше расстояния до стока вакансий, а второй – если размер поры превышает данное расстояние [2]. В проводимых нами экспериментах структурные изменения поры начинались при температурах $0.5 \cdot T_{пл}$. Как правило, процесс растворения представлял собой совокупность обоих вышеописанных механизмов.

Рассмотрим теперь влияние волн, возникающих в кристалле в результате радиационного облучения. В проводимых нами экспериментах рассматривались волны, создаваемые путем присвоения атомам скорости, соответствующей скорости звука, а также в два раза большей скорости. Первые волны будем считать звуковыми, а вторые ударные. Исследование показало, что звуковые волны не вызывают растворение поры. Единственное, что удалось инициировать данными волнами, это перестройку поры в тетраэдр дефектов упаковки при температуре, не достаточной для термоактивации данного процесса. Пора в данном случае располагалась на таком расстоянии, при котором влияние поверхности не сказывалось.

Совсем иная картина наблюдалась при генерации в кристалле ударной волны. В результате ее прохождения через пору, наблюдалось отщепление части вакансий от «родительской» поры, и ее последующее растворение. Под воздействием волн пора частично растворялась даже при относительно низких температурах, например 300 К. Наилучший результат удалось достичь при генерации волн через 2000 шагов компьютерного эксперимента.

Компьютерный эксперимент показал, что дробление поры инициирует кооперативные атомные смещения. По-видимому, данные смещения вызваны образованием новой поверхности при отщеплении группы вакансий, что энергетически не выгодно. Большее количество кооперативных атомных смещений, приводящих к растворению поры, возникают именно в тот момент, когда пора находится в промежуточном и нестабильном состоянии – состоянии деления на две составляющие.

Очевидно, что генерация волны должна вызывать повышение температуры расчетной ячейки, но в нашем случае благодаря используемому термостату она колеблется возле заданного значения. Следовательно, процесс растворения поры инициирован именно волной, а не повышающейся температурой. Именно поэтому отсутствует механизм повакансионного «испарения», так как температура расчетной ячейки не достаточна для инициации данного механизма.

Описанные в настоящей работе эксперименты свидетельствуют о том, что процесс растворения вакансионной поры может быть реализован путем генерации в кристаллической структуре ударных волн. При этом растворение может осуществляться даже при температурах, недостаточных для начала термоактивации диффузионного механизма растворения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-02-31135 мол_а

Литература

1. Беграмбеков Л. Б. Эрозия и трансформация поверхности при ионной бомбардировке // Итоги науки и техники. Серия «Пучки заряженных частиц». 1993. Т. 7. С. 4 - 57.
2. Черемской П.Г., Слезов В.В., Бетехтин В.И. Поры в твердом теле. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 376 с.
3. Овчинников В.В. Радиационно-динамические эффекты. Возможности формирования уникальных структурных состояний и свойств конденсированных сред // Успехи физических наук. 2008. Т.178. №9. С.991-1001.
4. XMD – Molecular Dynamics for Metals and Ceramics // [Electronic resource]. Mode of access : http://xmd.sourceforge.net/about.html.
5. Гладких Н.Т., Дукаров С.В., Крышталь А.П., и др. Поверхностные явления и фазовые превращения в конденсированных пленках. – Харьков: ХНУ имени Н.В. Карамзина, 2004. – 276 с.
6. Магомедов М.Н. О зависимости поверхностной энергии от размера и формы нанокристалла // Физика твердого тела. 2004. Т. 46. Вып. 5. С. 924 – 937.

ИЗУЧЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЕМ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТОРФАХ, ГУМИНОВЫХ КИСЛОТАХ И ТОРФООБРАЗУЮЩЕЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Мирошниченко А.В., Кулигина Е.И.
Научный руководитель: Рыжакова Н.К., доцент, к.ф.-м.н.
Томский Политехнический Университет, Ленина,30, Томск, 634050, Россия
E-mail: mir.nastenka.92@mail.ru

В настоящее время существует тенденция использования в медицине и косметологии веществ, имеющих растительное происхождение. Например, из торфа и выделенных из него гуминовых кислот делают БАДы и косметические средства. Эти органические вещества широко используют также в бальнеологии. Однако, химический состав торфов и гуминовых кислот, входящих в состав БАДов, косметических средств, грязей очень сложен и недостаточно изучен. Совершенно не изучены корреляционные зависимости содержания химических элементов в перечисленных объектах растительного происхождения. Изучение соответствующих закономерностей позволит сократить время поиска нужных гуминовых кислот, содержащих эссенциальные (жизненно-необходимые) элементы в значительных количествах.

Цель исследования – изучение влияния торфообразующих растений на содержание химических элементов в торфах и гуминовых кислотах.

Содержание химических элементов в торфах и выделяемых из них гуминовых кислотах во многом зависит от типа торфа, который в свою очередь определяется типом болота, в котором он образуется. Болота, как и торфы, делятся на три типа: низинные, верховые, переходные. Низинные образуются в результате зарастания озера или заболачивания понижений рельефа. Отличительный признак – низинное болото подпитывается грунтовыми водами, а растения из которых формировался торф произрастают на богатых минеральными веществами почвах. Верховые болота отрезаны от грунтовых вод водонепроницаемыми подстилающими слоями и питаются исключительно атмосферными осадками. Низинное болото может постепенно перейти в верховое – по мере накопления осадков на дне оно само себе блокирует доступ к грунтовым водам. Отсюда становится понятным и термин «переходное болото» – промежуточный тип между низинным и верховым [1].

Для изучения содержания химических элементов в зависимости от типа торфа отобрано 4 образца низинного торфа, 4 образца переходного торфа и 2 образца верхового торфа. Из каждого образца торфа выделены гуминовые кислоты. Пробоотбор торфа проводили в районе Васюганского болота.

Для исследования корреляционных зависимостей между содержанием химических элементов в торфах, гуминовых кислотах и торфообразующей растительности в районе болота Кирсановское отобраны 3 образца переходно - низинного торфа на глубинах: 10 - 25 см, 25 - 40 см и 25 - 50 см и 3 вида доминантных растений: осока, зеленый и сфагновый мхи, произраставшие над этим торфом.

Содержание химических элементов во мхах определяли с помощью нейтронно-активационного анализа (НАА) на реакторе ИРТ-Т ТПУ. Этот метод основан на активации исследуемых образцов в потоке нейтронов и последующем измерении спектра вторичного γ-излучения НАА [2].

Отобранные образцы растительного происхождения тщательно измельчали и перемешивали. Далее пробы высушивали и прессовали в таблетки массой 0,1-0,4 г диаметром 1 см и упаковывали в алюминиевую фольгу.

В вертикальном экспериментальном канале реактора пробы облучали в потоке тепловых нейтронов плотностью $5{,}5*10^{13}$ нейтрон/см^2 *с в течение пяти часов. Облученные пробы и образец сравнения (эталон) облучали одновременно. В качестве образцов сравнения (эталонов) использованы стандарты МАГАТЭ – Табак 5 и Табак 6.

Измерение удельных активностей химических элементов в пробах проводили с помощью гамма-спектрометра на основе полупроводникового детектора, время измерения составляло 600 сек. Расчет концентрации производили по формуле:

$$C_{x_i} = \frac{S_{xi} \cdot m_{x\,эт}}{S_{x\,эт} \cdot M_i} \quad \left[\frac{мкг}{г}\right]$$

где S_{xi} – площадь под пиком полного поглощения определяемого элемента *x* в *i*-м образце; $S_{xэт}$ – площадь под пиком полного поглощения данного элемента в образце сравнения; M_i – масса *i*-той пробы; $m_{x\,эт}$ – содержание *x*-го элемента в образце сравнения.

В ходе проведения исследований подготовлено и проанализировано 58 пробы растительного происхождения, из них 9 проб растений, 39 проб торфа и 10 проб гуминовых кислот. В каждой пробе определено содержание 21 химического элемента по долгоживущим изотопам: Sm, Ce, Ca, Lu, Tb, Th, Cr, Yb, Hf, Ba, Sr, Nd, Br, As, Rb, Fe, Zn, Sc, Eu, Sb, Na; погрешность измерений составила 10-15 %.

Результаты и анализ.

Анализ полученных данных показывает, что концентрации химических элементов зависит от типа торфа. Концентрация химических элементов

в низинных торфах значительно выше, чем в верховых (Рис.1,2). Это объясняется более богатым минеральным питанием торфообразующей растительности для низинных торфов.

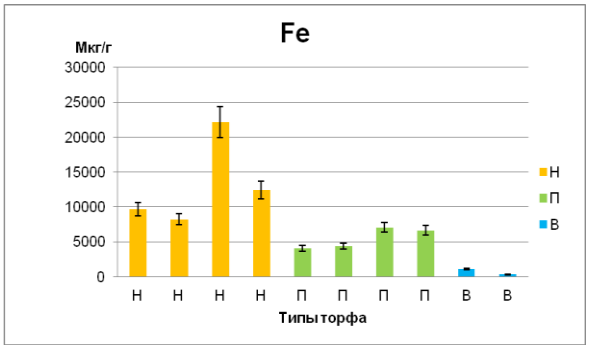


Рис.1 Концентрация Fe в зависимости от типа торфа

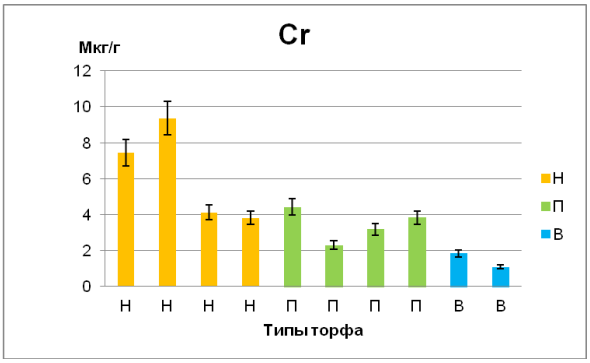


Рис.2 Концентрация Cr в зависимости от типа торфа

Концентрация большинства химических элементов изменяется с глубиной залегания торфа. Какой - либо общей для всех элементов зависимости не обнаружено. Концентрация Cr, Yb, Hf, Sr, Rb, Ta, Eu увеличивается с ростом глубины залегания (Рис.3), концентрация Br, Na, La, Ce, Th, Sc, Fe, напротив, уменьшается. (Рис.4) Концентрация Sm, Ca, Lu, As, Ba, Rb, Zn, Sb в пределах погрешности не зависит от глубины залегания (Рис.5).

Корреляционный анализ, проведенный между содержанием химических элементов в пробах торфообразующей растительности и торфов выявил прямую зависимость для 17-ти элементов: Sm, Lu, As, Br, Na, La, Cr, Yb, Hf, Ba, Ca, Sc, Rb, Fe, Zn,Ta, Sb. Коэффициент корреляции для этих элементов составляет 0,5 и более. В группе торф - гуминовые кислоты установлена значимая корреляционная зависимость между содержанием десяти химических элементов: Lu, As, Br, Cr, Ce, Ba, Ca, Fe, Eu, Hf. Значимость коэффициентов корреляции для этих элементов проверена с помощью коэффициент Стьюдента [3]. Таким образом, по группам торф - гуминовые кислоты и торф – растения обнаружена корреляция между концентрациями семи эссенциальных и условно-эссенциальных элементов: Ca, Na, Cr, Fe, Zn, Br, Rb. Следовательно, по содержанию этих элементов в доминантных растениях, произрастающих на болотах, можно судить о содержании этих элементов в торфах и гуминовых кислотах.

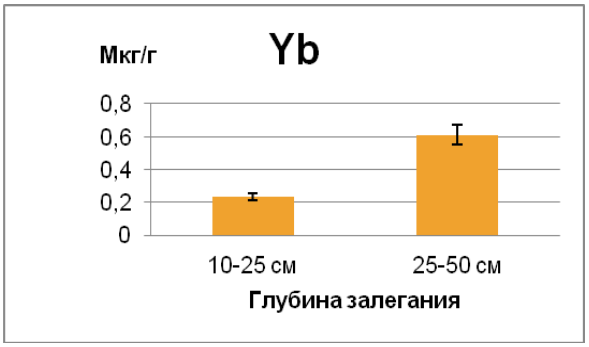


Рис.3 Зависимость концентрации Yb от глубины залегания

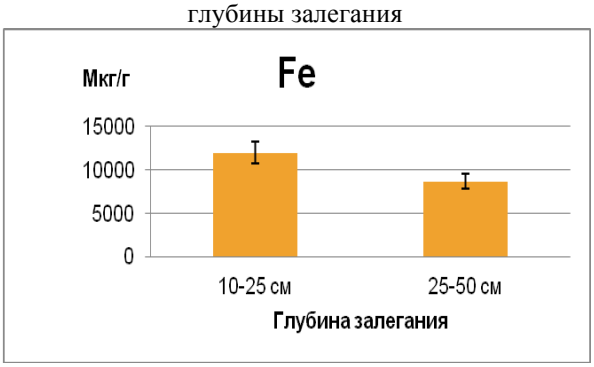


Рис.4 Зависимость концентрации Na от глубины залегания

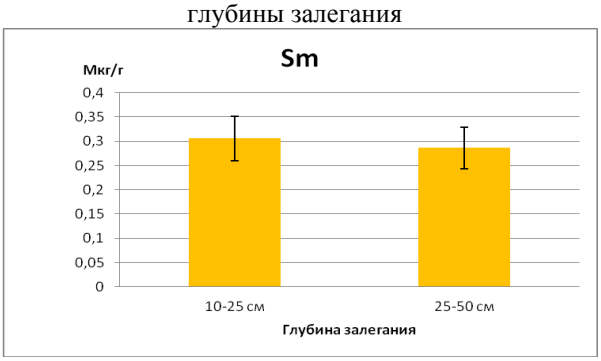


Рис.5 Зависимость концентрации Sm от глубины залегания

Список литературы:

1. Новиков С.М., Батуев В.И.. О реликтовых болотах севера Западной Сибири // Известия РГО. – 2010. –Т.142. – Вып.3. – С.37–43.

2. Твэлов Ю. Нейтронный активационный анализ на исследовательских реакторах. Атомная техника за рубежом, 2002, №6.

3. Венецкий, И.Г. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе / И. Г. Венецкий, В. И. Венецкая. — М.: Статистика, 1974. — 279 с. : ил. — (Математическая статистика для экономистов) . — Библиогр.: с. 271-274.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Назаренко С.Ю.
Научный руководитель: Алейник А.Н., к.ф.-м.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: svetanaz@mail.ru

Введение. При обработке результатов физических экспериментов часто возникают ситуации, когда необходимо убедиться в соответствии экспериментального распределения большого числа измерений закону Гаусса или Пуассона. Такая проверка связана с большим количеством однотипных вычислений, при выполнении которых легко допустить ошибку, приняв неверную гипотезу [1]. На сегодняшний день имеется ряд программных комплексов, которые позволяют провести расчеты, связанные со статистической обработкой результатов, но имеющих некоторые недостатки. Например, для программы Statistika, разработанной и реализованной в среде Delphi, характерно большое время работы и высокий уровень загрузки процессора при вычислениях, связанных с непродуманностью и плохой оптимизацией математического модуля среды Delphi. Кроме того, ввод экспериментальных данных производится с клавиатуры, что приводит к дополнительным ошибкам.

Целью данной работы была разработка кода программы на языке C++, позволяющей провести проверку соответствия экспериментального распределения законам Гаусса или Пуассона.

Статистические распределения Гаусса и Пуассона. Распределение Гаусса является хорошим приближением для описания широкого круга статистических процессов. В ядерной физике оно описывает, например, распределение углов упругого рассеяния при прохождении заряженной частицы через вещество, распределение пробегов тяжёлых заряженных частиц в веществе и т. д. Оно широко используется при анализе погрешностей эксперимента.

При обработке экспериментальной выборки расчет среднего значения $\bar{x}$, дисперсии σ^2 и плотности вероятности нормального распределения измерений $p(x)$ проводились по следующим формулам:

$$\bar{x} = \left(\sum_{i=1}^{N} x_i \right) / N,$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum \left(x_i - \bar{x} \right)^2}{N-1},$$

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot e^{\frac{-(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx,$$

где a – математическое ожидание величины x; N – число измерений.

Наиболее характерным законом распределения дискретных величин, например, числа актов распада радиоактивного источника постоянной интенсивности, является закон Пуассона, в соответствии с которым вероятность $p(k)$ получения k отсчетов в отдельном опыте, если известно среднее число $\bar{k}$ за такое же время, рассчитывается по формуле:

$$p(k) = e^{-\bar{k}} \frac{\bar{k}^k}{k!}.$$

При числе N опытов k отсчетов будет получено в среднем $\bar{n}(k) = N \cdot p(k)$ раз. Дисперсия $\sigma^2 = \bar{k}$.

Статистическая проверка принадлежности наблюдаемой выборки предполагаемому распределению осуществлялась с помощью критерия Пирсона χ^2 [1]:

$$\chi^2 = \sum_{1}^{m} \frac{\left[n(k) - N \cdot p(k) \right]^2}{N \cdot p(k)}.$$

Описание программы. В качестве среды разработки программного продукта была выбрана среда C++Builder 6 [2]. При запуске программы появляется окно исследования законов распределения (рис. 1).

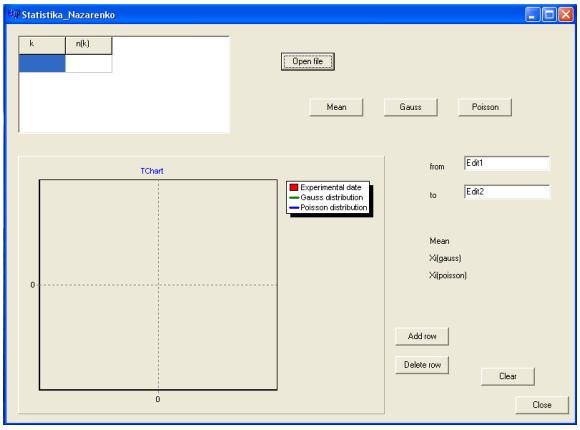


Рис. 1. Вид окна программы для исследования законов распределения

Последовательность импульсов со счетчика записывается в файл. Далее происходит сортировка данной последовательности с последующей записью. Для выполнения расчетов в программу необходимо загрузить файл с помощью нажатия кнопки «Open file». Возможность загружать массив экспериментальных данных из файла упрощает работу пользователя по сравнению с ручным

вводом данных с клавиатуры. Затем, после нажатия кнопки «Mean», вычисляется среднее число событий и строится гистограмма загруженного распределения. Для построения теоретических распределений в полях «from» и «to» необходимо указать диапазон построения распределений. После выполнения всех предыдущих операций нажатием на кнопки «Gauss» и «Poisson» производится расчет теоретического распределения Гаусса и Пуассона соответственно. Упрощенный вариант работы участка программы, выполняющего указанные вычисления, и рисования графика представлен на рис. 2.

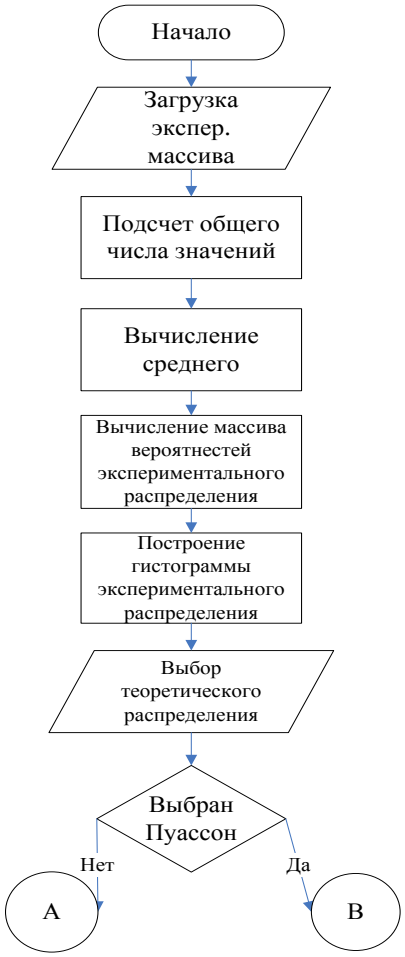


Рис. 2. Блок-схема программы: A – построение теоретического распределения для Гаусса, B – для Пуассона

Совместно с построением графиков теоретического распределения производится расчет χ^2-критерия.

Для проверки работы программы введен массив данных, представленный в таблице 1.

Сравнение с результатами, полученными при выполнении расчетов с помощью программ Statistika и Mathematica, показало, что разработанная программа обладает высокой точностью.

На рис. 3 представлены результаты работы программы.

Таблица 1. Экспериментальный массив для проверки работоспособности программы

Число событий	Число выпадений	Число событий	Число выпадений
2	1	13	73
3	3	14	72
4	5	15	56
5	19	16	62
6	28	17	29
7	47	18	21
8	65	19	20
9	77	20	9
10	88	21	5
11	78	22	4
12	129	23	5

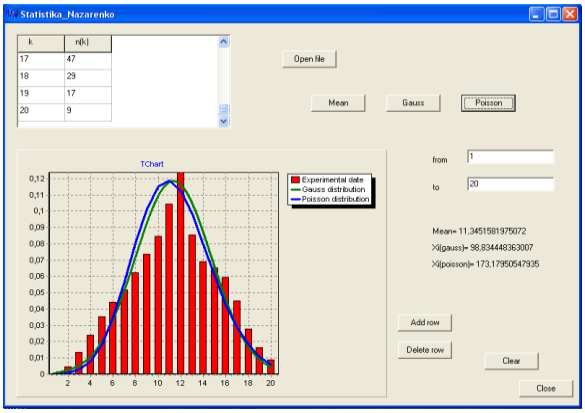


Рис. 3. Вид окна программы с результатом расчета

Заключение. Результатом проделанной работы является программа, позволяющая произвести проверку соответствия экспериментального распределения данных физических экспериментов распределению Пуассона или Гаусса. Выполнена проверка работоспособности программы и сравнение полученных результатов с программами, разработанной в среде Delphi и Mathematica. Добавлена дополнительная функция, позволяющая загружать массив экспериментальных данных из файла, что существенно облегчит работу пользователю.

Список литературы

1. Степанов Ю.М. Ошибки измерений при счете частиц: Учебно-методическое пособие. – Томск: ТПУ, 2007. – 40 с.

2. Архангельский А.Я. Программирование в C++Builder 6. – М.: «Издательство БИНОМ», 2003. – 1152 с.

АНАЛИЗ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ СОСТОЯНИЙ ПОЗИТРОННЫХ ПУЧКОВ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ВЫХОДА АННИГИЛЯЦИОННЫХ ФОТОНОВ

Нейман Д.А.
Научный руководитель: Потылицын А.П., д.ф.-м.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Neyman@tpu.ru

Введение

В настоящее время планируется создание e^-/e^+ коллайдера (International Linear Collider - ILC), одна из опций которого предусматривает столкновение поляризованных e^-/e^+ пучков. На данный момент поляризованные пучки e^- высокой энергии получены в ряде центров, где реализуются различные методы анализа данных пучков. Однако получение поляризованных e^+ пучков и их анализ является нерешенной проблемой до сих пор.

В работах [1,2] проводились эксперименты по измерению поляризации e^+ при их конверсии в циркулярно-поляризованные γ-кванты с последующим измерением циркулярной поляризации по комптоновскому эффекту. Чувствительность данного метода крайне низка, поэтому разработка новых методов анализа является весьма актуальной задачей.

Построение математической модели средствами GEANT4

К основным методам, предназначенным для измерения поляризации позитронов можно отнести следующее[3]:

1. моттовское рассеяние
2. поляриметрия Баба
3. поляриметрия основанная на анализе циркулярной поляризации γ-квантов, образованных e^+

В настоящей работе приведен альтернативные метод определения степени поляризации позитронных пучков малой интенсивности.

Основу данного метода составляет идея, заключающаяся в пропускании продольно-поляризованного пучка позитронов через тонкий слой намагниченного железа и регистрации разности выхода аннигиляционных γ-квантов при различных направлениях магнитного поля.

В качестве программного пакета для моделирования процессов переноса позитронов через вещество с учетом поляризационных эффектов используется специализированный программный комплекс GEANT4[4].

При моделировании траекторий учитывались следующие базовые процессы:

- тормозное излучение
- многократное комптоновское рассеяние
- аннигиляция поляризованных e^+
- ионизационные потери

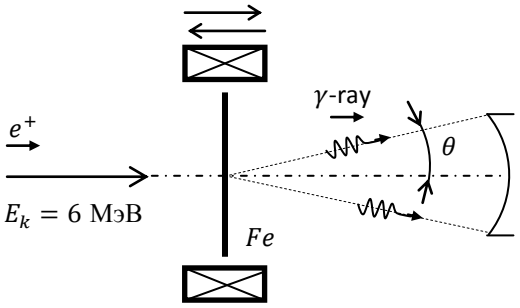


Рис. 1. Геометрия модели эксперимента

Пучок продольно-поляризованных позитронов с кинетической энергией $E = 6$ МэВ, падает нормально на тонкую пластину намагниченного железа, в результате взаимодействия с которой образуются вторичные частицы в соответствии с сечениями указанных ранее реакций (см. рис. 1).

Из всех 4π возможных направлений выбрано только то, которое отвечает малому углу θ. Данное обстоятельство позволяет выделить в спектре фотонов область с наибольшим вкладом частиц, образованных в результате парной аннигиляции и получивших практически всю энергию исходных позитронов, а также заметно снизить вклад тормозного излучения в заданном направлении.

На рис. 2. представлено распределение γ-квантов по энергиям после прохождения слоя неполяризованного железа толщиной $d = 0.5$ мм. Угол коллимации пучка фотонов $\theta \sim \gamma^{-1} \approx 2.5°$, исходное число позитронов $N = 10^9$, число разбиений гистограммы $n_t = 10^2$.

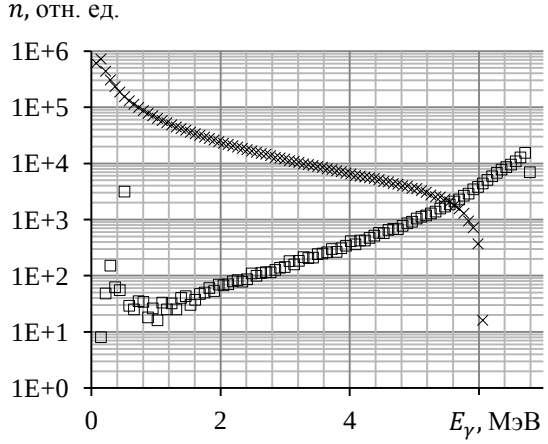


Рис. 2. □ - аннигиляционные фотоны, × - тормозное излучение.

Из представленных распределений отчетливо видно преобладание аннигиляционных квантов для энергий $E > 6$ МэВ, т. е. в области энергий фотонов,

превышающих максимальную энергию тормозных γ -квантов.

Так как пик, соответствующий максимальным переданным энергиям, обусловлен только аннигиляцией, то выход фотонов в данной области будет зависеть от соответствующих поляризационных состояний электронов мишени. Последнее реализуется намагничиванием соответствующих пластинок.

В программном пакете GEANT4 учет намагниченности материала железной мишени проводился для максимально достижимой поляризации электронов мишени ~ 8%. Соответственно было выбрано две основных ориентации компонент поляризации электронов материала, первая из которых совпадает с первоначальным направлением позитронов, вторая соответственно противоположна по направлению. Результат моделирования представлен ниже.

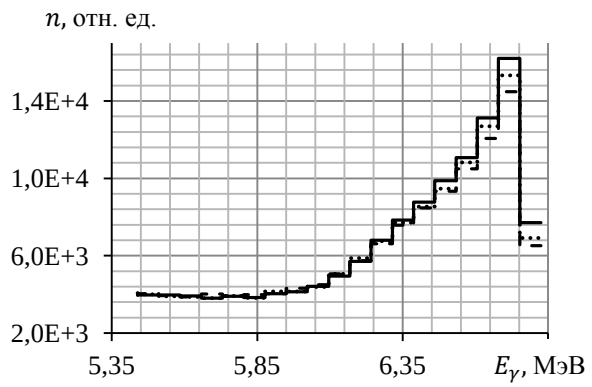


Рис. 3. Результирующее распределение соответствующее трем различным ориентациям: (↑ ↑), (↑ 0), (↑↓). (первая стрелка обозначает поляризацию исходной частицы, вторая направление поляризации электронов мишени)

Из представленного на рис. 3. распределения отчетливо видна разность в числе зарегистрированных событий.

В правильности проделанных симуляций можно убедиться, обратив внимание на неполяризованную компоненту, отвечающую в среднем полусумме противоположно поляризованных компонент см. сечения аннигиляции [5].

Определяющей величиной качества разделения двух распределений, отвечающих противоположным ориентациям компонент поляризации электронов мишени, является асимметрия выхода аннигиляционных фотонов

$$A = \frac{N_{\uparrow\uparrow} - N_{\uparrow\downarrow}}{N_{\uparrow\uparrow} + N_{\uparrow\downarrow}} \qquad (1)$$

где $N_{\uparrow\uparrow(\uparrow\downarrow)} -$ соответственно скорости счета зарегистрированных событий, взятых под аннигиляционным пиком.

Результаты вычисления последних двух значений асимметрий распределения, представленного на рис. 3, рассчитаны согласно формуле (1) и сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Асимметрия выхода аннигиляционных фотонов

E_γ, МэВ	A, %
6,75	5,62
6,83	8,32

Также были получены спектры распределений для углов $\theta \in [0, \pi]$, с шагом $\Delta\theta = (100\gamma)^{-1}$, в том числе и с различными ориентациями наклона мишени относительно исходного пучка частиц. Но как показали результаты, вклады аннигиляционных пиков были заметно меньше, чем при постановке геометрии рис. 1.

Заключение

В настоящем докладе был представлен альтернативный способ анализа поляризационных состояний позитронных пучков для энергий ~ 10 МэВ.

Средствами математического моделирования, а также привлечение специализированных программных библиотек основанных на переносе излучения методом Монте-Карло, таких как GEANT4, была построена достаточно полная и реалистичная модель эксперимента, схематически изображенного на рис. 1.

В результате были получены распределения фотонов по энергиям, отвечающие различным ориентациям поляризации электронов мишени и, как следствие, произведены оценки асимметрии этих распределений.

Из таблицы 1 видно, что максимальная асимметрия предлагаемого метода, достигает 8%, тогда как асимметрия процесса, используемая в экспериментах [1, 2], не превышала 2%.

В связи с этим предлагаемый метод при анализе фотонов с энергией, выше предельной энергии тормозного излучения, является весьма перспективным и может быть легко реализован в эксперименте.

Список литературы

[1] Undulator-Based Production of Polarized Positrons / G. Alexander, J. Barley, Y. Batygin et al. // arXiv:0905.3066v1. 2009. http:// arxiv.org/ pdf/0905.3066v1.pdf.

[2] Efficient Propagation of Polarization from Laser Photons to Positrons through Compton Scattering and Electron-Positron Pair Creation / T. Omori, M. Fukuda, T. Hirose et al. // Phys. Rev. Lett. – 2006. Vol. 96, - Pp. 1-4.

[3] Low–energy Positron Polarimetry at the ILC / G. Alexander, R. Dollan, T. Lohse et al. // EUROTeV-Report-2008-091. http:// www. eurotev .org/reports__presentations/ eurotev_reports/2008/e1556/EUROTeV-Report-2008-091.pdfeconf/C0705302/papers/Pol07.pdf

[4] GEANT4. https://geant4.web.cern.ch/geant4/

[5] Physics Reference Manual. http:// geant4.web. cern.ch/geant4/UserDocumentation/UsersGuides/PhysicsReferenceManual/fo/PhysicsReferenceManual.pdf.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕСНЫХ ДЕФЕКТОВ АЛМАЗА С ПОМОЩЬЮ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ.

Николаева К.Н., Федотова М.А.
Научный руководитель: Федотова М.А.
Северо-Восточный Федеральный Университет, 677005, Россия, г. Якутск, ул. Кулаковского 42
E-mail: ichigogrl@mail.ru

Для исследований алмазов широко применяются мощные неразрушающие методы, такие как фотолюминесцентная томография, фотолюминесценция, спектроскопия поглощения в видимой, ультрафиолетовой, инфракрасной областях. Эти методы исследований позволяют устанавливать и идентифицировать примесные и собственные дефекты их кристаллической структуры, что является основной задачей моей работы.

В алмазе выявлено много примесей, но только азот и бор обнаружены в концентрациях больше 100 at. ppm. [1] Для исследования форм вхождения азота в исследуемый образец кристалла алмаза и общего содержания концентрации этой примеси был применен метод ИК – спектроскопии[3,2]. Спектроскопия была проведена на ИК-Фурье-Спектрометре Perkin Elmer Paragon 1000 в области 4000-300 sm^{-1} при скорости сканирования 4 скана в секунду при разрешении 4 sm^{-1}. В спектрах ИК - поглощения природных кристаллов алмаза, как правило, проявляются азотные А- и В1-центры, характерный пик при поглощении 1282 sm^{-1}, тогда как С-центр присутствует обычно в подчиненных количествах. На рис.1 изображены спектры поглощения природных кристаллов алмаза. В спектре поглощения исследуемого кристалла в области 1700-2500 sm^{-1} (рис.2) форма спектра поглощения идентична поглощению природных алмазов I типа: три широкие полосы около 1900, 2200 и 2500 sm^{-1} (собственное поглощение в решетке алмаза).

В однофоновой области спектра (400-1400 sm^{-1}) в природном алмазе, в подавляющем числе кристаллов наблюдается поглощение А-, В1- и С-дефектов. В полученном ИК - спектре кристалла алмаза, в котором на ряду с алмазными пиками отображен пик 1282 sm^{-1}, соответствующий А-дефекту. Согласно современным представлениям, азотные центры А содержат пару атомов азота в соседних узлах решетки и вызывают в однофонной области ИК-спектров поглощения систему полос 480, 1100, 1215 и 1282 sm^{-1}.[4] Также наблюдаются пики характерные для В1-дефекта. В ИК-области дефект вызывает систему полос поглощения 1010, 1100, 1175, 1332 sm^{-1}. Наблюдаемые в спектре алмаза узкие линии на 3107 $см^{-1}$ и 1405 $см^{-1}$ (Н) приписываются колебаниям атомов в группе С-Н, связанным с кристаллической решеткой.[1] Максимальное их содержание в относительных единицах (коэффициент поглощения линии 3107 sm^{-1}) соответствует 1,8 sm^{-1}. Содержание же А-дефекта равно 4,9 sm^{-1}, в 4 раза выше (является основным дефектом). Можно установить происхождение алмаза, используя классификацию Криулиной, в которой определены интервалы не только для средних модальных значений, но и для всего ореола распределения примесных дефектов.[9]

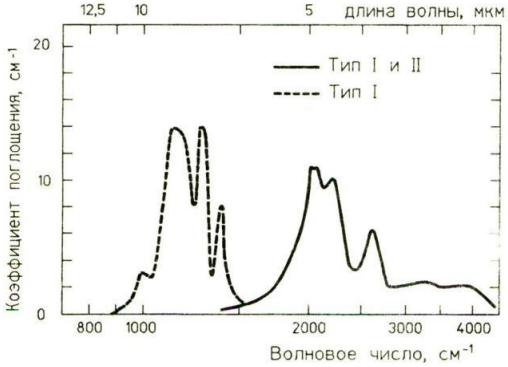


Рис.1. Спектр поглощения природного алмаза I и II типа.

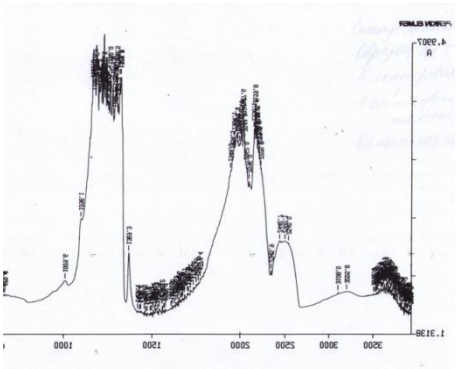


Рис.2. Спектр поглощения исследуемого образца кристалла алмаза.

Интенсивные группы линий около 2355 sm^{-1} относится к колебаниям газообразного CO_2. Его концентрация больше чем у водорода, и равна 2,2 sm^{-1}. Такое количество дефектов в одном кристалле объясняется тем, что при высокотемпературном отжиге наблюдается ряд взаимопревращений дефектов: С→А→В1 , соответствующий агрегации азота в более крупные состояния.[3,4] Образование В1 дефектов из А сопровождается появлением межузельных углеродных атомов, формирующих затем дефекты В2 [2,7]. На последней стадии агрегации происходит распад В2 на дислокационные петли и октаэдрические микро-пустоты, содержащие молекулярный азот. В 1986 году Вудс [8] выделил группу «упорядоченных» кристаллов, в которых концентрация В2 пропорциональна концентрации В1. Существование

этих «неупорядоченных» кристаллов он объяснил распадом B2. Однако концентрация дефектов B1 должна быть пропорциональна сумме межузельного углерода в форме B2 и в форме других, до сих пор, не идентифицированных дефектов. В ИК-диапазоне регистрируется несколько полос поглощения, приписываемых дефектам, в составе которых присутствуют межузельные атомы углерода. Полоса 1570 sm^{-1} приписывается дефекту с двумя межузельными атомами [4,6], полосы 1411, 1557 и 1903 sm^{-1} и несколько повторений идентифицируется, как межузельный атом в комплексе с другим собственным дефектом [6].

В исследуемом мной спектре эти линии отсутствуют. Но кристалл принадлежит к типу IaAB, потому что в спектре поглощения обнаружен смещенный пик дефекта B2 с максимумом на 1369 sm^{-1}.[4] В природных алмазах переходного типа IaAB часто регистрируются слабые полосы с максимумами около 1524 и 1550 sm^{-1} , впервые обнаруженные Сазерлендом. [7] Их целенаправленное исследование и сопоставление почти не проводится. В исследовании [4] установлено, что в некоторых спектрах поглощения типа IaAB эти полосы отсутствуют, когда как максимум полосы B2 сдвинут в длинноволновую область (1362-1365 sm^{-1}). В остальных положение максимума меняется от 1366 до 1376 sm^{-1} , контур более ассиметричен с затяжкой в коротковолновую область, что и наблюдается в исследуемом спектре алмаза. Спектр пропускания природного алмаза (рис.3), характеризуется резким подъемом при 225 sm^{-1}, затем резкое падения объясняемое малой примесью бора, меньше 1%. Коэффициент поглощения у бора, так же невысок 1,9 sm^{-1}. Также наблюдаются пики соответствующие азотсодержащим дефектам, на 500-1000 sm^{-1} , а также дефект N3 на 1300-1400 sm^{-1} с максимумом интенсивности 2,2%. В спектре пропускания отмечаются шумовые колебательные пики – поглощение атмосферного воздуха на 2350 sm^{-1} , поглощение атмосферной воды от 1400-1650 $sm^{-1,}$ колебательная дуга водородных соединений. 3200-3500 sm^{-1} .

Выводы:

1. При помощи ИК-спектроскопии установлено, что исследованный кристалл алмаза относится к переходному типу IaAB
2. Исследуемый кристалл подвергался термической обработке, вследствие чего была запущена реакция разложения A-дефекта на B1- и B2-дефекты и не доведена до последней стадии.
3. Установлено происхождение алмаза из умеренно-титанистого типа кимберлитовой трубки, а конкретно трубки Мир.

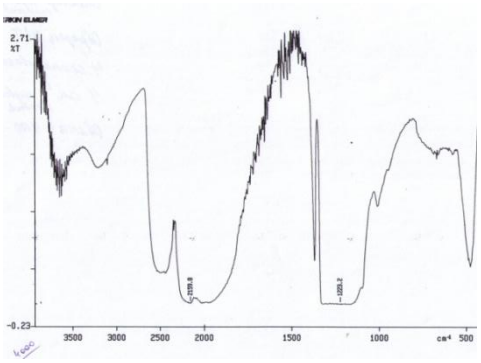


Рис. 3. Спектр пропуская исследуемого образца кристалла алмаза.

Список использованной литературы.

1. А.И. Григорьев, Введение в колебательную спектроскопию неорганических соединений / Изд. МГУ, 1997.
2. Соболев Е.В. Тверже алмаза / М.: Наука, 1-ое издание, 1984, 128 с.
3. Бокий Г.Б., Безруков Г.Н., Клюев Ю.А., Налетов А.М., Непша В.И. Природные и синтетические алмазы / М.: Наука, 1986, 224 с.
4. Васильев Е.А., Иванов-Омский В.И., Богуш И.Н. Проявление межузельного углерода в спектрах поглощения природных алмазов // ЖТФ, 2005, т.75, вып.6.
5. Boyd S. R., Kiflawi I., Woods G. S. The relationship between infrared absorption and the A defect concentration in diamond // Phil. Mag. B, 1994, v. 69, p. 1149-1153.
6. Wirth R., Kaminsky F., Matsyuk S. and Schreiber A. Unusual micro- and nano-inclusions in diamonds from the Juina Area, Brazil. Earth and Planetary Science Letters //2009, v. 286 (1-2), p. 292-303.
7. Sutherland G.B.B.M., Blackwell D.E., Simeral W.G. The problem of two types of diamond. Nature // 1954. Vol. 174, No. 4437, pp. 901–904.
8. 163. Woods G.S. Platelets and the infrared absorption of type la diamonds // London: Proc. Roy. Soc. 1986. V. A 407. P. 219-238.
9. Криулина Г.Ю., Васильев Е.А., Гаранин В.К. Структурные дефекты в алмазах Архангельской и Якутской алмазоносных провинций // Сборник публикаций по результатам III и IV ежегодных научных чтений им. Г.П. Кудрявцевой. М.: Изд. Институт прикладной минералоги, 2010. С. 93-103.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ КИНЕТИКИ СОРБЦИИ ГАЗОВ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Орехов Д.В., Побережников А.Д., Савостиков Д.В.
Научный руководитель: Савостиков Д.В.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: bambr@tpu.ru

Введение

Исследования поверхностных явлений представляют определенную сложность и трудоемкостью связанные с обработкой данных и последующем определении кинетических параметров.

С целью упрощения процесса получения и обработки данных и снижения трудоемкости расчетов был создан программный комплекс, состоящий из двух программ [1].

Комплекс позволяет:

- проводить автоматизированный количественный анализ с точностью до 10^{-3} % газового содержания в порошках неорганических материалов с темпом нагрева от 5 до 20 град/мин;
- регистрировать амплитуду пиков масс-спектра и одновременно вычислять концентрации до 10 анализируемых газов;
- изучать кинетику термодесорбции газов из порошков неорганических материалов в интервале температур 20…1200°С.

Система автоматической обработки информации создана на основе компьютера с программным обеспечением "Спектрограф".

В процессе разработки программного обеспечения решались следующие задачи:

- калибровка масс-спектрометра по заданному количеству калибровочных смесей;
- количественный анализ газов, выделяющихся при нагреве образцов в вакууме, по предварительному их выбору в меню программы;
- формирование базы данных с результатами исследований;
- построение графических зависимостей концентрации десорбируемых газов от температуры или времени нагрева образца;
- построение масс-спектров газов по экспериментальным данным;
- определение температуры (времени), соответствующей максимальной концентрации выделившихся газов;
- расчет основных кинетических параметров процесса десорбции: энергии активации и фактора частоты для каждого пика;
- определение порядка реакции.

Функциональные возможности программного комплекса

Программа "Спектрограф" предназначена для снятия данных с масс-спектрометра МХ-7203 в режиме реального времени и их дальнейшей обработки [2]. Она позволяет управлять процессами калибровки масс-спектрометра МХ-7203 и непосредственно экспериментом в полуавтоматическом режиме: снимать информацию с цифрового вольтметра Ф283М1, устанавливать массовое число, управлять клапанами калибровочного объема.

Программа обработки данных производит построение зависимости концентрации выделившихся газов от температуры или времени путем экстраполяции экспериментальных данных, и последующий расчет основных кинетических параметров процессов десорбции.

Принципы реализации программы

Количественное содержание каждой компоненты смеси газов определяется как [3]:

$$C_i = \frac{100 \cdot S_k \cdot A_{AB}}{M}$$

где S_k - калибровочное значение чувствительности масс-спектрометра к k-му компоненту газовой смеси; М - масса навески образца УДП; A_{AB} - площадь под кинетической кривой k-го компонента десорбированной из УДП газовой смеси, ограниченной линией фона этого компонента.

Определение коэффициентов чувствительности масс-спектрометра к анализируемым газам осуществляется по методике измерения количества электричества, получаемого на коллекторе анализатора при перепускании через источник ионов калибровочной смеси, отсекаемой в калибровочном объеме V при давлении P и температуре T. При этом натекание калибровочных газов происходит через диафрагму при помощи электромагнитных клапанов, управляемых с компьютера. Коэффициенты чувствительности рассчитываются по выражению:

$$S_k = \frac{22414^3 \cdot P_k \cdot V \cdot \alpha}{A_k R_0 \cdot (273 + t)}$$

где P_k - парциальное давление компонентов калибровочной смеси; V - объем калибровочной емкости; α - температурный коэффициент - 273/(273+t); R_0 - универсальная газовая постоянная; A_k - площадь под кинетической кривой истекания k-го

компонента калибровочной смеси, которая определяется по формуле:

$$A_k = \sum_{i=1}^{m} \frac{1}{2R}\left(U_{ki} + U_{k(i+1)} - 2U_{ki}\right)\Delta t_{ki}$$

где R - входное сопротивление электрометра масс-спектрометра; U_{ki}, $U_{k(i+1)}$ - значения интенсивностей k-го компонента при i-ом и (i+1) измерениях; m - количество измерений; Δt_k - время i-го измерения k-го компонента калибровочной смеси; U_{ki} - значение уровня фона k-го компонента смеси.

Коэффициенты чувствительности масс-спектрометра к компонентам газовой смеси устанавливаются как среднее из трех измерений.

Порядок определения кинетических параметров термодесорбции

Определение кинетических параметров десорбции газов из УДП осуществляется методом, основанным на решении преобразованного уравнения Поляни-Вигнера [4]:

$$\frac{E}{kT_j} = \ln\left(\frac{T_j^2}{\psi_j}\right) + \ln\left(\frac{n_0^{i-1} \cdot s \cdot k \cdot g\left(E/kT_j\right)}{\beta \cdot E}\right)$$

где E – энергия активация активации; T_j – температура, соответствующая значению функции в точках на разной высоте пика; k – постоянная Больцмана; i – порядок реакции; ψ_j – "характеристическое время"; β - скорость нагрева образцов; n_0 – число частиц не участвовавших в реакции в начальный момент времени; s – коэффициент пропорциональности; $g(E/kT_j)$ – неполная Гамма функция второго рода.

На первом этапе происходит построение кинетических зависимостей концентрации десорбированных газов от времени или температуры образца экстраполяцией экспериментальных данных.

Затем, путем сравнения значений экспериментальных данных в трех смежных точках и разбиением спектра на отдельные пики находятся области максимумов.

Для определения максимальных значений функции производится ее аппроксимация и расчет коэффициентов полинома методом Зейделя. На последней стадии программы производится расчет коэффициентов уравнения прямой методом наименьших квадратов. А значения температур T_j, входящие в уравнение прямой находятся методом половинного деления.

Исследование процесса десорбции окиси углерода с из УДП железа

На рис. 2. изображен термодесорбционный спектр окиси углерода, полученный в результате нагрева железа в вакууме. Скорость нагрева составляла 10 °С/мин. С помощью созданной программы были рассчитаны кинетические параметры процесса выделения окиси углерода с поверхности дисперсного железа (рис.3): десорбция протекает по первому порядку с энергией активации E = 83356 Дж/моль, максимумом десорбции наблюдается при температуре 859,3 °К.

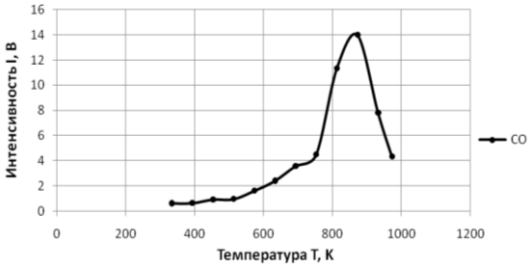


Рис.2. Термодесорбционный спектр окиси углерода с поверхности железа

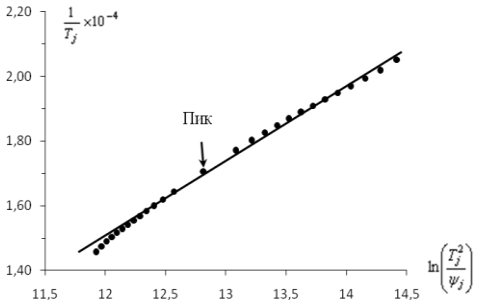


Рис. 3. График анализа измеренного пика термодесорбции окиси углерода

Заключение

Разработан программный комплекс для проведения исследований процессов десорбции газов из неорганических материалов методом программируемой термодесорбции на масс-спектрометре МХ-7203, позволяющий получать и обрабатывать экспериментальные данные в режиме реального времени. Проведены исследования десорбции окиси углерода с поверхности дисперсного железа, определены основные кинетические параметры процесса.

Список литературы

1. Власов В.А., Побережников А.Д., Савостиков Д.В. // Известия Томского политехнического университета, 2003. -т. 306 -№ 3 -с. 70-73.

2. Побережников А.Д., Власов В.А., Савостиков Д.В. // Современные техника и технологии: Труды VIII международной научно-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых 8-12 апреля 2002. Томск: Изд-во. ТПУ, 2002. — С. 184—185.

3. Техническое описание и инструкция по эксплуатации масс-спектрометра МХ7203. – Сумы, 1988. – 51 с.

4. Aart A. van Gorkum. //. J. Appl. Phys., Vol. 51, No. 5, p. 2594-2601 May 1980.

АНАЛИЗ ПОЛИИЗОПРЕНОВЫХ КАУЧУКОВ МЕТОДОМ ИК- СПЕКТРОСКОПИИ НАРУШЕННОГО ПОЛНОГО ВНУТРЕННЕГО ОТРАЖЕНИЯ

А. А. Прудникова[1], А. С. Орлов[2]
Научный руководитель: Л. В. Цыро[1]
Национальный исследовательский Томский государственный университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36
[2]ООО «НИОСТ», 634060, Россия, г. Томск, Кузовлевский тракт, 2
prudnikova_anya@mail.ru

Синтетические изопреновые каучуки являются единственными представителями синтетических каучуков, приближающимися по структуре и свойствам к натуральному полиизопрену. В натуральном каучуке содержание 1,4-*цис* звеньев приближается к 100%, тогда как в каучуке, полученном с использованием титановых или неодимовых катализаторов, составляет от 95 до 99%, на литийорганическом катализаторе до 85%, что отражается на их способности к кристаллизации и, соответственно, на прочностных свойствах резин на основе полиизопрена.

Для осуществления контроля свойств каучука необходимо знать его состав. В настоящее время существуют многочисленные спектроскопические методы анализа каучуков, различающиеся способом градуировки, обработки данных, а так же выбором аналитических полос [1]. В представленной работе состав полиизопрена определяется методом ИК-спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО). В отличие от других спектроскопических методов, метод ИК НПВО позволяет экспрессно, с минимальной пробоподготовкой, без использования растворителей анализировать полиизопреновые каучуки в широком диапазоне *цис*-звеньев.

ИК-спектр полиизопрена представлен на рисунке 1. На нем можно выделить ряд характеристических полос, используемых для построения градуировочных зависимостей, их отнесение приведено в таблице 1.

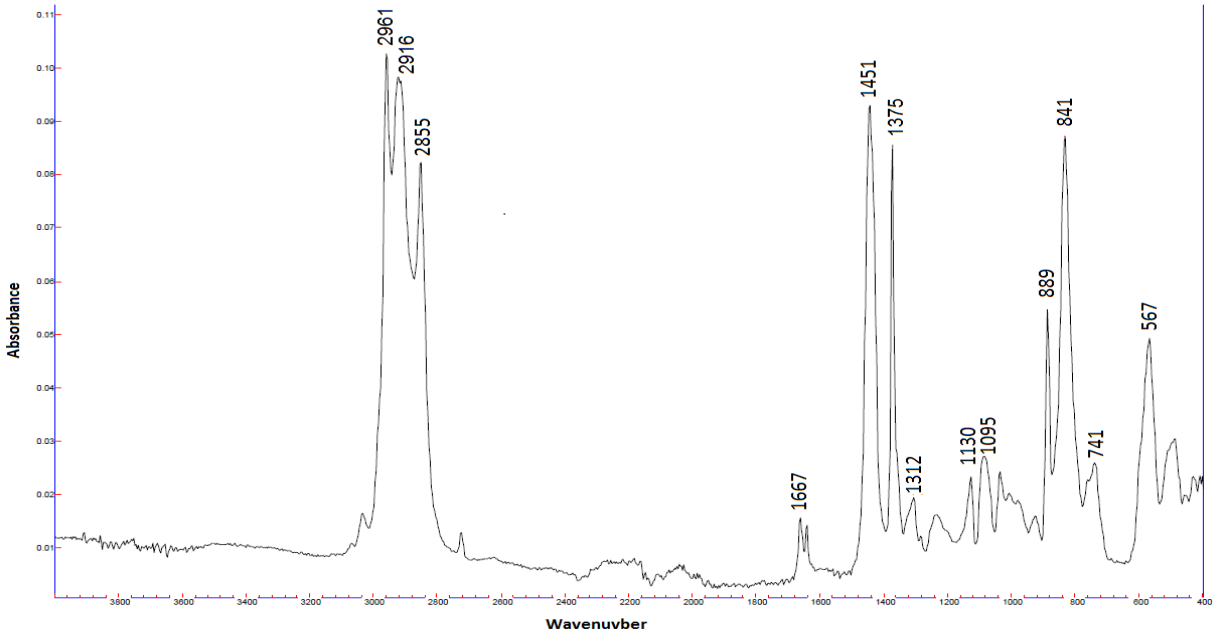


Рис. 1. ИК-спектр полиизопрена.

Таблица 1. Отнесение частот поглощения в спектре полиизопрена [2,3]

Частота, см $^{-1}$	**Тип колебания**	**Звено**
2916	антисимметричное валентное С–Н	-CH_2
1375	плоскостное деформационное С-Н	-CH_3
889	внеплоскостное деформационное =С-Н	-С=С-Н в 3,4-ПИ
567	деформационное С-С-С	в 1,4-*цис*-ПИ

Для количественного анализа состава каучуков необходимо построение градуировочных зависимостей оптической плотности определяемой группы от ее концентрации. На основании измеренных значений аналитических сигналов в ИК-спектре НПВО образцов и их составов построены линейные градуировочные зависимости типа

$$y = Ax + B,$$

где x – отношение оптических плотностей полос, соответствующих колебаниям структурных фрагментов, к оптической плотности пика «внутреннего стандарта»; y – массовое содержание определяемого звена; A и B – корреляционные параметры.

Внутренним стандартом служили величины оптических плотностей на частотах 2916 и 1375 $см^{-1}$. Внутренний стандарт необходим для устранения влияния глубины проникновения в образец световой волны, различной для каждого образца. Полученные градуировочные зависимости (рис. 2) позволяют количественно определять содержание звеньев 3,4-полиизопрена и 1,4-*цис*-полиизопрена. Содержание 1,4-*транс*-полиизопрена оценивается по разности между 100% содержанием всех звеньев и количественно определенными содержаниями звеньев 3,4- и 1,4-*цис*-полиизопрена. Аналитические и расчетные данные приведены в таблице 2.

Для построения градуировочных зависимостей использовали 30 образцов, состав которых предварительно был установлен методом ^{1}H и ^{13}C ЯМР.

Таблица 2. Расчет состава полиизопрена

Определяемый фрагмент	Соотношение полос	Количественный расчет звеньев, мол.%	Коэффициент корреляции R^2	Массовое содержание, %
3,4-полиизопрен	D_{889} / D_{1375}	y = 12,7x – 1,7	0,99	0,4 – 5,4
1,4-*цис*-полиизопрен	D_{567} / D_{2916}	y = 105,1x + 45,7	0,94	84,0 – 99,0
1,4-*транс*-полиизопрен	-	100 – ω(3,4-полиизопрен) - ω(1,4-*цис*-полиизопрен), мас. %		

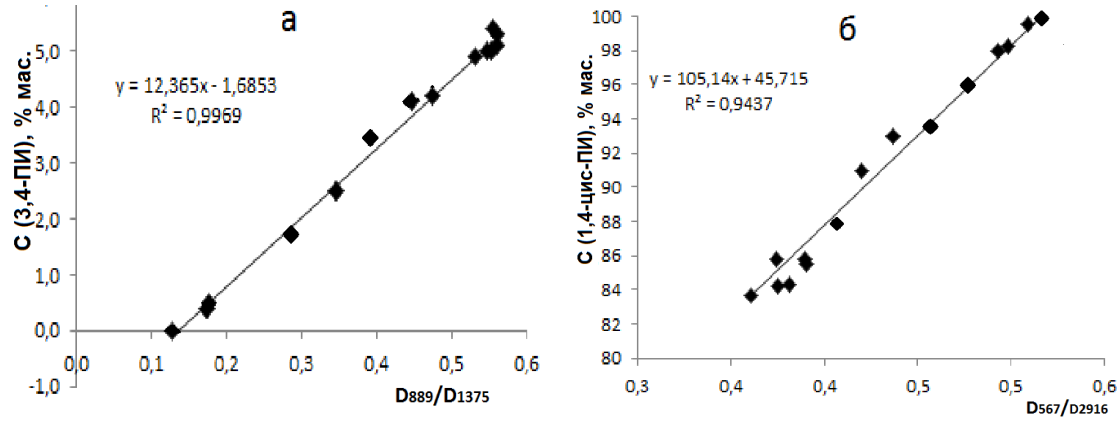


Рис. 2. Градуировочные графики для определения изомерного состава полиизопрена: а) 3,4-полиизопрена, б) 1,4-*цис*-полиизопрена.

Таким образом, в работе получены градуировочные зависимости, позволяющие проводить экспрессные измерения состава полиизопреновых каучуков, синтезированных на различных каталитических системах и, соответственно, имеющих различное содержание 1,4-*цис*-звеньев.

Список литературы

1. Дехант И., Данц Р., Киммер В., Шмольке Р., Инфракрасная спектроскопия полимеров. – М.: Химия, 1976. – С. 362-370.

2. Орлов А. С., Машуков В. И., Ракитин А. Р., Новикова Е. С. Определение состава тройного сополимера стирола, изопрена и бутадиена методом ИК-спектроскопии НПВО // Журнал прикладной спектроскопии. – 2012. – Т. 79, вып. 3. – С. 497-500.

3. Nallassamy P., Mohan S. // The Arabian Journal for Science and Engineering. – 2004. – №1A. – P. 17-26.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЛЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ С МЕТАМАТЕРИАЛАМИ

Соболева В.В., Блеко В.В., Шевелёв М.В.
Научный руководитель: Науменко Г.А., д.ф.-м.н.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: sobolevaveronica@mail.ru

При пролёте релятивистской заряженной частицы вблизи диэлектрической мишени в результате взаимодействия поля заряженной частицы с материалом мишени возникают различные типы поляризационного излучения, такие, как переходное, дифракционное, излучение Вавилова-Черенкова. Данные типы излучения хорошо изучены и широко используются в диагностике пучков заряженных частиц. Однако в связи с бурным развитием в настоящее время направления связанного с метаматериалами [1-3], представляется актуальным исследование особенностей генерации поляризационного излучения в метаматериалах.

В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований взаимодействия поля релятивистских электронов с мишенью, представляющей собой призму, в основании которой лежит прямоугольный треугольник. Сама мишень состоит из пластин, которые расположены параллельно друг другу с периодом 10 мм. На пластины с одной стороны нанесены антенны, параметры которых приведены на рисунке 1, а с обратной стороны по разрывам рамок нанесены полоски. Толщина элементов нанесенных на стеклотекстолитовую подложку 0.5 мм. Параметры ячейки удовлетворяют соотношению c=b=1.25d=0.043a (рис. 2), где a=11.6 мм.

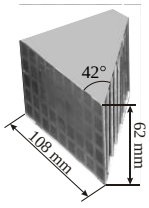


Рис. 1. Внешний вид мишени из метаматериала

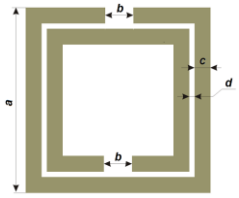


Рис. 2. Ячейка разрезных квадратных рамок

Эксперимент проводился на выведенном электронном пучке микротрона ФТИ ТПУ со следующими параметрами: энергия электронов 6.1 МэВ, длительность макроимпульса 4 мкс, частота макроимпульсов 1-8 Гц, число сгустков в макроимпульсе 10^4, число электронов в микроимпульсе $N_e = 10^8$, характерная длина электронного сгустка в гауссовом приближении 2.4 мм, поперечное сечение выведенного пучка 4×2 мм^2, угловая расходимость выведенного пучка 0.08 рад.

Схема эксперимента представлена на рисунке 3. Мишень располагалась на расстоянии 300 мм от выходного окна тракта транспортировки электронного пучка, импакт-параметр при этом составлял *h*=10 мм. В условиях данного эксперимента поворот мишени по часовой стрелке считался положительным.

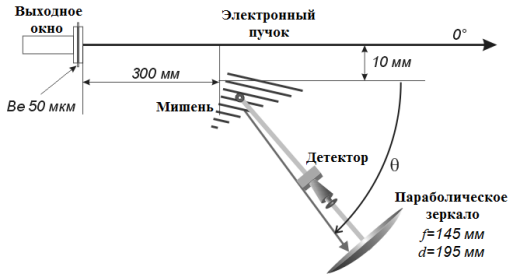


Рис. 3. Схема эксперимента

Детектор DP21M-01, используемый для регистрации излучения, предназначен для регистрации электромагнитного излучения в диапазоне длин волн от 3 до 30 мм. Чувствительность детектора 0,3 В/мВт.

Здесь представлены результаты для двух наиболее характерных областей в пространстве углов θ и φ. На рисунке 4 представлены схемы расположения мишени относительно пучка (геометрия эксперимента) для данных областей.

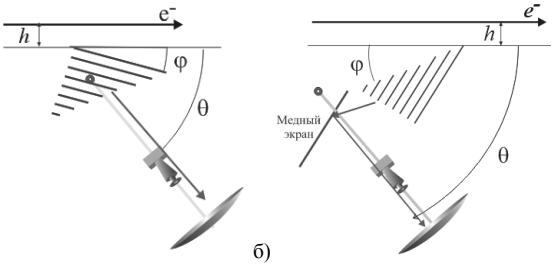


Рис. 4. Схема измерения углового распределения излучения, генерируемого в объеме мишени: а – геометрия 1, б – геометрия 2

Из полученных зависимостей интенсивности излучения от угла наблюдения излучения и угла поворота мишени можно видеть, что в геометрии №1 (рис. 5) область излучения носит локальный характер и наблюдается корреляция между углом наблюдения и углом поворота мишени. Область излучения в геометрии №2 (рис. 6) является протяженной, и указанная корреляция выражена не столь явно. Также можно отметить, что в геометрии №2 угловое распределение, в отличие от полученного для первой геометрии, является многомодальным.

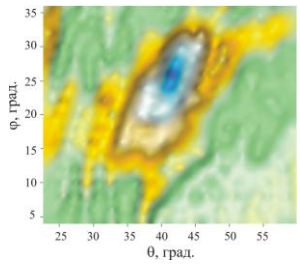


Рис. 5. Зависимость интенсивности излучения от угла наблюдения и угла поворота мишени для геометрии 1

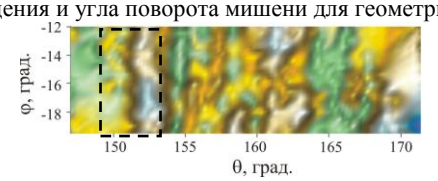


Рис. 6. Зависимость интенсивности излучения от угла наблюдения и угла поворота мишени для геометрии 2

С помощью интерферометра, принцип работы которого описан в [4], были измерены интерферограммы регистрируемого излучения. Используя обратное преобразование Фурье, из интерферограмм можно получить спектры излучения от мишеней [5]. Спектры, полученные для излучения, от мишени, и спектры поля электронных сгустков для геометрий 1 и 2 представлены на рисунках 7 и 8 соответственно.

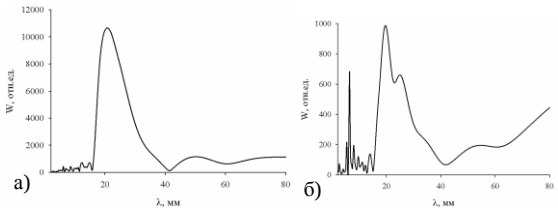


Рис. 7. Спектр пучка (а) и спектр излучения выходящего из мишени (б) в геометрии 1

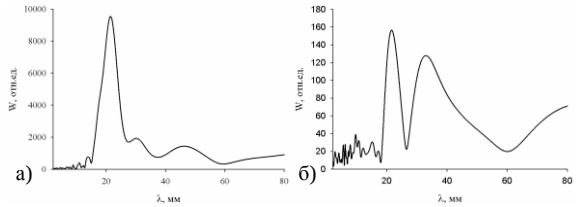


Рис. 8. Спектр пучка (а) и спектр излучения выходящего из мишени (б) в геометрии 2

В спектре излучения для геометрии №1 присутствует два пика, один из которых расположен в коротковолновой области, а второй – в длинноволновой. При сравнении данного спектра с имеющимся спектром поля электронного пучка, видим, что на фоне длинноволнового излучения выделяется пик в коротковолновой области. В геометрии №2 наблюдается совершенно иная картина: на фоне пика в районе 23 мм достаточно ярко выделяется пик с большими длинами волн (30-60 мм).

Если формально считать коэффициент преломления скалярной величиной в пределах области излучения (хотя диэлектрическая и магнитная проницаемость таких материалов, как правило, имеют тензорный вид), то наблюдаемое излучение можно интерпретировать как излучение Вавилова-Черенкова (ИВЧ). Учитывая, что данное излучение возникает в узком конусе с углом раствора θ_{CR}, которое определяется известным соотношением $\cos\theta_{CR} = \frac{1}{n\beta}$ (где β – скорость заряженной частицы в единицах скорости света), распространяется в среде и, преломляясь на выходной грани, выходит из материала мишени, можно определить коэффициент преломления. Например, для определения коэффициента во второй геометрии имеем следующее соотношение

$$n\sin\left(\frac{\pi}{2} - \arccos\frac{1}{n\beta} + \alpha - \varphi\right) = \sin\left(\varphi - \alpha + \theta - \frac{\pi}{2}\right) \quad (1)$$

Откуда получаем, что области излучения во второй геометрии, соответствует отрицательный коэффициент преломления $n = -3.2$.

В рамках используемого приближения излучение, возникающее при взаимодействии поля релятивистских электронов с мишенью из метаматериала, можно интерпретировать как обратное ИВЧ.

Проведенные эксперименты показали, что в результате взаимодействия поля релятивистских электронов с мишенью из метаматериала возникает излучение, которое в зависимости от геометрии расположения мишени по отношению к электронному пучку имеет различный спектральный состав. В приближении скалярного вида коэффициента преломления, возникающее излучение можно интерпретировать как обратное излучение Вавилова-Черенкова.

Список литературы

1. Слюсар В. Метаматериалы в антенной технике: история и основные принципы// Электроника: наука, технология, бизнес. – 2009. – №7. – С.70
2. Smith D., Padilla W., Vier D., et. al. Composite Medium with Simultaneously Negative Permeability and Permittivity // Phys. Rev. Lett.-2000.-Vol. 84.-No. 18.- P. 4182-4187.
3. Pendry J. Negative Refraction Makes a Perfect Lens // Phys. Rev. Lett.- 2000.- Vol. 85.- No. 18.- P. 3966-3969.
4. Науменко Г.А., Потылицын А.П., Шевелёв М.В. и др. // Изв. вузов. Физика. – 2009. – №11/2. – С.254.
5. Lars Froehlich. Bunch Length Measurements Using a Martin-Puplett Interferometer at the VUV-FEL// DESY-THESIS.– 2005-011, FEL-THESIS.– 2005-02

СПЕКТРЫ ВЗРЫВНОГО СВЕЧЕНИЯ АЗИДОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ ИНИЦИИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

М. С. Сушко,В. В. Лысык.
Научный руководитель: Олешко В.И. д.ф-м.н., профессор
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Sushkomariya@mail.ru

1. Введение

Одним из перспективных методов исследования взрывного разложения энергетических материалов является метод импульсной оптической спектроскопии с временным разрешением [1-4]. К настоящему времени достигнуто высокое временное (≈ 1 нс) и пространственное (≈ 5 мкм) разрешение. Что касается спектрального разрешения, то в большинстве опубликованных работ оно составляет (5-10) нм [1-3].

Причина этого – низкая чувствительность оптического тракта фотохронографа, используемого для регистрации время – разрешенных спектров взрывного разложения энергетических материалов. Недостаточное спектральное разрешение аппаратуры не позволяет однозначно идентифицировать продукты взрывного разложения взрывчатых веществ (ВВ) а, следовательно, получать достоверную информацию о динамике формирования и скорости разлета атомов, ионов и молекул, образующихся при взрывном разложении энергетических материалов.

Целью настоящей работы является измерение спектров свечения продуктов взрывного разложения азидов тяжелых металлов (АТМ) в видимом диапазоне длин волн (400-700) нм с высоким (~ 0,15 нм) спектральным разрешением.

2. Методика эксперимента

Для реализации поставленной цели применяли схему эксперимента, приведенную на рис. 1.

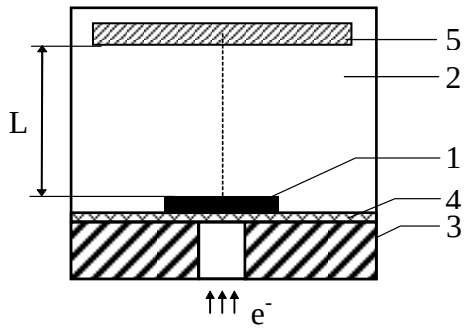


Рис. 1. Схема зондирования свечения продуктов взрывного разложения АТМ: *1* – образец; *2* – вакуумная камера; *3* – анод; *4* – алюминиевая фольга 10 μm; *5* – преграда;

Исследуемый образец *1* помещался в вакуумную камеру *2*, совмещенную с вакуумным диодом электронного ускорителя и возбуждался электронным пучком через отверстие в аноде *3*. На расстоянии *L* от поверхности ВВ устанавливалась преграда *5* (алюминиевая пластинка размерами 20×10 мм и толщиной 2 мм), которая тормозила плазменную струю, образующуюся при взрыве АТМ. Преграда устанавливалась с целью увеличения интенсивности свечения продуктов взрывного разложения и локализации плазмы в пространстве. Источником энергии для инициирования взрыва АТМ являлся сильноточный электронный пучок (СЭП) (эффективная энергия электронов ~ 250 кэВ, максимальный ток ~ 3 кА, длительность импульса тока на полувысоте ~12 нс.

Изображение плазмы взрыва из области, прилегающей к преграде, с помощью линзы проецировали на входную щель монохроматора МДР-23 (обратная линейная дисперсия 1,3 нм/мм) и фотографировали цифровым фотоаппаратом SONY α500 при снятой выходной щели монохроматора. За один импульс возбуждения регистрировали интегральный (по времени) фрагмент спектра взрыва шириной Δλ ~ 25 нм из спектрального диапазона 400—700 нм.

Идентификацию спектральных линий атомов, зарегистрированных при взрыве АТМ, осуществляли с помощью спектральных ламп ЛСП-1.

3. Результаты и их обсуждение

На рис. 2-4 приведены фрагменты спектрограмм плазмы взрыва нитевидного кристалла AgN_3 и прессованного порошка TlN_3. Видно, что в спектрах взрыва наблюдается два типа свечений – линейчатое излучение атомов входящих в состав АТМ и свечение плотной низкотемпературной плазмы, имеющей сплошной спектр. Из представленных данных следует, что наиболее интенсивными в спектре образцов AgN_3 и TlN_3 являются линии атомов серебра Ag I (520,9; 546,55; 547,16 нм) и таллия Tl I (535,046 нм). Эти линии ответственны за зеленый цвет плазмы, образующейся при взрыве этих ВВ в вакууме.

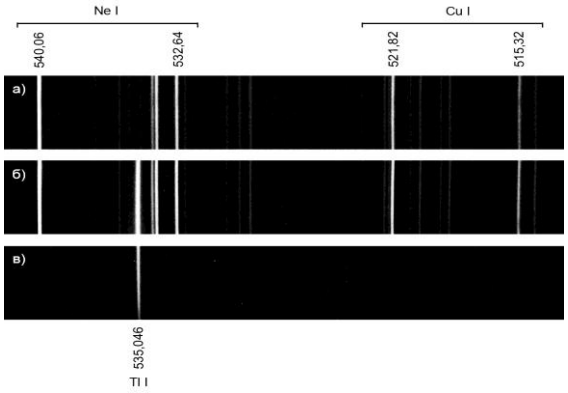


Рис. 2. Фрагменты спектра взрыва прессованного образца TlN_3 и спектральной лампы ЛСП-1 (Cu). а) фрагмент спектр лампы ЛСП-1 (Cu); б) фрагмент спектр взрыва TlN_3 на фоне спектра ЛСП-1 (Cu); в) фрагмент спектр взрыва TlN_3.

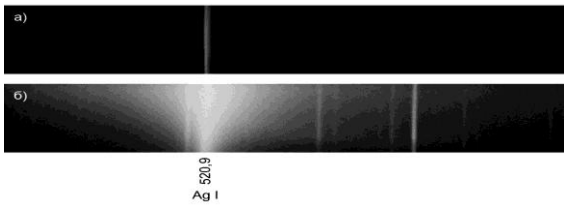


Рис. 3. Фрагменты спектра взрыва микрокристаллов AgN_3 (зеленая область спектра): а) при свободном разлете плазменной струи в вакуумной камере; б) фрагмент спектр взрыва AgN_3 на фоне спектра ЛСП-1 (Cu) при ударе плазмы взрыва о преграду.

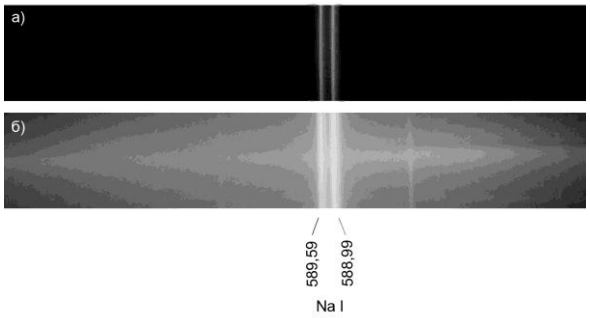


Рис. 4. Фрагменты спектра взрыва микрокристаллов AgN_3 (оранжевая область спектра: а) при свободном разлете плазменной струи; б) при ударе продуктов взрывного разложения о преграду.

В «оранжевой» области спектра обнаружены две близко расположенные ($\Delta\lambda \sim 0{,}6$ нм) интенсивные линии свечения $\lambda_1 = 589{,}0$ и $\lambda_2 = 589{,}6$ нм, наблюдающиеся в кристаллических и прессованных образцах AgN_3, TlN_3 и PbN_6.

Идентификация «оранжевых» линий с помощью таблиц спектральных линий позволяет сделать заключение о том, что они принадлежат атомам натрия Na I $\lambda_1 = 588{,}99$ и $\lambda_2 = 589{,}59$ нм. При торможении продуктов взрывного разложения твердотельной преградой давление и температура плазмы возрастают, что приводит к формированию сплошного спектра вблизи преграды и увеличению полуширины линий атомов, входящих в состав АТМ. Соотношение интенсивностей сплошного и линейчатого излучения в спектрах плазмы взрыва определяется массой образца и условиями разлета продуктов взрывного разложения ВВ (свободный разлет в вакуум или торможение твердотельной преградой). Например, спектр взрыва образцов TlN_3 и AgN_3 ($m \approx 5$ мг) – линейчатый (рис. 2, б, с; рис. 3 а, и 4а). При взрыве образцов АТМ массой более 30 мг линейчатое излучение атомов наблюдается на фоне сплошного спектра (рис. 4,б).

4. Заключение

Измерены спектры продуктов взрывного разложения азидов тяжелых металлов с высоким спектральным разрешением. Установлено, что в спектрах взрыва наблюдается два вида свечений – линейчатое излучение атомов входящих в состав ВВ и свечение плотной низкотемпературной плазмы, имеющей сплошной спектр. Наиболее интенсивными в спектрах взрывного свечения азида серебра и азида таллия являются линии атомов Ag I (520,91; 546,55 и 547,16 нм) и Tl I (535,046 нм). Соотношение интенсивностей линейчатого и сплошного спектров определяется массой ВВ и условиями разлета сверхзвукового плазменного потока.

В «оранжевой» области спектра обнаружены две интенсивные линии свечения натрия Na I 588,99 и 589,59 нм, который входит в АТМ в процессе их выращивания.

Работа поддержана ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы. Грант № 14.B37.21.1170.

Список литературы

[1] *Захаров Ю.А., Алукер Э.Д., Адуев Б.П. и др. Предвзрывные явления в азидах тяжелых металлов. М..:ЦЭИ "Химмаш", 2002. 116 с.*

[2] *Швайко В.Н.,Кречетов А.Г., Адуев Б.П. и др. ЖТФ. 2005. Т.75. В.6. С. 59-62.*

[3] *Адуев Б.П., Алукер Э.Д. и др.* // Физика горения и взрыва. 2000. Т. 36. № 5. С. 78–89.

[4] *Олешко В.И., Корепанов В.И., Лисицын В.М., Ципилев В.П.* // Письма в ЖТФ. 2004. Т. 30. В. 22. С. 17–22.

[5] *Олешко В.И., Корепанов В.И., Лисицын В.М., Ципилев В.П.* // Физика горения и взрыва. 2007. Т. 43. № 5. С. 87–89

ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗОНАНСА В ЭНЕРГЕТИКЕ

Тарасенко С.С.
Научный руководитель: Шестакова В.В.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Tarasenko1995@yandex.ru

Резонансом называется явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний при приближении частоты вынуждающей силы к частоте, равной или близкой собственной частоте колебательной системы. Резонанс бывает двух типов: механический и электрический.

Классический пример механического резонанса о марше взвода солдат известен всем еще со школьной скамьи. Солдаты, подчиняясь команде, дружно печатали шаг, не ведая, что тем самым раскачивают конструкции моста до запредельно допустимых нагрузок. Мост, таким образом, рухнул, войдя в резонанс с ритмом солдатского марша – и история навсегда вошла в учебники физики.

Между механическим и электрическим резонансом можно провести аналогию: резонанс в обоих случаях наблюдается при совпадении частоты вынуждающей силы ω с собственной частотой системы ω_0. Частота вынуждающей силы ω равна частоте источника, собственная частота ω_0 любой системы электрической природы зависит от соотношения между индуктивностью и емкостью цепи. Электрический резонанс делится на резонанс напряжений и резонанс токов. При резонансе напряжений индуктивность и емкость соединены последовательно, при резонансе токов – параллельно.

В сфере энергетики широко применяются устройства, которые позволяют использовать свойства резонанса для снижения потерь при передаче энергии и предотвращать опасное для изоляции повышение напряжения на подстанциях.

Для пояснения конструкции и принципа действия данных устройств рассмотрим схему замещения и реальные параметры трехфазной воздушной линии электропередачи. Любую линию электропередачи можно представить состоящей из бесконечно большого количества равномерно распределенных вдоль нее активных и реактивных сопротивлений и проводимостей. Точный учет влияния распределенных сопротивлений и проводимостей сложен и необходим при расчетах очень длинных линий, которые в данной работе не рассматриваются. В данной работе, как и в большинстве практических расчетов, ограничимся упрощенным методом, представляя линию в виде П-образной схемы замещения, состоящей из последовательно соединенных активного (R) и индуктивного (X) сопротивлений. Реактивная емкостная проводимость (B) разделена пополам и включена в начале и в конце линии (рис. 1).

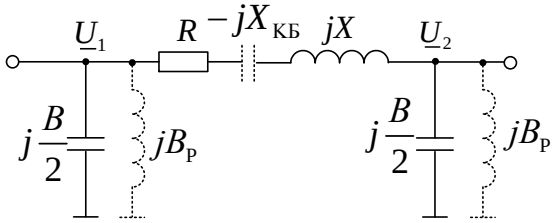


Рис. 1

Для дальнейших расчетов будем рассматривать воздушную линию 500 кВ с определенными параметрами [1]:
диапазоны допустимого напряжения линии
U= 475 – 525 кВ,
емкостная удельная проводимость на км
$b_{уд}= 3{,}62\cdot10^{-6}$ См,
зарядная удельная мощность $q_{уд}$= 0,905 МВар,
индуктивное сопротивление $X_{уд}$ = 0,35 Ом/км,
активное сопротивление $R_{уд}$ = 0,02 Ом/км,
длина линии l = 500 км.

Существенным является то, что активное сопротивление высоковольтной линии более чем в 10 раз меньше индуктивного сопротивления. Это значит, что основная доля потерь при передаче энергии приходится на потери в реактивном сопротивлении $X = X_{уд}\ l$. Реактивное сопротивление, в отличие от активного, можно компенсировать, если включить в каждую фазу рассечки линии конденсаторную батарею. Нужную для компенсации емкость конденсаторной батареи $C_{кб}$ рассчитывают на основании формулы условия резонанса напряжений при промышленной круговой частоте

$$\omega L = 1/\ \omega C_{кб}$$

или

$$X_{уд}\ l = 1/\ \omega C_{кб}.$$

Отсюда

$C_{кб} = 1/\ (\omega\ X_{уд}\ l) = 1/\ (314\cdot\ 0{,}35\cdot500) = 18{,}2$ мкФ.

Конденсаторную батарею, включаемую в рассечку линии, называют устройством продольной компенсации. Устройство с сопротивлением ($-jX_{КБ}$) показано пунктиром на рис. 1.

Каждая линия обладает определенной естественной зарядной мощностью $Q = q_{уд}\ l$. Другими словами, каждая линия является источником реактивной мощности. Это приводит к тому, что на концах линии (сборные шины подстанций) в некоторых режимах может

повышаться напряжение до величин, опасных для изоляции электрооборудования.

Для предотвращения опасного повышения напряжения в энергетике успешно применяются шунтирующие реакторы, которые представляют собой катушку из токопровода большого сечения, залитую в бетон. Простая и прочная конструкция сделала сухие шунтирующие реакторы наиболее экономически эффективным средством компенсации емкости линии электропередачи.

Реакторы включаются между фазами линии и землей и компенсируют емкости фаз линии (рис. 1). Очевидно, что в этом случае имеет место параллельный резонанс – резонанс токов.

Найдем емкостную проводимость рассматриваемой линии

$$B = b_{\text{уд}} L,$$

$$B = 3{,}62 \cdot 10^{-6} \cdot 500 = 1{,}810 \cdot 10^{-3} \text{См}.$$

Теперь, зная емкостную проводимость всей линии, найдем зарядную мощность линии $Q_{\text{л}}$ при номинальном напряжении U

$$Q_{л} = U^2 B,$$

$$Q_{л} = 500000^2 \cdot 1{,}81 \cdot 10^{-3} = 4{,}525 \cdot 10^8 \text{ Вар}.$$

В случае холостого хода линии (передаваемая мощность равна нулю), зарядная мощность линии равна зарядной мощности реактора, то есть $Q_{л} = Q_{p}$. Теперь выразим из формулы по нахождению зарядной мощности реактора сопротивление

$$Q_p = U^2 \frac{1}{x_p},$$

отсюда

$$x_p = \frac{U^2}{Q_p},$$

$$x_p = \frac{25 \cdot 10^{10}}{4{,}525 \cdot 10^8} = 552 \text{ Ом}.$$

Теперь найдем суммарную индуктивность двух реакторов, которые необходимы для полной компенсации зарядной мощности линии

$$L_p = \frac{x_p}{\omega} = \frac{x_p}{2\pi f} = \frac{552}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 1{,}76 \text{ Гн}.$$

Таким образом, установка конденсаторной батареи и двух шунтирующих реакторов ($jB_{\text{р}}$)с рассчитанными параметрами позволит полностью скомпенсировать реактивные сопротивление и проводимость линии, существенно снизит потери при передаче энергии и предотвратит опасное повышение напряжения. Отметим, что обычно применяется не полная, а частичная компенсация реактивных параметров линий электропередачи.

Литература

1. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.

МАГИСТРАЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

Хоютанова С.Е.
Научный руководитель: Козлов В.И., к.ф.м.н., с.н.с.
Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
677000, Россия, г. Якутск, ул. Белинского, 58
E-mail: v.kozlov@ikfia.ysn.ru

Солнечная погода определяет состояние, прежде всего, верхней атмосферы Земли, вызывает северные сияния, влияет на магнитное поле Земли и ионосферу. С ростом технического прогресса и количества и сложности технических систем, важным аспектом космической погоды становится проявляется влияние магнитных бурь на технические системы и магистральные объекты [1]. Их воздействие испытывают: любые электропроводящие протяженные технические системы, например линии электропередач и металлические трубопроводы; системы и агрегаты искусственных спутников Земли; условия прохождения радиоволн (затрудняется радиосвязь и навигация). Влиянию космической погоды на магистральные объекты уделяется большое внимание, особенно после запуска трубопроводов ВСТО. Наибольшие проблемы возникают в высоких широтах, где имеется очень толстый слой вечной мерзлоты, в которой проводимость очень мала, что приводит к исключительно плохим условиям для создания заземления. Также в этих районах проявления геомагнитных бурь являются наиболее интенсивными и частыми.

Резкие изменения геомагнитного поля создают в трубопроводе погонную напряженность электрического поля, в результате которой текут токи, достигающие десятков ампер, и создается разность потенциалов между металлом трубопровода и окружающей землей. В результате резко увеличивается электрохимическая коррозия.

Методика экспериментального исследования частоты и длительности периодов, в которых трубопроводы подвержены коррозии и возможны воздействия на энергетические системы геомагнитных возмущений, может быть сведена к выявлению временных периодов, в которых величина (dB/dT), характеризующая геомагнитную активность, превосходит пороговые значения. В работах Finnish Meteorological Institute (Финляндия) в коллаборации с компанией Gasum Oy [2] на основе исследований влияния геомагнитных индуктированных токов (GIC) на газопроводы выделены влияющие на трубопроводы пороговые уровни геомагнитной активности, используя значения скорости изменения геомагнитного поля (-dBx/dt): при -dBx/dt > 5 резко увеличивается коррозия при отсутствии дополнительной защиты (катодной или анодной); при -dBx/dt > 20 (шторм) коррозия резко увеличивается даже при наличии защиты. Коррозия трубопроводов возникает в течение положительной части цикла формы теллурической волны. В [3] показано, что в периоды времени, когда поляризованный потенциал более электроположительный, чем общепринятые 850 мВ - потенциал катодной защиты, и по другому критерию, когда он более положительный, чем 650 мВ, коррозия будет происходить, по оценкам, 15% и 4% из этих периодов соответственно. На основе этой модели подсчитано, что труба может быть перфорированной менее чем за четыре года на круговой дефект покрытия диаметра 0,6 см. Скорость коррозии труб обычно составляет 0,25 мм в год, но иногда фиксируются значения в 1,16 мм в год. В результате коррозии неприятности начинаются уже через 5-10 лет эксплуатации трубопроводов, хотя их работа рассчитана на 25-30 лет.

При (dB/dT)>30нТл/мин начинаются воздействия на энергетические системы, становится необходимой коррекция напряжения, наблюдаются ложные срабатывания систем защиты и высокий "газ в масле" в масляных трансформаторах. При дальнейшем повышении геомагнитной активности эти воздействия усиливаются: возможны проблемы со стабильностью напряжения, частичные разрушения энергетических систем, отключение защитных систем и разрушение трансформаторов.

Интенсивность магнитного поля Солнца меняется в течение 11 летнего цикла, во время которого количество пятен, вспышек, бурь увеличивается в течении примерно 4-х лет до максимума солнечной активности, а потом примерно в течении 7 лет уменьшается до минимума солнечной активности.

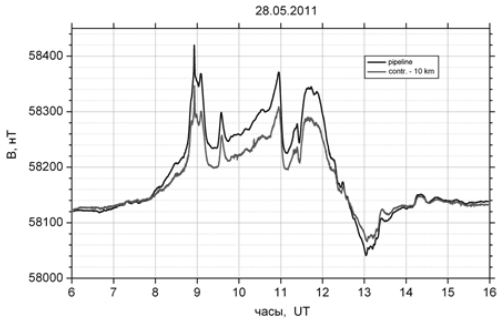


Рис.1 Вариации магнитного поля B вблизи трубопровода (над закопанным на глубину 1 м) и на реперном магнитометре (в 10 км от трубопровода) в условиях слабого геомагнитного возмущения 28.05.2011 г.

Эксперименты, проведенные СВФУ совместно с ИКФИА СО РАН на ответвлении от магистрального

газопровода, в 30 км от г. Якутск, показали, что даже в условиях слабого геомагнитного возмущения (dB/dT=55 нТ) 28.05.2011 г. наведенный на трубопроводе ток составлял около 0,5 А. Вариации магнитного поля измерялись вблизи трубопровода (полигон ИКФИА, Рис. 1) и на реперном магнитометре (магнитная станция ИКФИА, Рис. 2).

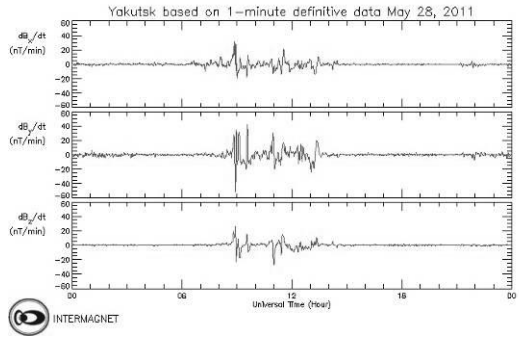


Рис.2. Вариации магнитного поля dB/dt на реперной станции Якутск (ИКФИА) [4]

Измерения, проведенные ранее, во время более мощной магнитной бури 21.01.2005 показали, что ток в трубопроводе достигал около 3-х А. По измерениям на магнитометрической станции Якутск магнитная буря началась с внезапного начала в 17.12 UT, максимум бухты возмущения зарегистрирован в 19.03 UT. Максимальная вариация в H - компоненте составила 588 нТ.

Высокочастотные вариации на фазе восстановления магнитной бухты на реперном магнитометре соответствуют геомагнитным пульсациям диапазона Pc5 (период вариаций 200-300 с). В то же время, обращает на себя внимание, что на газопроводе на эти пульсации наложены другие высокочастотные вариации, причем начинаются они раньше - с максимума бухты возмущения. Спектральный анализ этих вариаций показывает, что на газопроводе спектр частотных вариаций оказывается шире, чем на реперном магнитометре. Более высокочастотные вариации, по-видимому, обусловлены особенностями распределения токов растекания с газопровода и по нему. Измеренная амплитуда магнитного возмущения в максимуме составила 1285 нТ вблизи газопровода. Разность 650 нТ обусловлена наведенными токами. С учетом того, что датчик расположен на расстоянии 1 м от газопровода, определяем пиковое значение наведенных токов в 3,2 А. Поскольку известны максимальные магнитные бури, превосходящие наблюдаемую в несколько раз, и использованный в эксперименте газопровод имеет в ~ 2 раза меньший диаметр, чем магистральный, и расположен не по магнитному меридиану (~ 45°), то ток, наводимый в газопроводе может достигать десятков ампер. Наш анализ показал, что на магнитной станции Якутск в 2012 г геомагнитная обстановка характеризовалась наличием 38 изолированных магнитных бурь за год, превосходящих уровень G1, по современной классификации, соответствующих превышению Кр=5 [5]. Эта шкала была введена Национальной Океанической и Атмосферной Администрацией США (National Oceanic and Atmospheric Administration; NOAA) в ноябре 1999 года. Достижение или превышение уровня G в течение трех дней считалось одной бурей. Таких бурь, длящихся более одного дня было 7. Из них два дня длилась одна буря, три дня длилось 4 бури, одна буря длилась 4 дня и одна буря – 5 дней. Превосходят уровень G2 (Кр=6) 12 бурь. Из них две бури длились 2 дня. А уровень G3 (Кр=7) имели 2 бури. Бури с более высоким уровнем в 2012 г. не наблюдались. А в максимуме (2014 г) ожидается повышение количества бурь до 50 и более. Причем ожидается и наличие более мощных бурь. Превышение порога (dB/dT)>5нТл/мин. в 2012 г наблюдалось в 27 днях с суммарной длительностью периодов возмущений 360 часов. Суммарная длительность времени превышения порога составила 6798 минут. Максимальный период возмущений длился практически каждый день на протяжении 7 дней – март месяц с 7 по 17 марта, около весеннего равноденствия. То есть в эти периоды возможна усиленная коррозия трубопроводов. Превышение порога (dB/dT)>20нТл/мин. наблюдалось 14 дней с суммарной длительностью периодов возмущений 57 часов. Суммарная длительность времени превышения порога составила 12 часов. То есть в эти периоды не только идет усиленная коррозия трубопроводов, даже имеющих специальные меры по защите от коррозии, но и возможны разрушения энергетических систем и повреждения трансформаторов, поскольку наведенные дополнительные токи достигают сотен ампер. Отсюда следует необходимость мониторинга и прогноза магнитных бурь и рекомендаций по выделению периодов, в которых нельзя отключать защиту на профилактические работы.

Работа поддержана грантами РФФИ 12-05-98528-р_восток_а и 12-02-00174-а и программами Мин.ОиНРФ Гос. задание 2.1626.2011 и ФЦП НиН-ПКИР Соглашение № 8404.

Список литературы:

1.Лазутин Л.Л. Мировые и полярные бури, М.: МГУ, 2012, с.213.
2.Boteler, D.H., R.J. Pirjola, and H. Nevanlinna. The Effects of Geomagnetic Disturbances on Electrical Systems at the Earth's Surface, Adv. Space Res., 22, 17, 1998.
3.NACE International, Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems, NACE Recommended Practice RP0169-96, 1996, pp.13.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ ДОЗИМЕТРА ФРИККЕ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ПОГЛОЩЁННОЙ ДОЗЫ, ПОЛУЧЕННОЙ С ПОМОЩЬЮ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА

Хуснулина А.Л., Кайканов М.И., Меринова Л.Р.
Научный руководитель: Колоколов Д.Ю.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: AlenaXyc@gmail.com

Успешное проведение любого радиационно-химического исследования зависит в первую очередь от правильного определения поглощённой дозы. Дозиметрия – это количественный аспект радиационной химии, и каждый радиационно-химический эксперимент начинается с измерения дозы [1].

В радиационной химии доза, как правило, измеряется химическими методами, в особенности широко используется ферросульфатная дозиметрическая система (дозиметр Фрикке). Она представляет собой $(1\text{-}5)\cdot10^{-3}$ М водный насыщенный воздухом раствор сернокислого закисного железа $FeSO_4\cdot7H_2O$ в 0,4 М H_2SO_4. При действии ионизирующего излучения на этот раствор двухвалентное железо окисляется до трехвалентного.

Для приготовления 200 мл дозиметрического раствора было использовано 4,4 мл концентрированной серной кислоты H_2SO_4 и 56 мг железного купороса $FeSO_4\cdot7H_2O$, что обеспечило в полученном дозиметре Фрикке содержание 56 мг/л ионов Fe(2+) и 0,4 М H_2SO_4.

Для определения двухвалентного железа использовалась стандартная методика, по которой отбирают 1 мл исследуемого раствора, выравнивают его pH до уровня 4,5 приливанием 5 мл ацетатного буфера (pH 4,5), после чего приливают 1 мл 0,1 % раствора о-фенантролина и доводят объем окрашенной пробы дистиллированной водой до 50 мл. Спустя 30 минут проба колориметрируется при длине волны 490 нм и толщине кюветы 3 см.

Определение трехвалентного железа так же проводилось по стандартной методике, по которой отбирают 1 мл исследуемого раствора, к нему приливают 1 мл аммония хлористого (2 М раствор), 1 мл сульфосалициловой кислоты (20 % раствор) и 0,1 мл соляной кислоты (3:2). Объем пробы доводят до 50 мл дистиллированной водой, затем полученный окрашенный раствор колориметрируют при длине волны 540 нм и толщине кюветы 3 см.

Пересчет оптической плотности производится по формуле (1).

$$C = \frac{D - D_0}{\Sigma} \cdot \frac{V_{колбы}}{V_{пробы}} \cdot M\left[Fe\right], \qquad (1)$$

где C – концентрация железа, мг/л; D, D_0 – оптическая плотность пробы и холостой пробы соответственно; Σ – коэффициент экстинкции; $V_{колбы}$ – объем, до которого доводится проба перед колориметрированиям, мл; $V_{пробы}$ – объем пробы, взятый для анализа, мл; $M[Fe]$ – молекулярный вес железа, мг/моль.

Верхний предел измерения дозы с помощью ферросульфатного дозиметра ограничивается израсходованием кислорода, присутствующего в растворе и соответствует 500 Гр (для раствора, насыщенного воздухом и при $G(Fe^{3+})$ = 16 ионов/100 эВ). Дозиметр Фрикке был использован в данной работе для дозиметрии импульсного сильноточного электронного пучка, сгенерированного ускорителем «Астра – М» со следующими параметрами: ускоряющее напряжение – 450 кВ, энергия в пучке за импульс – 1,2 Дж, длительность импульса на полувысоте – 150 нс [2].

Поглощённая доза была вычислена по формуле (2).

$$D = \frac{cN \cdot 100}{G}, \qquad (2)$$

где D – поглощённая доза, эВ/л; $G(Fe^{3+})$ – радиационно-химический выход, ион/100 эВ; с – концентрация вещества, М; N – число Авогадро.

Затем значения поглощённой дозы из [эВ/л] переводились в [Гр].

Поглощённую дозу можно также рассчитать, зная массу образца и энергию, переданную этому образцу, а именно:

$$D = \frac{Q}{M}, \qquad (3)$$

где M – масса образца, кг; Q – энергия, переданная электронным пучком, Дж.

Массу образца, в нашем случае водного раствора, можно рассчитать, зная его плотность и объем. Энергию, переданную электронным пучком, можно измерить с помощью калориметра.

Эксперимент был проведен следующим образом. Раствор дозиметра Фрикке наливали в кювету диаметром 90 мм с глубиной слоя 0,5 мм, 1 мм, 1,5 мм и 2 мм. Затем, располагали кювету перед выходным окном ускорителя, и облучали. Для каждой глубины дозиметра Фрикке была проведена серия экспериментов с изменением числа импульсов от 1 до 5. При проведении эксперимента была измерена энергия в импульсе с помощью калориметра, составившая 1,2 Дж. После этого был проведен химический анализ на содержание в растворе двухвалентного и трехвалентного железа.

На рисунке 1 представлены кривые изменения концентраций двухвалентного и трехвалентного железа для случая со слоем в 0,5 мм. Из рисунка 1

видно, что при воздействии импульсного электронного пучка происходит снижение концентрации двухвалентного железа в зависимости от сообщённой энергии раствору, и рост концентрации трёхвалентного железа на величину убыли двухвалентного.

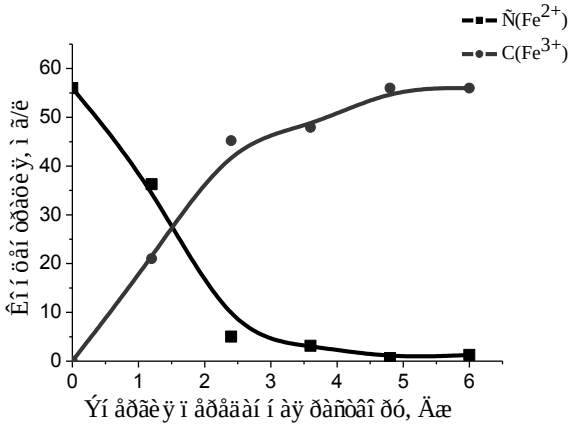


Рисунок 1. График концентраций Fe^{2+} и Fe^{3+} в зависимости от сообщенной энергии раствору. Глубина слоя 0,5 мм

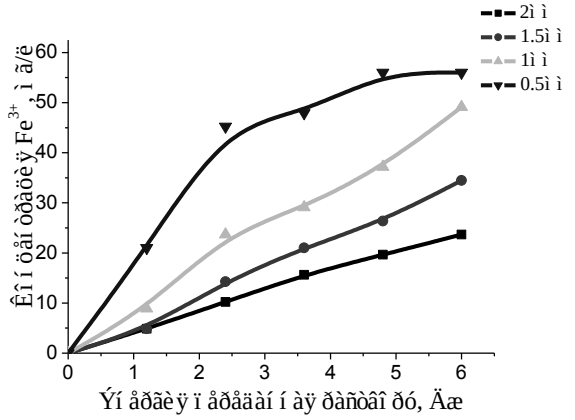


Рисунок 2. График концентраций Fe^{3+} для разной глубины слоя в зависимости от сообщённой энергии раствору

На рисунке 2 представлены кривые изменения концентраций трехвалентного железа для слоев 0,5 мм, 1 мм, 1,5 мм и 2 мм. Из этого рисунка видно, что при слое в 0,5 мм после второго импульса практически все двухвалентное железо было окислено до трехвалентного. В других же случаях полного израсходования двухвалентного железа не было достигнуто. То есть, при слое 0,5 мм поглощенная доза превысила значение в 500 Гр после третьего импульса, в остальных случаях общая поглощенная доза этих значений не достигла.

Из полученных результатов был найден радиационно-химический выход $G(Fe^{3+})$, который составил (9 ± 2) ион/100 эВ. При таком значении $G(Fe^{3+})$ можно измерять поглощённую дозу до 1000 Гр.

Используя полученное значение радиационно-химического выхода $G(Fe^{3+})$ и измеренного значения энергии пучка за один импульс, были рассчитаны поглощённые дозы по (2) и (3).

На рисунке 3 приведены графики поглощённых доз рассчитанные по (2) и (3). Данный график подтверждает возможность использования дозиметра Фрикке при дозиметрии импульсного электронного излучения, но с некоторыми ограничениями. Значения поглощённой дозы для слоя 0,5 мм начинают сильно расходиться после второго импульса. Это связано, как было указано выше, с переходом всего двухвалентного железа в трёхвалентное.

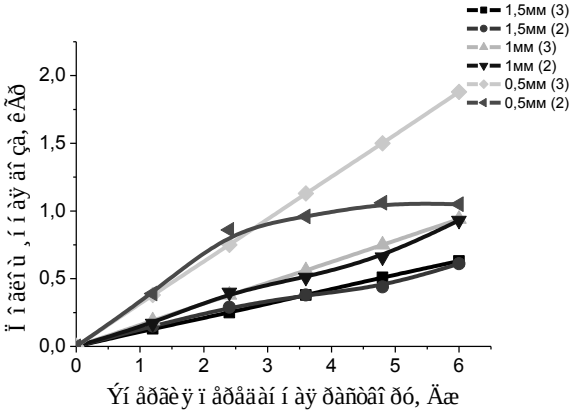


Рисунок 3. График поглощённой дозы рассчитанной по (2) и (3) в зависимости от сообщенной энергии раствору.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что ферросульфатная дозиметрическая система может быть использована при дозиметрии импульсного электронного пучка при соблюдении нескольких условий: локальная поглощённая доза в объёме раствора не должна превышать 500 Гр (при $G(Fe^{3+})$ = 9 ионов/100 эВ) за импульс; значение радиационно-химического выхода $G(Fe^{3+})$ должно контролироваться, так как его значение меняется в зависимости от мощности поглощённой дозы.

Список использованных источников

1 Пикаев А. К. Дозиметрия в радиационной химии. — М.: Наука, 1975. — 312 с.

2 И. С. Егоров, Г. Е. Ремнёв и др. Частотный импульсный электронный ускоритель для радиационной технологии. Тезисы докладов 8-ой Международной конференции «Ядерная и радиационная физика». – Алматы: Изд-во: ИЯФ НЯЦ РК, 2011. – С. 549-555.

СЕНСОРЫ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Шандарова О.Е.
Научный руководитель: Шандаров Е.С.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-Mail: vilka-xd@yandex.ru

Мы живем в мире напичканном разными электронными устройствами. Уже никого не удивишь смартфоном, цифровым фотоаппаратом, планшетом или электронной книжкой. Число разных гаджетов постоянно растет. Также растет и число функций которые они выполняют. Часть этих функций была бы невозможна без использования новых типов сенсоров, действие которых основано на законах механики.

Одними из самых популярных сенсоров являются гироскоп и акселерометр.

Гироскоп - устройство, способное реагировать на изменение углов ориентации тела, на котором оно установлено, относительно инерциального пространства. [1] Простейший пример гироскопа — юла (волчок).

Различают два основных типа гироскопов по принципу действия: механические и оптические гироскопы.

Среди механических гироскопов выделяется роторный гироскоп - быстро вращающееся твёрдое тело, ось вращения которого способна изменять ориентацию в пространстве. При этом скорость вращения гироскопа значительно превышает скорость поворота оси его вращения. Основное свойство такого гироскопа — способность сохранять в пространстве неизменное направление оси вращения при отсутствии воздействия на неё моментов внешних сил. Впервые это свойство использовал Фуко в 1852 г. для экспериментальной демонстрации вращения Земли. Именно благодаря этой демонстрации гироскоп и получил своё название от греческих слов «вращение», «наблюдаю».

При воздействии момента внешней силы вокруг оси, перпендикулярной оси вращения ротора, гироскоп начинает поворачиваться вокруг оси прецессии, которая перпендикулярна моменту внешних сил.

Это свойство обусловлено возникновением кориолисовой силы. Так, при воздействии момента внешней силы гироскоп поначалу будет вращаться именно в направлении действия внешнего момента. Каждая частица гироскопа будет таким образом двигаться с переносной угловой скоростью вращения вследствие действия этого момента. Но ротор гироскопа, помимо этого, и сам вращается, поэтому каждая частица будет иметь относительную скорость. В результате возникает кориолисова сила, которая заставляет гироскоп двигаться в перпендикулярном приложенному моменту направлении, то есть прецессировать. Прецессия вызовет кориолисову силу, момент которой скомпенсирует момент внешней силы (гироскопический момент).

Гироскопический эффект вращающихся тел есть проявление коренного свойства материи — её инерционности.

Акселерометр — прибор, измеряющий проекцию кажущегося ускорения (разность между абсолютным ускорением объекта и гравитационным ускорением, точнее ускорением свободного падения) [2]. Существуют трёхкомпонентные (трёхосевые) акселерометры, которые позволяют измерять ускорение сразу по трём осям.

Акселерометр может применяться как для измерения проекций абсолютного линейного ускорения, так и для косвенных измерений проекции гравитационного ускорения. Последнее свойство используется для создания инклинометров. Акселерометры входят в состав инерциальных навигационных систем, где полученные с их помощью измерения интегрируют, получая инерциальную скорость и координаты носителя, при регистрации амплитуд выше собственной резонансной частоты можно измерять непосредственно собственную скорость акселерометра.

Вышеописанные сенсоры активно применяются в современнх электронных устройствах.

Все замечали, что экран смартфона "поворачивается" когда мы меняем его ориентацию, тоже самое происходитт и с планшетом. В этих устройствах операционная система следит за показаниями таких датчиков как гироскоп или акселерометр и корректируют положение экрана.

Сенсоры самых разных типов активно применяются во всех роботах. Например, гироскопом и акселерометром оснащаются марсоходы, квадрокоптеры, андроидные роботы.

Квадрокоптер - как правило есть и гироскоп и акселерометр, используются для балансировки, определения текущего положения аппарата и прочее. Акселерометр используется для мгновенной рекции на изменение баланса.

Марсоходу гироскоп помогает не застрять на сложном рельефе Марса.

Андроидные роботы используют датчики гироскоп и акселерометр для того чтобы "не падать".

Данная работа выполнялась на базе лаборатории робототехники и искусственного интеллекта Института инноватики ТУСУР. Для демонстрации действия акселерометра и обработки его показаний было решено

использовать робототехническую платформу RoboBuilder.

Робот RoboBuilder выпускается корейской компанией и представляет собой набор деталей (процессор, датчики, сервоприводы и крепеж) из которого можно собрать различных роботов. RoboBuilder предназначен для образования и развлечения. HUNO, DINO, DOGY три стандартные платформы робота. Наиболее популярной, конечно, является платформа HUNO. Это андроидный робот, т.е. человекоподобный. С помощью данного робота можно освоить и изучить особенности движения роботов, выполнения манипуляций и локомоций. Манипуляции — движения конечностей при выполнении какой-либо работы, локомоции — движение всего тела для осуществления перемещения во внешней среде.

Кроме того, блок управления роботом включает в себя набор датчиков, которые позволяют ему взаимодействовать с внешней средой («видеть препятствия», «чувствовать положение тела в пространстве» и пр.).

За функцию вестибулярного аппарата в роботе отвечает акселерометр. Мы рассмотрели действие этого сенсора на примере создания программы "Ванька-встанька". Этот пример заключается в том, что когда тело робота оказывается в горизонтальном положении, например когда он падает, он тут же автоматически встает. Наша работа по созданию программы состояла из двух частей: программирование набора движений для того чтобы робот встал из положения «лежа» и программирования «реакции» робота на приведение его в положение «лежа». Первую программу мы создавали в среде MotionBuilder, программирование сенсоров - в программе ActionBuilder.

В программе MotionBuilder мы создали движение «Встать из положения «лежа». Оно состоит из 11 сцен. В каждой сцене мы определяли положение каждого двигателя. Самой сложной задачей для нас было обеспечить равновесие робота, поскольку самая тяжелая его часть — блок управления.

В программе ActionBuilder мы определили при каких значениях датчика робот будет выполнять специальную программу (наше движение «встать из положения «лежа»). Акселерометр, который здесь использован 3-осный, поэтому мы определили диапазон значений для всех трех координат (X,Y и Z) при котором робот находится в горизонтальном положении.

Согласно документации, акселерометр робота возвращает условное значение ускорения от -7 до +7 по всем трем осям. Условная 1 будет равна в данном случае $\frac{1}{4}g$. g - ускорение свободного падения. Например, если робот помещается в положение "лежа на животе", то значения возвращаемых переменных будут $X = 0g$, $Y = 0g$, $Z = 1g$. Таким образом, робот будет "лежать на животе", если $-1 \leq X \leq 1$, $-1 \leq Y \leq 1$, $3 \leq Z \leq 5$. Когда значения, возвращаемые датчиком будут находится в тех пределах, которые мы обозначили, в программе запустится выполнение движения "встать из положения "лежа".

Особую благодарность автор хочет выразить студенту лаборатории робототехники ТУСУР Шепелевой Наталье за помощь в подготовке данной работы.

Список литературы

1. Электронный ресурс http://ru.wikipedia.org/wiki/Гироскоп
2. Электронный ресурс http://ru.wikipedia.org/wiki/Акселерометр
3. Электронный ресурс http://robosavvy.com/RoboSavvyPages/ Robobuilder/ ActionBuilderManual.pdf (документация по программе ActionBuilder)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРЯМОЙ ПЛАЗМЕННОЙ УТИЛИЗАЦИИ ОБЕДНЕННОГО ПО ИЗОТОПУ УРАН-235 ГЕКСАФТОРИДА УРАНА

Шахматова О.Д., Михайлова Д.А., Каренгин А.Г.
Научный руководитель Каренгин А.Г., к.ф.-м.н.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: shahmatovaol@tpu.ru

Сегодняшняя актуальность проблемы обеднённого по изотопу уран-235 гексафторида урана (ОГФУ) определяется экологическими и экономическими факторами. Экологические проблемы возникли из потенциальной и фактической опасности хранения громадных масс летучего радиоактивного фтористого продукта в стальных баллонах под открытым небом. Для некоторых регионов эти экологические проблемы обострились в течение последних десятилетий в связи с тем, что отвальные поля оказались в непосредственной близости к жилым массивам.

Экономические проблемы определяются тремя основными факторами [1]:

- фактически «омертвлены» громадные запасы фтора – продукта, который становился дефицитным в СССР еще до его распада; после распада СССР большинство рудников, где добывали флюорит – сырье для получения фтора, остались в странах так называемого ближнего зарубежья с сопутствующими этому последствиями;
- обедненный по изотопу уран-235 представляет немалую ценность как компонент некоторых топливных композиций в атомном реакторостроении, а так же как компонент прецизионных специальных сплавов и как легирующая добавка к некоторым сплавам общего назначения;
- хранение ОГФУ требует больших эксплуатационных затрат на содержание и расширение отвальных полей, изготовление и ремонт баллонов; эти затраты еще более возрастут в недалеком будущем, когда встанут вопросы о цене омертвленных земельных участков и о стоимости их рекультивации.

Основным рабочим продуктом, применяемым для разделения изотопов урана, является гексафторид урана, получаемый из природного урана. Природный уран состоит из трех радиоактивных изотопов: уран-238 (около 99,274%), уран-235 (около 0,711%), уран-234 (около 0,005%). На урановом топливе, обогащенном изотопом уран-235, сегодня работает большинство атомных энергетических реакторов.

Для проведения процесса обогащения природный уран переводят в форму гексафторида. В результате обогащения урана по изотопу уран-235 образуются ОГФУ и обогащенный урановый продукт (ОУП), который передаётся потребителю, а ОГФУ направляется на хранение и последующую переработку.

ОАО «ПО «Электрохимический завод» (г.Зеленогорск) первым в России освоило промышленную переработку ОГФУ в закись-окись урана и решило в масштабах собственного производства проблему утилизации ОГФУ, использовав для этих целей технологию, предложенную французскими атомщиками. Первая российская установка под названием «W-ЭХЗ» была введена в эксплуатацию в декабре 2009 года и способна переводить химически опасный ОГФУ в устойчивую химическую форму – закись-окись урана, пригодную для безопасного долговременного хранения. В установке «W-ЭХЗ» используется метод пирогидролиза – двухстадийное восстановление ОГФУ в пароводяной смеси с получением плавиковой кислоты и закиси-окиси урана (U_3O_8).

Целью данной работы является моделирование и оптимизация процесса прямой одностадийной плазменной утилизации ОГФУ в различных плазменных теплоносителях для получения целевого продукта в виде закиси-окиси урана.

Для определения оптимальных режимов исследуемого процесса проведены расчёты равновесных составов газообразных и конденсированных продуктов прямой плазменной утилизации ОГФУ.

Расчёты проведены при давлении 0,1МПа, широком диапазоне рабочих температур (от 300 до 4000 К) и массовых долей различных плазменных теплоносителей и их комбинаций (воздух, аммиак, водяной пар, пропан, водород). Для расчётов использовалась лицензионная программа TERRA.

На рисунке 1 представлен характерный равновесный состав основных газообразных продуктов прямой плазменной утилизации ОГФУ в воздушной плазме.

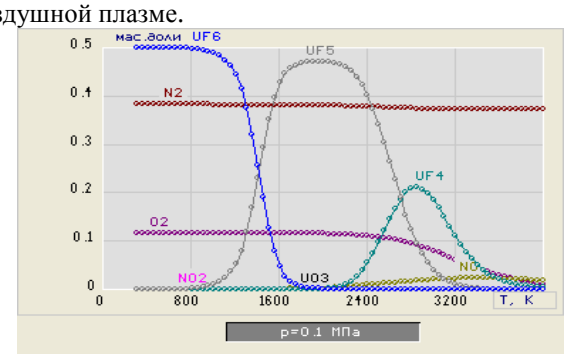


Рис. 1 Равновесный состав продуктов прямой плазменной утилизации ОГФУ в воздушной плазме (50% UF_6 : 50% Воздух)

Из анализа равновесных составов (рис. 1) следует, что в воздушной плазме при рабочих температурах до 1200 К сохраняется UF_6 в газовой

фазе, при температурах 1600÷2400 К образуется UF_5 в газовой фазе, а свыше 2800 К – UF_4 в газовой фазе. Требуемого целевого продукта в виде закиси-окиси урана U_3O_8(с) в конденсированной фазе в воздушной плазме не образуется.

Проведение процесса прямой плазменной переработки ОГФУ в воздушно-аммиачной плазме (рис. 2) приводит к тому, что при рабочих температурах до 900 К образуется уранилфторид UO_2F_2(с) в конденсированной фазе, а при температурах 1200÷1400 К образуется с максимальным выходом требуемый целевой продукт в виде U_3O_8(с) в конденсированной фазе. Также при температуре выше 1600 К образуется оксид урана U_4O_9(с).

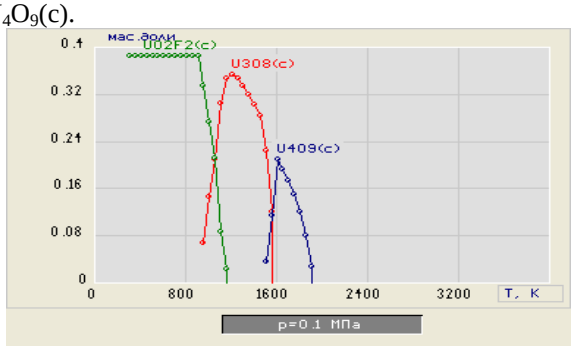


Рис. 2 Равновесный состав продуктов плазменной утилизации ОГФУ в воздушно- аммиачной плазме (70% UF_6 : 5% NH_3 : 25% Воздух)

На рисунке 3 представлен характерный равновесный состав основных конденсированных продуктов прямой плазменной переработки ОГФУ в воздушно-пропановой плазме.



Рис. 3 Равновесный состав продуктов плазменной утилизации ОГФУ в воздушно-пропановой плазме. (45% UF_6 : 3% C_3H_8 : 52% Воздух)

Проведение процесса прямой плазменной переработки ОГФУ в воздушно-пропановой плазме приводит к тому, что при рабочих температурах до 1100 К образуется UO_2F_2(с) в конденсированной фазе, а при температурах 1200÷1300 К образуется требуемый целевой продукт в виде U_3O_8(с) в конденсированной фазе. При температуре свыше 1600 К также образуется в конденсированной фазе оксид урана U_4O_9(с).

На рисунке 4 представлен характерный равновесный состав основных конденсированных продуктов прямой плазменной переработки ОГФУ в пароводяной плазме.

Из анализа равновесных составов (рис. 4) следует, что в пароводяной плазме при рабочих температурах до 1000 К основным продуктом плазменной переработки ОГФУ является UO_2F_2(с) в конденсированной фазе, при температурах 1200÷1400 К с максимальным выходом образуется целевой продукт в виде закиси-окиси урана U_3O_8(с) в конденсированной фазе. При температуре выше 1700К также образуется оксид урана U_4O_9(с).

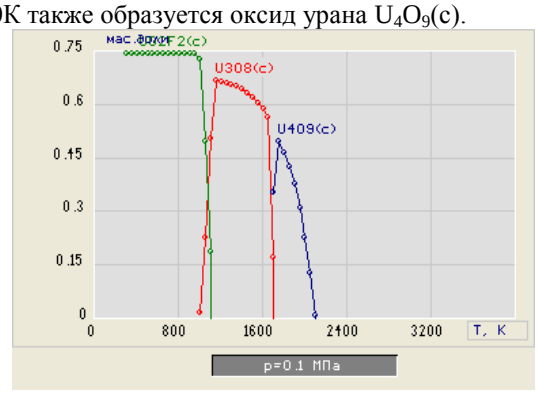


Рис. 4 Равновесный состав продуктов прямой плазменной переработки ОГФУ в пароводяной плазме (85% UF_6 : 15% H_2O)

На рисунке 5 показано влияние рабочей температуры процесса и массовой доли ОГФУ в пароводяной плазме на удельные энергозатраты для получения 1 кг закиси-окиси урана

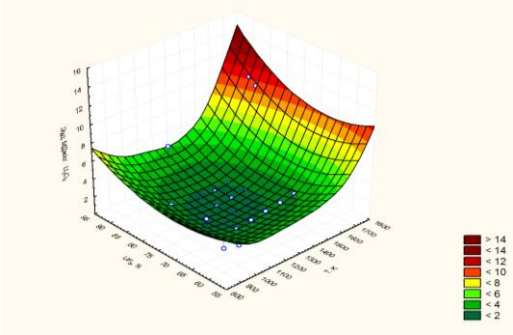


Рис. 5 Влияние рабочей температуры процесса и массовой доли ОГФУ в пароводяной плазме на удельные энергозатраты для получения 1 кг закиси-окиси урана

С учетом полученных результатов рекомендованы для практической реализации процесса прямой плазменной утилизации ОГФУ с получением закиси-окиси урана следующие оптимальные режимы:

- пароводяная плазма;
- оптимальный состав (85% UF_6 : 15% H_2O);
- $T_{раб}$ = (1100 ±100) К.

Полученные результаты могут быть использованы для создания технологии прямой плазменной утилизации ОГФУ с получением закиси-окиси урана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Туманов Ю.Н. Плазменные и высокочастотные процессы получения и обработки материалов в ядерном топливном цикле: настоящее и будущее. - М.: Физматлит, 2003. – 759 с.

ДИАГНОСТИКА ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ В БЕТАТРОНЕ*

Шестак А.П., Маликов Е.Л., Сухих Л.Г.
Научный руководитель: Рычков М.М., к.т.н.
Томский политехнический университет
E-mail: shap@tpu.ru

На сегодняшний день все серийно производимые бетатроны так называемой классической конструкции[1] относятся к разработкам 70–80-х годов. При этом проектирование новых ускорителей данного типа, отвечающих более жёстким современным требованиям, затрудняется отсутствием однозначной модели, описывающей динамику электронного пучка в процессе захвата, ускорения и вывода.

Поскольку особый интерес представляет динамика электронного пучка в процессе его инжекции и захвата в ускорение, то для диагностики был выбран метод регистрации свечения остаточного газа при взаимодействии с ускоряемыми электронами [1, 2]. Данный метод является невозмущающим для пучка и позволяет получать поперечные профили электронного пучка сравнительно низких энергий. В большинстве случаев доминирующей компонентой остаточного газа в вакуумной камере является азот N_2. Для удобства регистрации была выбрана линия излучения возбужденного состояния молекулы азота N_2^+ с длиной волны 394,1 нм. Сечение данного процесса имеет максимум в районе энергий электронов 100 эВ и составляет $14{,}8*10^{-18}$ см^2 [3].

Эксперимент проводился на лабораторном комплексе ЛИК-4М, созданном на базе малогабаритного импульсного бетатрона МИБ – 4. На рисунке 1 показана схема эксперимента.

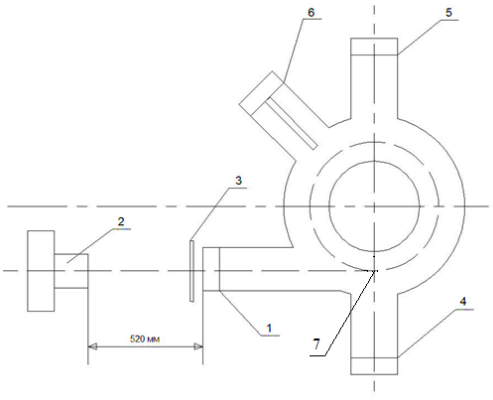


Рисунок 1. Схема проведения эксперимента. 1 – окно для регистрации излучения; 2 – фотокамера (Nikon D5000); 3 – светофильтр; 4 – свободный патрубок; 5 – патрубок для откачки ускорительной камеры; 6 – патрубок для установки инжектора; 7 – точка фокуссировки фотокамеры.

Давление остаточного газа составляло 8×10^{-6} мм.рт.ст., ток инжекции – 0,7 А, частота следования импульсов ускорения – 400 Гц. Эксперимент носил пробный характер, поэтому все полученные результаты не имеют линейной калибровки относительно магнитной системы бетатрона. Тем не менее, была проведена калибровка матрицы фотокамеры. Исходные данные представляли собой зависимость интенсивности света от номера пикселя матрицы по горизонтали и вертикали. При указанной геометрии эксперимента калибровочный коэффициент составил 0,02 мм/пиксель.

Для определения спектрального состава свечения остаточного газа между фотокамерой и окном вакуумной камеры устанавливались светофильтры с определенными полосами пропускания. Использование светофильтров так же позволило снизить влияние фонового излучения, которое обусловлено свечением накала катода инжектора и находится в красной области спектра.

В ходе эксперимента было установлено, что максимальный уровень свечения остаточного газа наблюдается со светофильтром СС15, полоса светопропускания которого показана на рисунке 2.

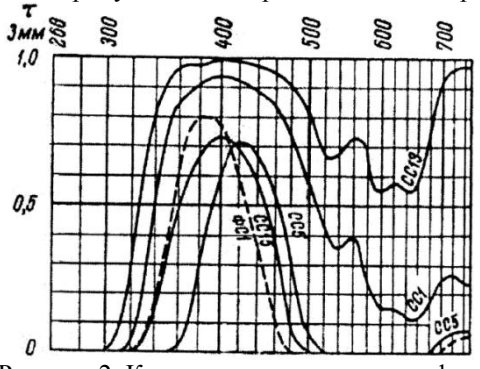
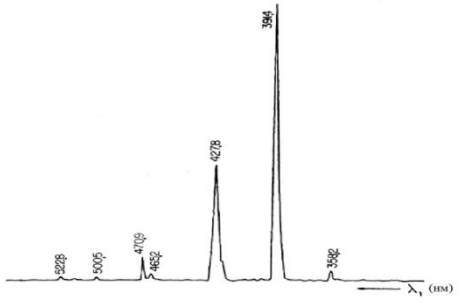


Рисунок 2. Кривые пропускания светофильтров.

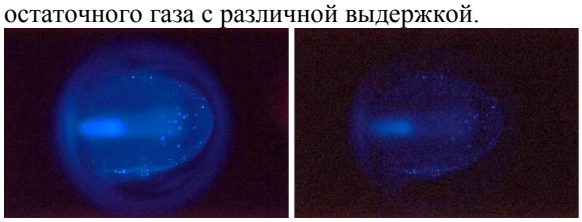


[1] Под классической конструкцией следует понимать бетатрон с азимутально однородными полюсами и шести-стоечным обратным магнитопроводом.

Рисунок 3. Спектр свечения азота при взаимодействии с пучком протонов с энергией 200 кэВ.

На рисунке 3 приведен спектр свечения азота [4], две наиболее интенсивные линии которого, 391,4 нм и 427,8 нм, попадают в пределы полосы пропускания светофильтра СС15.

Одна из задач, решаемых в эксперименте, это определение чувствительности метода применительно к бетатрону, имеющему относительно малый ток пучка в сравнении с другими циклическими ускорителями электронов [5, 6]. С этой целью свечение остаточного газа регистрировалось с различной выдержкой фотокамеры при максимальной чувствительности матрицы. При выдержке 3 и более секунд происходит насыщение цифровой матрицы фотокамеры, что приводит к потере данных в областях максимума интенсивности свечения. Минимальная выдержка фотокамеры, с которой удалось зарегистрировать свечение газа, составила 0,25 секунды при использовании светофильтра СС15. На рисунке 4 приводятся снимки свечения остаточного газа с различной выдержкой.



а) б)

Рисунок 4. Фотографии со светофильтром СС15:
а – выдержка 1 секунда, б – выдержка 0,25 секунд.

На рисунке 5 представлено горизонтальное распределение плотности тока в пучке относительно медианной плоскости магнитной ускоряющей системы бетатрона. Видно, что некоторая часть графика хорошо аппроксимируется нормальным распределением: среднеквадратичное отклонение σ = 2,19 мм; полная ширина на полувысоте FWHM = 5,16 мм. Отклонение от нормального распределения вероятней всего связано с тем, что в угол обзора объектива фотокамеры попадает вся видимая через окно 1 (рис. 1) область прохождения пучка электронов.

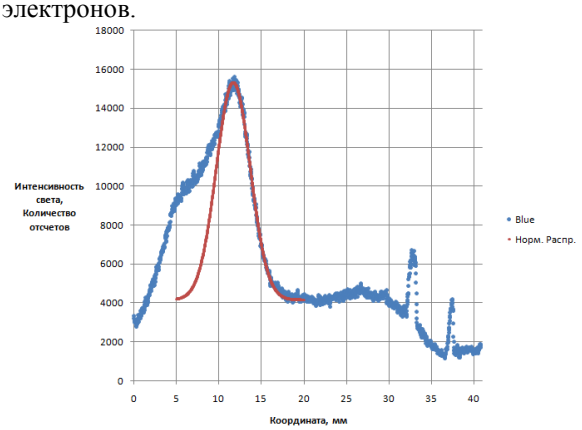


Рисунок 5. Горизонтальное распределение плотности тока в пучке.

На рисунке 6 представлено вертикальное распределение плотности тока в пучке относительно максимума горизонтального распределения. Плотность тока в пучке по вертикали полностью аппроксимируется нормальным распределением: среднеквадратичное отклонение σ = 1,72 мм; полная ширина на полувысоте FWHM = 4,05 мм.

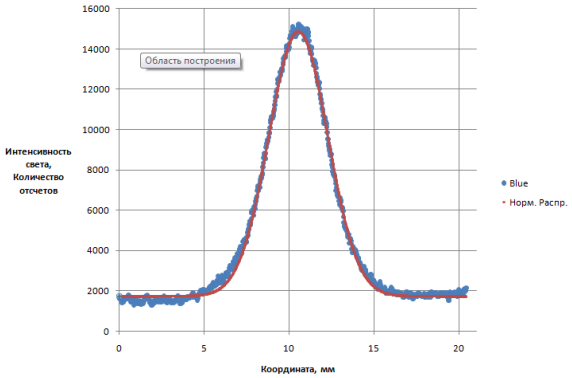


Рисунок 6. Вертикальное распределение плотности тока в пучке.

Таким образом, описанный метод позволил получить картины интегрального распределения плотности тока в пучке за 100 импульсов ускорения в бетатроне на энергию 4 МэВ.

Список литературы

1. Москалев В.А., Сергеев Г.И. Измерение параметров пучков заряженных частиц. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 240 с.
2. PROFILE MONITORS BASED ON RESIDUAL GAS INTERACTIONS/ Forck, A. Bank, T. Giacomini, A. Peters// Proceedings of DIPAC 2005, Lyon, France, p. 223 – 227, ITTA01.
3. Yukikazu Itikawa. Cross Sections for Electron Collisions with Nitrogen Molecules// J. Phys. Chem. Ref. Data. – 2006. – V.35, No. 1. . – P. 31 –53.
4. Spectra Induced by 200-kev Proton Impact on Nitrogen / R.H. Hughes, J.L. Philpot // Phys. Rev. – 1961 – V.123. – C. 2084.
5. Л.А. Арцимович, С.Ю. Лукьянов. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. – М.: Наука, 1978. – 224 с.
6. Комар Е.Г. Основы ускорительной техники. – М., Атомиздат, 1975. – 368 с.

* Работа выполнена по госзаданию «Наука», тема № 5.70.2012.

«МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННОЙ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ВОДООЧИСТКИ»

Шеховцова А.П., Каренгин А.Г.
Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф-м.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: nessheh@gmail.com

В процессе очистки пресной воды на Томском подземном водозаборе образуется в год около 600т осадков (таблица 1) после водоподготовки воды (ОВП), которые из-за отсутствия технологии переработки сбрасывается в реку, что приводит к существенному ухудшению экологической обстановки в регионе [1-3].

Таблица 1 Элементный состав ОВП

Элемент	Содержание, масс. %
Железо (основа)	30,3
Марганец	4.5
Кремний	4,0
Кальций	1,0
Магний	$2{,}6\ 10^{-1}$
Алюминий	$1\ 10^{-1}$
Медь	$4{,}5\ 10^{-2}$

Эффективная и экологически безопасная утилизация таких отходов может быть достигнута при плазменной утилизации оптимальных по составу горючих водно-органических композиций на основе ОВП, имеющих адиабатическую температуру горения Тад≈1200°С.

На рисунках 1 и 2 показано влияние содержания ОВП, спирта и ацетона на адиабатическую температуру горения различных по составу водно-органических композиций «ОВП-Вода-Спирт» и «ОВП-Вода-Ацетон»

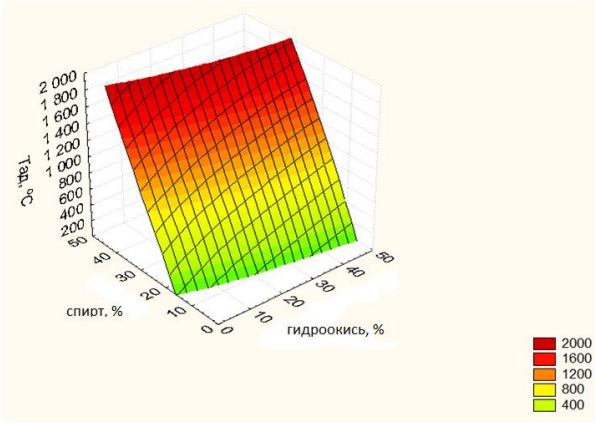


Рис. 1. Влияние содержания гидроокиси железа и спирта на адиабатическую температуру горения водно-органических композиций «ОВП – Вода – Спирт»

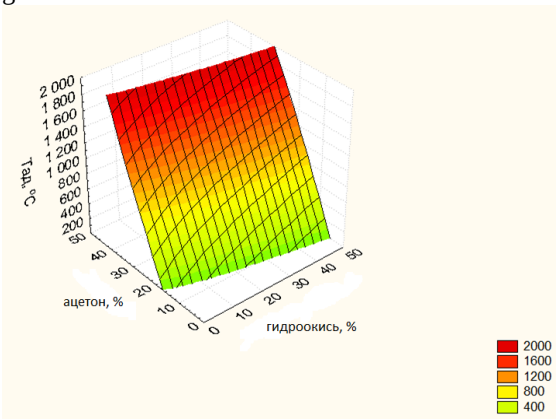


Рис.2. Влияние содержания ОВП и ацетона на адиабатическую температуру горения водно-органических композиций «ОВП – Вода – Ацетон»

В результате проведенных расчётов определены оптимальные составы водно-органических композиций, имеющих адиабатическую температуру горения Тад≈1200°С и обеспечивающих экологически безопасную утилизацию ОВП.

1. ВОК-1(45% ОВП : 36% вода : 19% ацетон).
2. ВОК-2 (45% ОВП : 33% вода : 22% спирт).

Для определения оптимальных режимов исследуемого процесса проведены расчёты равновесных составов газообразных и конденсированных продуктов плазменной утилизации оптимальных водно-органических композиций на основе ОВП. Для расчётов использовалась лицензионная программа TERRA.

Расчёты проведены при атмосферном давлении (0,1 МПа), в широком диапазоне температур (300÷4000 К) и массовой доле воздушного плазменного теплоносителя (20% ÷ 80%).

На рисунках 3 и 4 представлены характерные равновесные составы основных газообразных и конденсированных продуктов плазменной утилизации оптимальной водноорганической композиции ВОК-1 при различной массовой доле воздушного плазменного теплоносителя 75%

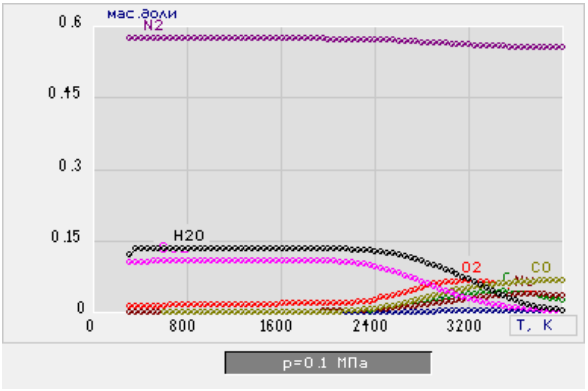


Рис. 3 Равновесный состав газообразных продуктов плазменной утилизации в воздушной плазме водноорганической композиции ВОК-1 (75% Воздух : 25% ВОК-1)

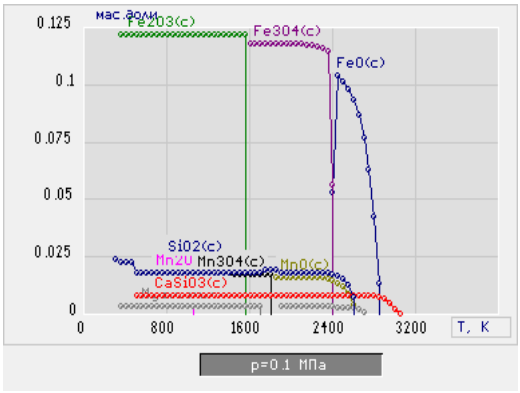


Рис. 4 Равновесный состав продуктов плазменной утилизации в воздушной плазме водно-органической композиции ВОК-1 (75% Воздух : 25% ВОК-1)

Из анализа составов на рисунках 3 и 4 следует, что при массовой доле воздушного плазменного теплоносителя (75%) и рабочих температурах 1400±100 К образуются газообразные продукты N_2, CO_2 и H_2O, а в конденсированной фазе образуется магнитная окись железа Fe_2O_3(с). Отсутствие сажи и незначительное количество CO и NO указывают на то, что процесс плазменной утилизации оптимальной горючей композиции ВОК-1 в воздушной плазме при оптимальной массовой доле воздушного плазменного теплоносителя 75% идёт в оптимальном режиме с получением требуемого целевого продукта в конденсированной фазе в виде магнитной окиси железа Fe_2O_3. [4-5]

Снижение массовой доли воздуха с 75% (рис. 4) до 70% (рис. 5) приводит к образованию немагнитной окиси железа Fe_3O_4 в конденсированной фазе в продуктах плазменной утилизации водно-органической композиции ВОК-1.

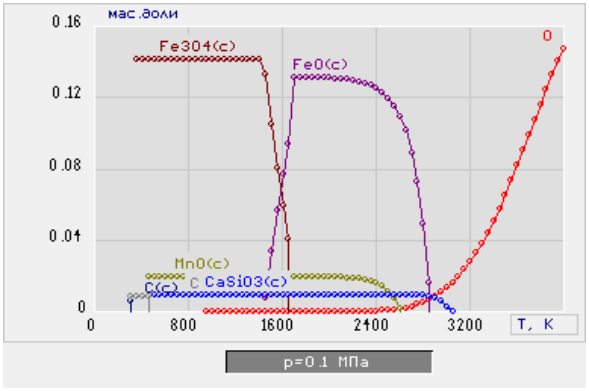


Рис5 Равновесный состав продуктов плазменной утилизации в воздушной плазме водно-органической композиции ВОК-1 (70% Воздух : 30% ВОК-1)

С учётом полученных результатов может быть рекомендовано для процесса плазменной утилизации ОВП с получением пигментов магнитной окиси железа Fe_2O_3 следующие технологические режимы:

- интервал рабочих температур 1400±100 К;
- ВОК-1 (45% гидроокись железа : 33% вода :22% спирт);
- 75% воздух : 25% ВОК-1.

При рекомендуемых режимах получены опытные партии пигментов магнитной окиси железа, которые переданы для приготовления и испытания лакокрасочной продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лисецкий В.Н., Брюханцев В.Н.,. Андрейченко А.А. Улавливание и утилизация осадков водоподготовки на водозаборах г. Томска. - Томск: Изд-во НТЛ, 2003. – 164с.
2. Николадзе Г.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод. М.: Стройздат, 1978. - 160 с.
3. Минеральные новообразования на водозаборах Томской области. Покровский Д.С., Дутова Е.М., Рогов Г.М., Вологдина И.В. и др./ под ред. Д.С. Покровского.- Томск: Изд-во НТЛ, 2002.- 176 с.
4. Беленький, Е.Ф. Химия и технология пигментов / Е.Ф. Беленький, И.В. Рискин. –Изд. 4-е. – Л. : Химия, 1974. – 656 с.
5. Дзюбо В.В., Саркисов Ю.С. Технология получения сурикоподобного пигмента и краски на его основе. – Инф. Лист №50-97 Сер.:Р61.65.31. – Томск: ТМТЦНТИП. – 5с

AMMONIUM TRICHLORIDOCOBALTATE THERMAL SUSTAINABILITY EXPLORATION

Amanbayev D.D.
Scientific Supervisor: Assoc. Prof. Kraydenko R.I.
Linguistic Advisor: PhD. Falkovich Yu.V.
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin ave., 30, 634050
E-mail: daleramanbayev@gmail.com

1. Introduction

Ammonium chloridometalates are intermediates in oxidized nickel ore (ONO) processing with the use of ammonium chloride as an opening agent [1]. Mass concentration of cobalt(II) chloride in ONO exceeds 0.1%, therefore it's extraction is considered to be lucrative [1, 2]. Ammonium trichloridocobaltate (ATC) is an intermediate of ONO reprocessing technology currently being developed [2]. NH_4CoCl_3 decomposition temperature and enthalpy of decomposition to cobalt(II) chloride are required to calculate the ore chlorination energy.

2. Objectives

Since there is no appropriate data about ATC thermal characteristics in reference sources, the objectives of this research are following:

- Ammonium trichloridocobaltate(II) (ATC) decomposition temperature determination;
- Enthalpy of ATC to $CoCl_2$ decomposition determination.

Next operations were performed to achieve the purpose:

- ATC synthesis;
- Products identification;
- ATC thermal analysis.

3. Development

ATC synthesis.

Ammonium chloride and cobalt(II) chloride hexahydrat were dissolved in pure alcohol in stoichiometric ratio:

$$CoCl_2 \cdot 6H_2O + NH_4Cl \rightarrow NH_4CoCl_3 \cdot 6H_2O$$

Synthesis was performed in a rotary evaporator Hei-Vap Precision under pressure 25 kPa, heating 67 ^oC and chamber rotation frequency 40 rpm with simultaneous solvent removal. As a result violet powder was obtained.

Products identification

To confirm the synthesis of coordination complex the IR spectroscopy and powder diffraction methods were applied (fig.1).

The methods data indexing revealed that the powder 99% consists of ammonium trichloridocobaltate dihydrate (table 1).

Fig.1 ATC powder diffraction roentgenogram.

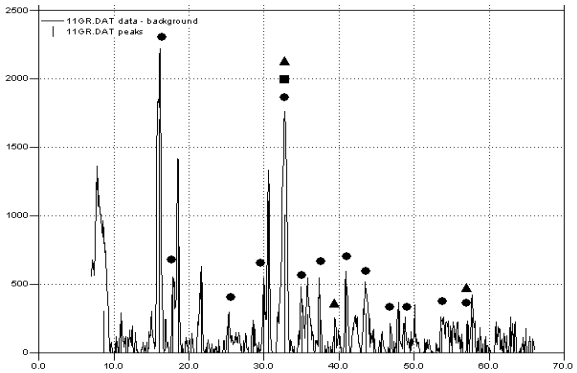


Table 1. ATC powder diffraction data index.

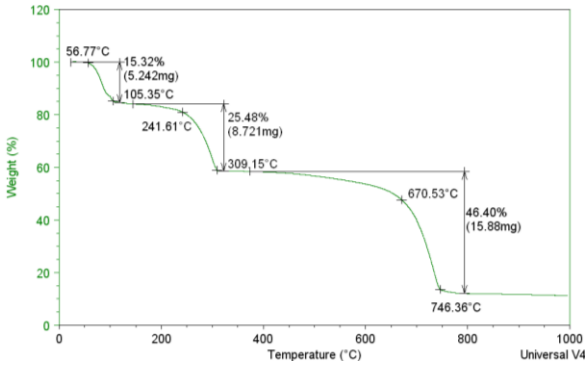
■ - NH_4Cl		▲ - $NH_4CoCl_3 \cdot 2H_2O$	
2θ	I,%	2θ	I,%
32.775	99	33.202	99

ATC thermal analysis.

To determine the temperature and enthalpy of NH_4CoCl_3 to $CoCl_2$ decomposition a differential thermal analysis (DTA) and differential scanning calorimetry (DSC) were carried out on the combined TGA / DSC / DTA analyzer SDT Q600 with software data processing TA instruments Universal V4.2E.

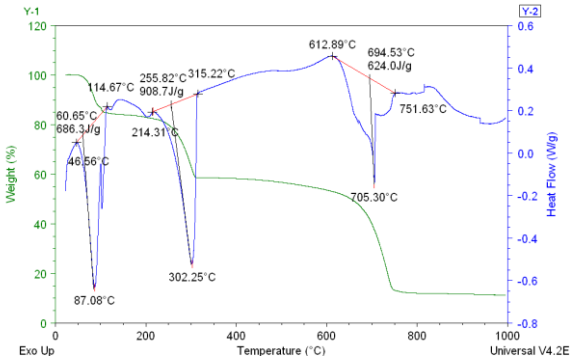
To implement DTA/DSC analysis 34.2 mg of $NH_4CoCl_3 \cdot 2H_2O$ were used. The chamber heating was accomplished 20 to 850 °C at a speed of 5 °C per minute under a stream of argon.

Fig. 2. Differential thermal analysis of $NH_4CoCl_3 \cdot 2H_2O$.



According to the data obtained crystalline water molecules removal into the gas phase starts at a temperature of 46 °C. By increasing the temperature to 214 °C NH_3 and HCl are removed (fig. 2, fig. 3).

Fig.3. DTA/DSC analysis of $NH_4CoCl_3 \cdot 2H_2O$.



The process of $NH_4CoCl_3 \cdot 2H_2O$ to $CoCl_2$ decomposition passes through two stages - each stage proceeds with the absorption of heat - corresponding to removal of water and consistent removal of ammonium chloride in the form of ammonia and hydrogen chloride. Fig.3 shows that the Enthalpy of ammonium trichloridocobaltate to cobalt chloride decomposition is 908.7 kJ/kg:

1. $NH_4CoCl_3 \cdot 2H_2O \xrightarrow{46\ ^\circ C} NH_4CoCl_3 + 2H_2O\uparrow$, Δh = 686,3 kJ/kg;
2. $NH_4CoCl_3 \rightarrow CoCl_2 + NH_3 + HCl$, Δh = 908.7 kJ/kg;

4. Results.

1. Ammonium trichloridocobaltate(II) (ATC) decomposition temperature:

t_{dec} = 214 °C;

2. Enthalpy of ATC to $CoCl_2$ decomposition:

Δh_{dec} = 908.7 kJ/kg.

The values can be considered as correct for ATC obtained both as a result of laboratory synthesis and as a result of ONO opening, because there are no allotropic modifications for ATC [3].

5. Conclusion.

ATC decomposition temperature and enthalpy of ATC to $CoCl_2$ decomposition were determined. These values allow calculating the ore chlorination energy and conditions, which in turn allow us to refine the process flow chart [2].

ATC decomposition temperature t_{dec} = 214 °C suggests that the use of standard facilities is possible (there is no need to use special apparatus, which is expensive). It is another advantage of ONO reprocessing technology currently being developed [4].

References

1 Крайденко Р.И. Выделение ценных компонентов из медно – никелевого концентрата хлороаммонийным методом //Химическая промышленность сегодня.2008.№11.с.13–17.

2 Андреев А.А., Дьяченко А.Н., Крайденко Р.И. Переработка окисленных никелевых руд с применением хлорида аммония //Химическая промышленность сегодня.2010.№02.с.91–96.

3 R. D. Willett, Crystal Structure of NH_4CoCl_3, J. Chem. Phys. 41 (1964) 2243–2244.

4 Патент 88994 РФ, Технологический комплекс для хлораммонийной переработки окисленных никелевых руд, Андреев А.А., Дьяченко А.Н., Крайденко Р.И., 27.11.09.

THE DISPENSING CATHODE USED IN A COMPACT ELECTRONS ACCELERATOR

A.O.Upenikova
Scientific Advisor: A.M. Lider, PhD in Physics and Mathematics
Language Advisor: T. G. Petrashova, Associate Professor
National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, Russia, 634050
E-mail: Upenikova@ya.ru

In our days, compact accelerators of electrons are widely used for medical and industrial purposes. These devices are used in the field of nondestructive testing of materials and products as well as in medicine, and security systems.

When this device is used in security systems, it is intended to scan loads. Means of transport and commodity subjects are examined too. Security systems work on the basis of an electrons accelerator. The electrons accelerator does not change a physical structure of objects, and does not produce a residuary effect of radioactivity on means of transport, commodities and equipment. These devices are being developed at Tomsk Polytechnic University. At the moment, a tungsten-carbide cathode or thoriated cathode is the source of electrons in these devices. The operation time is about 300 hours. However, this time is not enough to solve the task.

Thus, the aim of this work is to develop a technology of dispensing cathode production for an electrons pulse accelerator.

To achieve the aim the following tasks have been formulated. They are:

1) to disassemble the main part of the dispensing cathode;
2) to obtain an image of the surface by scanning with an electron microscopy method;
3) to determine a chemical composition of main parts of dispensing cathode by scanning with electron microscopy method, and x-ray fluorescence analysis;
4) to compare results obtained with the data from a literature review.

As mentioned before, the source of electrons is a tungsten-carbide cathode or thoriated cathode in compact accelerators of electrons. The main disadvantage of these cathodes is their short operation time. It is offered to substitute these types of the cathodes for a dispensing cathode. The dispensing cathode is a cathode consisted of porous sponge which is made of refractory metal. The pores are filled up with active substance. This type of thermionic emitting cathode has the following advantages: firstly, a high degree of reliability; secondly, high density of current emission; and thirdly, high operation time, a simple construction and multiple shapes and sizes [1].

A dispensing cathode can be divided into three main types:

1) L-cathodes, which have the reservoir with an active substance and disk that covers it. The disk is made from porous tungsten.

2) Pressed cathodes, which are made from mixture of refractory metal and an active substance. This mixture is pressed into a porous tablet.

3) Impregnated cathodes are porous solids impregnated with a liquated active substance.

Impregnated cathodes and pressed cathodes are the most attractive to solve the problem. Our choice of the cathodes is based on their simplicity in construction.

At the first stage of the research, there was a dispensing cathode available. The cathode was created at TPU 60 years ago. Unfortunately nowadays, the technology of the cathode production has been lost. Therefore, our laboratory has started creating such a technology, dissembling the main parts of the cathode. Then the chemical analysis was carried out to determine materials, which were used for the cathode production. The main parts of the cathode are an internal and external case, holders, a heating spiral, an insulator and emissive sponge. The image of this cathode is shown in Figure 1.

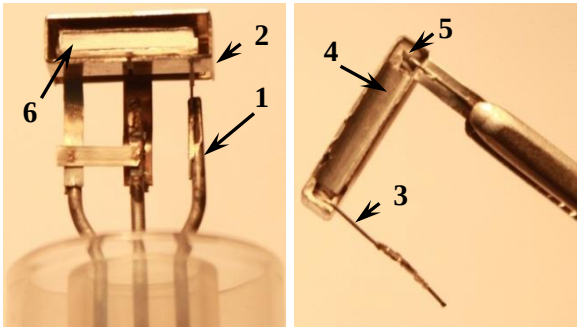


Figure 1 – image of dispensing cathode *1* – holders, *2* – external case, *3* – heating spiral, *4* – internal case, *5* – insulator, 6 – emissive sponge

Scanning electron microscopy was made to determine a chemical composition and morphology of the emissive sponge surface. An image of the surface was obtained in secondary electrons and backward scattered electrons at different magnifications. This result is shown in Figure 2. The figure shows that the pattern has a porous, heterogeneous structure. The image contains dark, medium dark and light areas. This fact shows that the emissive sponge consists of different elements. Light areas are heavy elements; dark areas are elements of low weight. Thus, the emissive sponge consists of three different elements. Since the light areas predominate, the main element of the emissive sponge is a set of heavy elements. 90

percent of the mixture of the total weight are heavy elements.

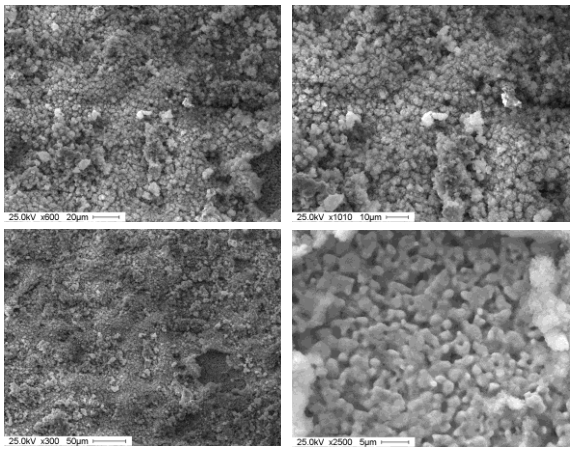


Figure 2 – Surface microstructure of the emissive sponge

Qualitative analysis of the emissive sponge was carried out by scanning using electron microscopy. The analysis shows that the main elements are rhenium, molybdenum, barium, calcium and aluminium. Rhenium, molybdenum, barium are more heavy in comparison with calcium and aluminium. Accordingly, the distribution of rhenium, molybdenum, barium corresponds to light areas, and calcium and aluminium distribution corresponds to dark areas.

To prove obtained results, x-ray fluorescence analysis was carried out. The recent results confirmed the presence of rhenium, molybdenum, barium and calcium in the emissive sponge. Aluminium was not found. Possibly, this fact is caused by a small amount of aluminium in an analyzed example. Also the chemical composition of remaining parts of thermionic emitting cathode was determined. The chemical analysis showed that the internal case is made of molybdenum, and the external case consists of Fe, Ni, Cr – noncorrosive steel, and the heating spiral is made of tungsten, alundum is used as an insulator.

Then, the obtained results were compared with literature review . Literature review shown that the main elements of the emissive sponge are made of tungsten, rhenium and molybdenum [2,3]. This information conforms to the results. The use of rhenium and molybdenum allows increasing the working time of a thermionic emitting cathode as main substance of the emissive sponge. This fact can be explained that tungsten has less work function then rhenium and molybdenum. Thus, when rhenium and molybdenum are used the evaporation rate of barium decreases and the working time of thermionic emitting cathode increases. Alumina (Al2O3), barium carbonate ($BaCO_3$), calcium carbonate ($CaCO_3$) and strontium carbonate ($SrCO_3$) are used as active substances [4, 5, 6, 7]. The results of scanning by electron microscopy and x-ray fluorescence analysis were confirmed by literature review .

Conclusion

At this stage of work, the chemical composition of the main parts of a dispensing cathode was determined by scanning with electron microscopy and x-ray fluorescence analysis. We can prove that alumina, barium carbonate, calcium carbonate, rhenium and molybdenum were used for the emissive sponge production. In the future, we plan to suggest the production technology and construction of a dispensing cathode. Moreover, a method of dispensing cathode testing will be suggested.

References

1 Levi R. Impregnirovannyy katod i yego svoystva po sravneniyu s L-katodom [Levi R. Impregnated cathode and its properties compared to the L-cathode // Oxide cathode: collection of articles translations, 1957. – p. 344– 349.]

2 Guber, Freytag. Nekotoryye predvaritel′nyye raboty po spechennym katodam na osnove soley bariya [Huber, Freitag. Some preliminary work on sintered cathodes based on salts of barium // Oxide cathode: collection of articles translations, 1957. – p. 377– 387.]

3 Mel′nikov A.I. Morozov A.V. Pressovannyy katod na osnove alyuminatov i vol′framatov bariya – kal′tsiya. [Melnikov A.I. Morozov A.V. etc. Pressed cathode based on tungstate and barium aluminate – calcium // Proceedings of the Sciences Academy USSR. Physics Series. – 1958. – XXII(5) – p. 613 – 621.]

4 Yuzan. Termoelektronnyye svoystva katodov, spechennykh na osnove metalla i shchelochnozemel′nykh splavov.[Yuzan. Thermionic cathode properties, sintered based on metal and alkaline earth alloys // Oxide cathode: collection of articles translations 1957. – p. 350– 360.]

5 Kapitsa M.L., Mel′nikov A.I., Morozov A.V. Termoelektronnyye svoystva vol′framata bariya [Kapitza M.L., Melnikov A.I., Morozov A.V. Thermionic properties of tungstate barium // Technology and Electronics – 1958. –N. 8 – p. 1011 – 1016.]

6 Levi R. Impregnirovannyy katod [Levi R. Impregnated cathode // Effective thermionic cathodes: collection of translations 1961. – p.390 – 397.]

7 Mel′nikov A.I. Morozov A.V. Pressovannyy katod na osnove bariy kal′tsiyevogo vol′framata [Melnikov A.I., Morozov A.V. Pressed cathode based on barium calcium tungstate // Technology and Electronics – 1958 –N. 3 – p. 322 – 328.]

THE INFLUENCE OF RADIAL HETEROGENEITY OF HIGH-FREQUENCY TORCH DISCHARGE FILAMENT ON ITS ELECTRODYNAMIC CHARACTERISTICS

Baranov E.A., Miskun I.A., Lucenko Y.Y.
Scientific advisor: Lucenko Y.Y., Assistant Professor, PhD
Language advisor: Cepilova A.V.
Tomsk Polytechnic University, 634050, Tomsk, Russia, Lenin Avenue, 30
E-mail: evr-2007@mail.ru

This article considers the general solution to the electrodynamic problem for a torch discharge burning in air at atmospheric pressure. The conditions under which the skin effect can be neglected are also considered.

In [1], the profile of specific electrical conductivity of the plasma of a torch discharge burning in air at atmospheric pressure is obtained by solving Elenbaas-Heller equation. The radial distribution of discharge plasma conductivity is:

$$\sigma = \sigma_0 \Big/ \left(1 + x^2\right)^2; \qquad x = r/a \qquad (1)$$

Here: r is radial coordinate; a is radial coordinate corresponding to the inflection point of the profile; σ0 is conductivity of the plasma on the discharge axis.

Experimental determination of the radial profile of gas temperature of a torch discharge burning in air was carried out in [3]. The radial profile of the gas temperature and the corresponding radial profile of the electrical conductivity of discharge plasma is shown in Fig. 1.

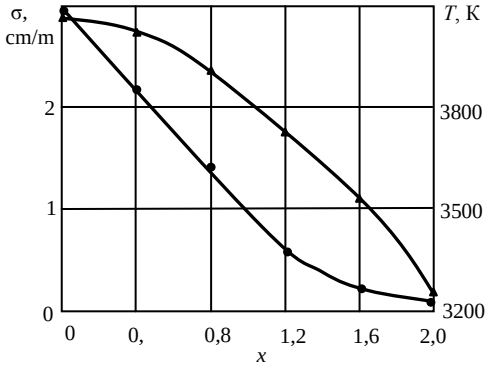


Fig. 1. The radial profile of the gas temperature and the electrical conductivity of discharge plasma.

As we can see from Fig. 1, calculated specific conductivity profile at $x < 1,2$ is described by the following linear dependence:

$$\sigma = \sigma_0 \left(1 - \frac{2}{3}x\right) \qquad (2)$$

When x $<1,5$ ... $2,0$ radial profile of discharge plasma specific electrical conductivity, described by (1), may in turn be replaced by a dependence of the form:

$$\sigma = \sigma_0 e^{-x^2/0,7} \qquad (3)$$

The radial profile of specific electrical conductivity described by (1) and its approximation described by (3) are shown in Fig. 2.

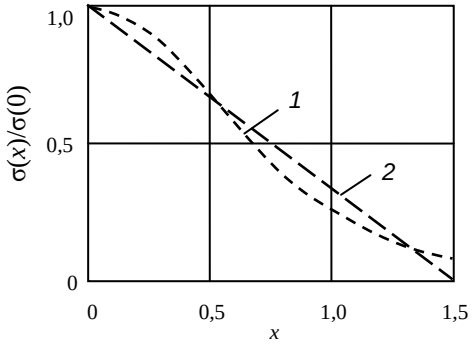


Fig. 2. Approximation of the radial profile of torch discharge plasma specific conductivity. 1) dependence (1), 2) dependence (3).

Thus, in the range of variation of the dimensionless radial coordinate x from 0 to 1.2 ... 1.5 theoretically and experimentally determined radial profile of specific electrical conductivity can be represented by dependence (2) or (3) with at least 70% accuracy.

Let us solve the electrodynamic task on the basis of the available radial profile of discharge plasma specific electrical conductivity.

The group of Maxwell's equations, the corresponding with transverse-magnetic waves in a cylindrical coordinate system with the axial symmetry of the task, will be the following:

$$\frac{\partial H_\varphi}{\partial z} + j\omega\varepsilon E_r = 0 \qquad (4)$$

$$\frac{1}{r}H_\varphi + \frac{\partial H_\varphi}{\partial r} - j\omega\varepsilon E_z = 0 \qquad (5)$$

$$\frac{\partial E_r}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial r} + j\omega\mu H_\varphi = 0 \qquad (6)$$

Here: E_r and E_z are complex amplitudes of radial and axial components of the electric field; H_φ is complex amplitude of the axial component of the magnetic field strength; φ is angular coordinate; z and r are axial and radial coordinates; j is imaginary unit; ε and μ is complex permittivity and magnetic permeability; ω is the frequency of the electromagnetic field.

The solution of Maxwell's equations will be:

$$y(x) = C_1 e^{-\frac{660}{2857}jbx} \varphi(x,d,b)x \quad (7)$$

Here: $\varphi(x,d,b)$ is the function of Huen; $b = \sigma_0 \mu \omega a^2$, $d = h^2 a^2$ h is separation constant (wave number).

Dependence *y(x)*, corresponding to the radial distribution of the axial component of the magnetic field is shown in Fig. 3a. In the calculation of this distribution it was assumed that d=2·10^{-4}; b=2,5·10^{-3}. These values correspond to the case of flare discharge burning in air at atmospheric pressure at a frequency of 40 MHz. The filament radius is 2 mm and electrical conductivity on the discharge axis is 2 cm/m. It also shows the distribution of the magnetic field obtained in [2]. As we can see from the figure, these dependences are slightly different from each other.

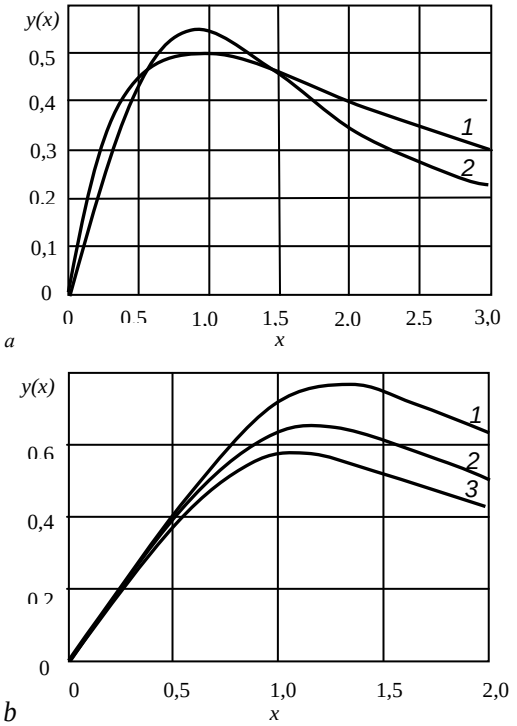


Fig. 3. The radial distribution of torch discharge magnetic field strength. a) a weak skin effect. 1) according to [2], 2) calculation of formula (7), b) with substantial skin effect. 1)b=20; 2)b=15; 3)b=10.

Fig. 3b shows the radial distribution of the amplitude of the magnetic field at different values of b. As it can be seen, with b = 10 the shift of the maximum of magnetic field strength on the radial coordinate is at least 10%.

Let us determine the value of the wave number of the electromagnetic wave. The wave number is determined by the condition of continuity of the tangential components of the electromagnetic field when crossing the border between media.

The results of calculation of the wave number of the electromagnetic wave propagating along the discharge filament in case of low skin effect are shown in Fig. 4a. The results of calculation of the wave number for a similar discharge with substantial skin effect are shown in Fig. 4b. The presented figures show that in case of a weak skin effect phase coefficient is slightly different from the attenuation coefficient.

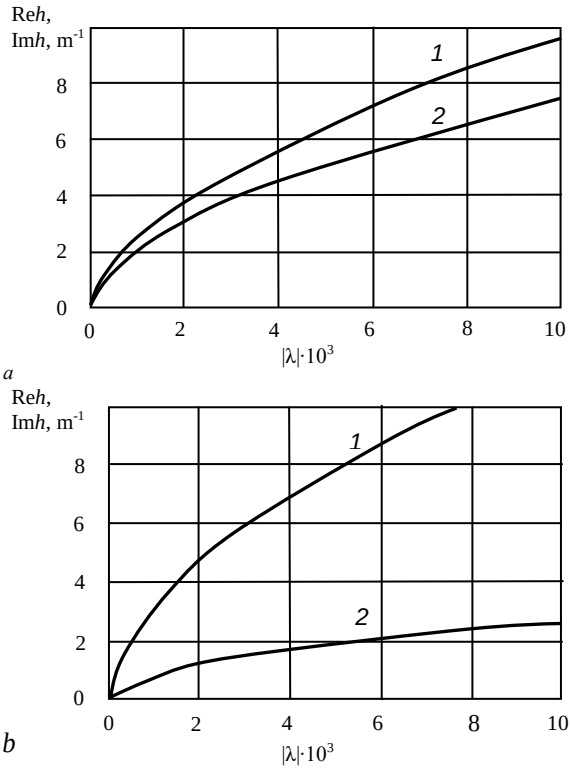


Fig.4. The dependence of the phase and attenuation of electromagnetic waves on the magnitude of λ, when $\lambda = \frac{\psi(d,b)\varepsilon_0 \omega \gamma^2}{\sigma_0}$, $\ln\gamma$ is Euler's constant. a) a weak skin effect (b = 2,5·10^{-3}); b) a significant skin effect (b = 5); 1) Imh; 2) Reh.

When skin effect is significant, the module of function $\psi(d,b)$ depends on b linearly.

As a result, the value of λ, and thus the value of the wave number will depend insignificantly from the electrical conductivity of the plasma in the presence of pronounced skin effect. Given the results of the calculations done above it can also be stated that the approximation of weak skin-effect for a torch discharge is valid in the case when $b < 1 \ldots 2{,}5$.

References:

1. Tikhomirov I.A., Vlasov V.A., Lucenko Y.Y. Physics and electro discharge and high-frequency jet plasma torches from it. - M. Energoatomizdat, 2002. – 196s.
2. Tikhomirov I.A., Lucenko Y.Y. Distribution of the components of the electromagnetic field and the attenuation of high-frequency jet discharge channel with a weak skin effect. / / Proceedings of the Academy of Sciences

Work was done on the instructions of the state "Science"
№ 2.4778.2011

ANALYSIS OF NEUTRON-PHYSICAL CONDITIONS OF TECHNICAL SYSTEMS «DRY» STORAGE OF RBMK-1000 SPENT NUCLEAR FUEL

Gubaydulin I.M., Ibraeva D.S., Knyshev V.V.
Scientific Supervisor: S.V. Bedenko
Linguistic Advisor: senior lecturer N.G. Novikova
National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia
E-mail: commander_tom@sibmail.com

The state of research. The pace of development of nuclear power industry is largely determined by external components of the nuclear fuel cycle and by the long-term storage of spent nuclear fuel (SNF) and its processing in particular.

After the decay of a significant amount of short-lived radio nuclides in the pre-exposure of spent nuclear fuel in water for the reduction of the heat and radioactivity emission, it appears advisable to switch to the "dry" method of storing spent nuclear fuel. Therefore, diverse research and scientific and technological development for the creation of the conditions for long-term "dry" storage of spent fuel are of a great practical interest.

The purpose of this research is scientifically rational and practical recommendations for creating a technology to optimize the neutron-physical parameters of the systems and schemes of placing spent fuel in the "dry" storage. Achievement of the stated goal leads to a better efficiency and safety of the "dry" storage of spent nuclear fuel.

Algorithm of calculation. The calculation was performed using the software package SCALE 5.0. SCALE is an internationally recognized program which is based on the implementation of the Monte-Carlo method. This software package allows the calculation of neutron-physical parameters of the storage and transportation containers, with fresh and irradiated nuclear fuel, the calculation of the isotopic composition of spent nuclear fuel.

The decision to carry out computational studies fell on the analytical sequence CSAS25, which automatically handles the cross-section, and then it simulates physical weight of the technical system depending on the initial and boundary conditions expected.

This analytical sequence allows calculations of k_{eff} for the three-dimensional problems. For this purpose the values of isotopic composition of fuel or several fuels is given to software package SCALE 5.0, as well as compositions of other materials used in the following description of the model. Depending on the task, analytical sequence and library sections are selected. In the calculations the 27-group library of cross sections was used, which was obtained from the convolution of the 218-group library based on the library data ENDF / B-IV. The choice of the library is most optimal for the criticality of calculations.

Then the geometry was described. The package of applied programs SCALE 5.0 used cell modeling method, which greatly simplifies the calculation of the neutron-physical parameters for this problem. For this purpose the geometry of a single cell is described, and then, the field, which is an array of 22 × 11 cells is set. A more detailed computational model is described in the next section.

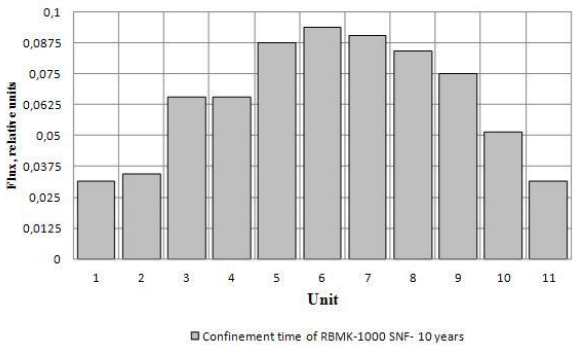
The module CSAS25 runs consistently functional modules BONAMI, NITAWL-II and KENO V.a. to handle the required cross sections and calculate the k_{eff} of «dry» storage system.

The results of calculations of k_{eff} of the "dry" storage system of RBMK-1000 spent nuclear fuel. Characteristics of RBMK-1000 SNF (with enrichment – 2 %, burnout – 20 MW·day/ton(U), confinement time- 180 days and 10 years). The neutron source (n / (s · ton)) was calculated according to [1, 3, 4], the calculation method is presented in [5].

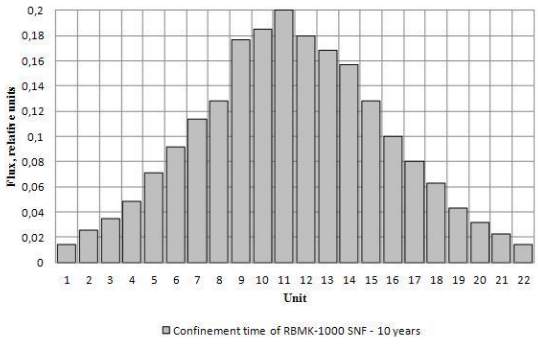
The variant of filling is given below (see Fig. 1) It allowed to reduce the levels of neutron radiation at certain points of the storage system to limit values. Effective multiplication factor of the «dry» storage system is equal to k_{eff} = 0,2148 ± 0,0003. Fluxes of the modeled system, depending on location in the array UNIT below (see Fig. 2).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
11	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5
9	40	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	5
8	41	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	5
7	42	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1	5
6	43	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	5
5	44	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1	5
4	45	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	5
3	46	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	5
2	47	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5
1	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69

Fig. 1. An array of size 22 × 11. UNIT 1, 2, 3 - slot with penals, burning 20, 25, 30 MW · day / ton; 5, 39 – 69 - the empty slots.



а



б

Fig. 2. The value of fast neutrons, depending on UNIT location in the array, confinement time 10 years.

Conclusion

1. It was found that the considering of burn-up would reduce the value of k_{eff} for ~ 32%, and the «dry» storage system of spent nuclear fuel would be deeply subcritical system even in case of beyond-design-basis accidents, but levels of neutron radiation with a burn-up of 19 740 MW · day / ton exceed the maximum permissible value.
2. The optimization of distribution scheme of spent nuclear fuel with different burn-up in dry storage system is allowed to reduce radiation exposure on personnel to limit values.
3. Variant of "downloading" of the «dry» storage system suggested in the researching work will reduce the radiation levels at certain points in the storage to the maximum permissible values.

References:

1. S.V. Bedenko, I.V. Shamanin “Neutron activity of the spent ceramic nuclear fuel”//News of high schools. Physics. - 2011. - T. 54. - № 11/2. - P. 51-56.
2. V.S. Vnukov “Measures of burnup as a parametre of nuclear safety of storage and transport packaging with the spent nuclear fuel.” - The atomic technique abroad. - 1990. - № 12. - P. 9 - 11.
3. I.V. Shamanin, V.I. Bulanenko, S.V. Bedenko “Neutron radiation field of different kinds of irradiated ceramic fuel” // News of high schools. Nuclear power. – 2010. - №2. – P.97-103.
4. S.V. Bedenko, F.V. Gnetkov, S.D. Kadochnikov “Dose characteristics of neutron field of different kinds of irradiation ceramic nuclear fuel” // News of high schools. Nuclear power – 2010. - №1. – P. 6-12.
5. I.V. Shamanin, S.V. Bedenko, A.O. Pavluk, V.A. Lazko “Using of ORGEN-APR program for calculation of a isotope composition of spent nuclear fuel “VVER-1000” reactor” // News of TPU.- 2010. – T. 317. - №4. – P. 25-28.

INVESTIGATION OF FUEL CELLS ELECTRICAL CHARACTERISTICS BY VOLTAMMETRY IN THE TEMPERATURE RANGE OF 550-800 °C

E.N. Kamirnaya
Scientific Supervisor: A.A.Solovev, PhD. in Technical science
Language Supervisor: T.G., Petrashova, Associate Prof.
Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin avenue, Tomsk, Russia, 634050
E-mail: kamerun@tpu.ru

Keywords: Solid oxide fuel cell (SOFC), Hydrogen energy, Thin film, Current-voltage, Power, Yttrium-stabilized zirconium oxide (YSZ).

1. Introduction

The main problem is to create highly efficient and cheap electrochemical generators based on fuel cell (FC). Among the known types of fuel cells, the solid oxide fuel cells (SOFC) are paid much attention all over the world. They are one of the most promising types of fuel cells. The main structural components of them are porous electrodes (anode and cathode) and located between them a gas-tight solid electrolyte (usually yttrium-stabilized zirconium oxide, ZrO_2: Y_2O_3 (YSZ)) [1]. The properties of a thin-film electrolyte largely determine the performance characteristics of a fuel cell. The main requirements for the electrolyte are: high-ionic conductivity, mechanical strength and thermal stability as well as gas-tight to ensure stable and long-term fuel cell operation with high electrical performance.

Solid oxide fuel cells have a wide variety of applications from use as auxiliary power units in vehicles to stationary power generation with outputs from 100 W to 2 MW. In 2009, Australian company, Ceramic Fuel Cells Ltd successfully achieved an efficiency of a SOFC device up to the previously theoretical mark of 60%.[2][3] The higher operating temperature make SOFCs suitable candidates for application with heat engine energy recovery devices or combined heat and power, which further increases overall fuel efficiency.

Because of the high temperatures, light hydrocarbon fuels, such as methane, propane and butane can be internally reformed within the anode. SOFCs can also be fueled by externally reforming heavier hydrocarbons such as gasoline, diesel, jet fuel (JP-8) or biofuels. Such are mixtures of hydrogen, carbon monoxide, carbon dioxide, steam and methane formed by reacting the hydrocarbon fuels with air or steam in a device upstream of the SOFC anode. SOFC power systems can increase efficiency by using the heat given off by the exothermic electrochemical oxidation within the fuel cell for endothermic steam reforming process.

2. Results and Discussion

2.1. The electrical characteristics of fuel cells in the temperature range of 550-800 ° C

In the paper, it has been described a solid oxide fuel cell with a thin film YSZ carrier anode and electrolyte with a diameter of 50 mm. Two-layer porous anodes with a diameter of 50 mm of the 50% Ni + 50% ZrO2: Y2O3 consist of a macro porous base layer (thickness is 500 microns) and finely porous functional layer (thickness 20 mm) designed to

increase the three-phase boundary at the surface of the electrolyte. The electrolyte deposition the cathode was formed by a slurry coating and drying of a lanthanum strontium manganite ($(La_{0.80}\ Sr_{0.20})\ MnO_{3-x}$) paste (NexTech Materials, Ltd., USA). Prior to the cell testing, the LSM cathode was dried at 125°C.

The electrochemical measurements were conducted using the «Potentiostat P-150S» (Elins, Russia).

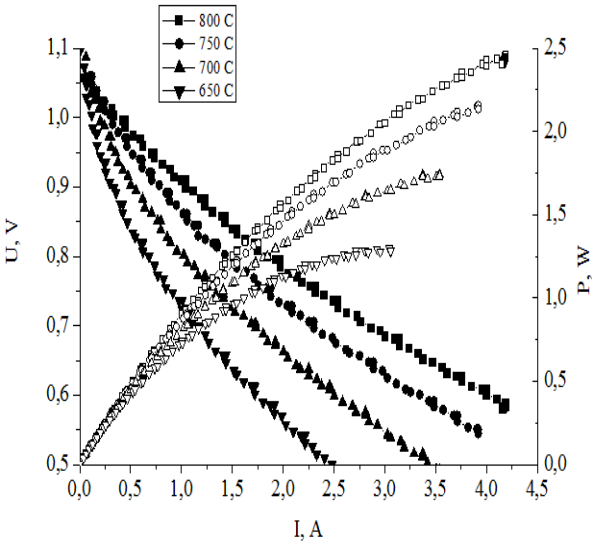


Figure 1 − Current-voltage and power characteristics of the fuel cell at a temperature of 650 ÷ 800 ° C.

Current-voltage characteristics are classical non-linear. Open-circuit voltage as a function of temperature is 1.06-1.08 V. The first "fast" section of the VAC (from 0 to 0.5 A) is associated with activation losses due to the energy required for the implementation of a number of processes. These include gas-phase diffusion of reactants to the electrodes, adsorption, dissociation and ionization, and surface diffusion to the electrochemically active centers, the penetration of ions in the electrolyte and the electrodes. It is seen that when the temperature drops from 800 to 650 °C, the activation loss considerably increases

The maximum power of fuel cells at temperatures of 650, 700, 750 and 800 ° C is 210, 300, 360 and 410

mW/cm^2, respectively. This is lower than the values of power density fuel cell with 20 mm in diameter, which are 260, 360, 470 and 520 mW/cm^2 at 650, 700, 750 and 800 ° C, respectively.

2.2. Comparison of experimental data with the worldwide analogs

In order to compare the results of measurements of the electrochemical characteristics of the fuel cell with the best world achievements, scientific literature over the past 10 years has been reviewed. The results are summarized in Table1. Materials and methods of manufacturing fuel cells are presented in the Table 2.

Table 1 - Overview of the characteristics of individual fuel cells with Ni / YSZ anode and YSZ electrolyte.

Producer	Specific power mW/cm^2			
	650, °C	700, °C	750, °C	800, °C
TPU	210	300	360	410
Korea Institute of Science and Technology [4]	- 370	400 (520)	500 (600)	560 (650)
University of Science and Technology of China, China [5]	-	(410)	(700)	(920)

Table 2 - Materials and methods of manufacturing fuel cells

Manufacturer	Materials and methods of manufacturing fuel cells
TPU	Anode - Ni / YSZ, electrolyte - YSZ (thickness is 4.10 mm, method of application - magnetron sputtering), the cathode - LSM. The diameter of a cell is 50 mm.
Korea Institute of Science and Technology [4]	Anode - Ni / YSZ,electrolyte - YSZ (thickness is 8.10 mm, method of application - screen printing), cathode - dual-layer (LSM / YSZ + LSM) + $(La_{0.7}Sr_{0.3})_{0.95}CoO_3$ current collector layer. The mesh size 100 × 100 mm.
University of Science and Technology of China, China [5]	Anode - Ni / YSZ, electrolyte - YSZ (thickness is 10 microns, the method of application - magnetron sputtering), the composite cathode - LSM / YSZ. The mesh size is 35 × 35 mm^2.

Therefore, in Table 1, the power of fuel cells measured by the classical scheme with Pt current connection is presented in parentheses. The first is in the range from 450 to 920 mW/cm^2 at 800 °C, the second is in the range from 316 to 560 mW/cm^2.

3. Conclusion

As a result, this work investigated the electrical characteristics of the fuel cell anode, and the thin-film electrolyte by voltammetry for the temperature range 650-800 °C. It is shown that the specific characteristics of the fuel cell to a large extent depend on the design of the measuring site. The electrical characteristics of the maximum power density of fuel cells at temperatures of 650, 700, 750 and 800 °C are 210, 300, 360 and 410mW/cm^2, respectively, as well as compare of the electrochemical characteristics of the fuel cell with a diameter 50 mm with the best world achievements. It is shown that the characteristics of SOFC is not inferior to the best world analogues.

References:

1. Dr.Robert J.Wilder, President, The Hydrogen Fuel Cell Institute
http://www.h2fuelcells.org/commentary1_3.php
[Accessed: 2012-12-20]
2. Ceramic fuel cells achieves world-best 60% efficiency for its electricity generator units. Ceramic Fuel Cells Limited. 19 February 2009
3. Electricity from wood through the combination of gasification and solid oxide fuel cells, Ph.D. Thesis by Florian Nagel, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, 2008
4. Jung H.Y., Choi S.-H., Kim H., Son J.-W., Kim J., Lee H.-W., Lee J.-H. Fabrication and performance evaluation of 3-cell SOFC stack based on planar 10 cm×10 cm anode-supported cells // Journal of Power Sources. – 2006. – Vol. 159. – P. 478–483.
5. Wang H., Ji W., Zhang L, Gong Y., Xie B., Jiang Y., Song Y. Preparation of YSZ films by magnetron sputtering for anode-supported SOFC // Solid State Ionics. – 2011. – Vol. 192 (1). – P. 413-418.

ELECTRODIALYSIS POWERED FROM A DIRECT CURRENT IN A MAGNETIC FIELD

A. Y Kamytbaeva , C. V Perminov , V.Y Simonenko
Scientific supervisor: V.F Myshkin, Doctor of Technical Sciences, Professor
Language supervisor: T.G Petrashova, Associate professor
Tomsk Polytechnic University, 634050, Lenin Av. 30 Tomsk, Russia.
E-mail: aiko_jewel@mail.ru

Introduction

At present the surface water quality becomes worse due to human activities (disposal of industrial waste water containing heavy metals as well as salts). However, the requirements to potable water quality become more exacting. These factors stimulate the development of water treatment innovative techniques. At present, two common membrane methods are used: reverse osmosis and electrodialysis. The latter is more versatile and prospective. Electrodialysis let remove salts and other solved substances that a solution contains in the ionized state [1].

The basic problems of electrodialysis processes are polarization and membrane conductivity reduction, extraction of gases from electrodes (electrochemical processes reduce performance), a significant duration of process and destruction of electrodes. Most methods of the electrochemical characteristic measurement for ion-selective membranes can't be useful for membrane behavior control in the wide range of polarizing current densities due to low purification efficiency (up to 99,9%). The basic drawback of membrane separation methods is the necessity of pre-treatment of water, containing suspended solid particles. Also there are no universal membranes. Universal membrane is sushestvet, and because different system separation necessary to use membrane various chemical compound.

The main goal of the research is to study external magnetic field influence on processes, occurring in the electrodialysis.

Experimental device

For electrodialysis an experimental device has been constructed. It include direct current supply, an electrodialysis cell and registering apparatus (oscilloscope and milliammeter). In the research, two constant magnets with the magnetization of 1,2 Tl and size of 3x5 cm are used. It is placed vertically . Three-chamber electrodialysis cells were made from nonmagnetic material (polymethylmethacrylate). The a anion-exchange (MA-40) and cation-exchange (MK-40) membrane was used.

The anode and cathode electrodes is graphite rods rectangular shape were placed vertically (5×4×40 mm). On the top of electrodes located above the liquid level of 10 mm, the copper wires were fixed.

The sodium chloride water solution with the mass concentration of 20 g/l was filled into the solution chamber. An electrodialysis cell had linear sizes: length – 75 mm, width – 60 mm, and height – 65 mm. The volumes of anode, cathode and solution chambers were of 15 ml each. The distilled water was filled into the anode and cathode chambers.

The electrical circuit scheme of an electrodialysis device is shown in Figure 1. B5-80 is a direct current source. The instrument stabilizes direct voltage within the range of 0,1-80,0 V, and direct current within the range of 0-2 A at outlet.

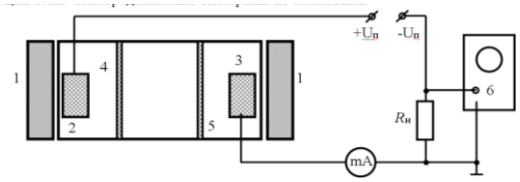


Figure 1 –Scheme of an experimental device. 1 – constant magnet, 2 - anode, 3 – cathode, 4 – anion-exchange membrane, 5 – cation-exchange membrane, 5 – oscilloscope.

To register the current value in the cell, the oscilloscope LeCroy Wave Surfer 44Xs and milliammeter M109 (up to 200 mA) were used. The oscilloscope was in a self-recorder mode with the sweep of 500 S/s. In this mode, the device can record 500 points per second with the total number of pixels on the screen up to 5 millions. The signal comes to the oscilloscope through the load resistor with the resistance of 5,1 Ohm. The load resistor is added in series to the supply circuit of an electrodialysis cell. The voltage of 10 V and a limit current of 0,3 A was set.

Experimental research

Electrodialysis provides an unique opportunity of reactions , which occurs only to the opposite direction. The simplest reaction is sodium chloride hydrolysis, which can't hydrolyze in the equilibrium conditions [2]. First, the magnetic field dynamic action tests were carried out. During the experiment, the voltage on load- resistance depending on the magnetic field presence and its polarity was automatically recorded. The current (in a circuit: power supply, cell, pull-up resistance, milliammeter) is synchronously recorded

using a milliammeter. In figure 2 the graphs of the voltage on load resistance and current change in circuit. There are connected in series with electrodialysis cell. It is shown that magnetic field influence on the electrodialysis cell starts straightway. The removal of the magnets causes electrodialysis mode restructuring for 3-5 minutes. A waveform analysis shows that the magnetic field impact is significant during electrodialysis time when the ions concentration in the three cells are commensurable.

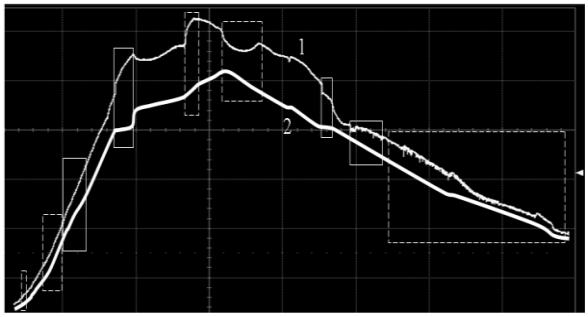


Figure 2 – Electric current dynamics in a circuit (1) and voltage at load resistance (2) depending on availability of a magnetic field.

The processes, occurring in a salts solution at a magnetic field, have not been developed enough. A magnetic field influence on the electrodialysis can be explained in the various ways.

First, the change in the membrane polarization state and a water solution near the membrane can occur with the magnetic field influence.

Second, a magnetic field influences a water molecule and solvent structure. On the one hand, this process can change the water molecules aggregation. On the other hand, it can disturb the nuclear spins positionig of hydrogen in a water molecule [3].

Further, the study of magnetic field influence on the electrodialysis efficiency was carried out. Constant magnets with a given polarity were placed into the experimental device. The voltage load-resistance of cell with the stationary install magnets placed in the longitudinal direction are shown in Figure 3. The experiment repeated shows, that a good repeatability oversee correlation form of graphic.

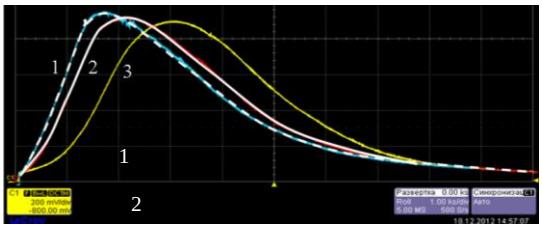


Figure 3 – Voltage oscillograms in a static mode. 1 – magnet north pole near cathode, 2 – magnet south pole near cathode, 3 – without magnetic field.

It is shown that electrodialysis occurs faster in codirectional electrical and magnetic fields. An external magnetic field can increase the electrodialysis efficiency. When a magnetic field is orientated to the north pole near the cathode, the effect is stronger. The graphic show, that graphs compress in the magnetic field on the time axis and the maximum voltage increase .

The magnetic field influence also increases the efficiency of electrodialysis through water polarization in a middle chamber of a cell. It confirms the effect of the maximum value changing of electrodialysis current detected by a milliammeter.

CONCLUSION. The external constant magnetic field increases the electrodialysis efficiency owing to a membrane and water polarizations decrease.

REFERENCES

1 Bessonova A.P., Stas I.E. Vliyanie The influence of high-frequency electromagnetic field on the physicochemical properties of water and its spectral characteristics // Polzunovsky Herald. - 2008. - № 3. (in Russian).

2 Minenko V.I. The electromagnetic threatment of water in the heat power engineering //. – Kharkov: KSU. - 1981. – 96 p. (in Russian).

3 Khan V.A., Vlasov V.A., Myshkin V.F. et all. Investigation of an electromagnetic fields influence on properties and a structure of water // Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. – 2012. – №07(81). Access mode: http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/49.pdf. (in Russian).

THE MEASUREMENT OF THE CENTRAL-AXIS DEPTH-DOSE CURVE OF BETATRON ELECTRON BEAM IN THE PHANTOM

Miloichikova I.A.
Scientific Supervisor: Sukhikh Ye.S.
Language Advisor: Tolbanova R.I.
Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, Lenin av., 30
E-mail: ircha1988@mail.ru

Introduction

Up-to-date modern advances in the commercial development of linear accelerators with suitable energy and retractable x-ray targets as well as the development of new radiotherapy methods allow extensive use of electrons for radiation therapy. Thus, it is necessary to have a clear perception of scientific understanding and the methodology of clinical dosimetry of electron beams.

The research objectives are to measure the depth dose distribution of the 2 MeV electron beams of the betatron using plane-parallel ionization chamber and radiochromic dosimetry films (the GafChromic EBT3 films) in non-water phantom and to compare the results obtained.

Materials and methods

Source of emission

The irradiation was performed using the betatron prototype of a new generation. This device allows smooth changing of energy in a wide range depending on clinical applications. The maximum kinetic energy of the electron is 3.5 MeV.

Dosimetry equipment

Plane-parallel ionization chamber

Plane-parallel ionization chambers are acceptable for relative dosimetry of electron beams. In the experiment the standard dosimeter AT5350/1 (date of gauging - 27.09.12) completed with a PTW-Freirburg Markus 23343 parallel-plate chamber (with the dose range $2-45$ MeV; measuring volume - 0,055 cm^2; wall material - polyethylene) was used [1].

Radiochromic films

Radiochromic films are one of the most practical detectors used in non-water phantoms to obtain relative and absolute measurements for clinical electron fields. [2]

The GafChromic EBT3 radiochromic dosimetry film is a new model of sensitive radiochromic films. This film has a series of advantages compared to the older versions of radiochromic films. The GafChromic EBT3 film is made by laminating an active layer between two polyester layers (near the tissue-equivalent). The polyester surface allows water immersion (usable with water phantoms). The GafChromic EBT3 film has a special polyester substrate that prevents the formation of Newton's Rings interference patterns in images acquired after using flatbed scanners. The GafChromic EBT3 film has a symmetrical structure (easy to use) and a wide dose range (1 cGy to > 40 Gy) [3].

Non-water phantom

To carry out some dosimetry measurements in a water phantom it is necessary to use waterproof sheath for the detectors. It is also difficult to make measurements near the surface of the water because of surface tension effects and the finite size of the detector [4]. Also because of the complexity of the water phantom design and preliminary measurement works, the dosimetry process is time consuming. In this case it, becomes necessary to use a solid phantom.

In this work RW3 Slap Phantom T29672 was used. The material of the phantom is polystyrene (C_8H_8) containing 2 % (±0.4 %) of TiO_2 by mass. The density of the phantom is 1.045 g/cm^3.The electron density of the phantom is 1.012 times higher then the electron density of water [5].

Conversion of dose

Provided secondary electron equilibrium exists (normally within a few millimeters of the surface) and the energy spectra at each position are identical, the dose in water at a depth (d_{water}) and the dose in the solid at a corresponding depth (d_{med}) are related by

$$D_{water}(d_{water}) = D_{med}(d_{med})\left[\left(\bar{S}/\rho\right)_{coll}\right]_{med}^{water}[\varphi]_{med}^{water}, \quad (1)$$

where $\left[\left(\bar{S}/\rho\right)_{coll}\right]_{med}^{water}$ is the ratio of the mean unrestricted mass collision stopping power in water to that in the solid. $[\varphi]_{med}^{water}$ is the fluence factor, that is, the ratio of the electron fluence in water to that in the solid phantom. In the first approximation the fluence factor could be equal to 1. The equation (2) is assumed to hold for depths where the mean energies are identical, which are defined to be at equivalent depths for the corresponding depths where the energy spectra are identical.

Water-equivalent depth

The depth in the non-water phantom can be converted to water-equivalent. The water-equivalent depth can be approximated using a density determined from the ratio of the depth of 50 % ionization R_{50} penetrations by

$$d_{water} = d_{med} \times \rho_{eff} = d_{med}\left(R_{50}^{water}/R_{50}^{med}\right), \quad (2)$$

i.e., the effective density, ρ_{eff} given by the ratio of the R_{50} in water to that in the non-water material. The recommended effective density of scaling depth from non-water polystyrene phantoms to water phantoms for electron beams is 0.975.

Measurements of the depth dose distribution using plane-parallel ionization chamber in non-water phantom

The condition for the expression (1) is that the detector must be of a minimum weight or made of the same material as the phantom in order to create the secondary electron equilibrium.

In the measurement of the depth dose, the conversion of ionization to the dose is given by

$$D_{water}(d_{water}) = N_{gas} Q_{corr}(d_{med}) \left[\left(\bar{L}/\rho\right)_{coll}\right]_{air}^{med} P_{repl} \times \times \left[\left(\bar{S}/\rho\right)_{coll}\right]_{med}^{water} [\varphi]_{med}^{water},$$

where N_{gas} is the cavity-gas calibration factor; $Q_{corr}(d_{med})$ is the corrected ionization reading; $\left[\left(\bar{L}/\rho\right)_{coll}\right]_{air}^{med}$ is the ratio of the mean restricted mass collision stopping power in the solid to that in air; P_{repl} is the chamber replacement factor, it is equal to 1 for plane-parallel ionization chambers. The percent depth dose is then given by

$$\%D_{water}(d_{water}) = \left[\frac{Q_{corr}(d_{med})\left[\left(\bar{L}/\rho\right)_{coll}\right]_{air}^{water}[\varphi]_{med}^{water} P_{repl}}{[\ldots]_{max}}\right] \times 100,$$

where the denominator equals the value of the numerator at the depth-of the-maximum dose; $\left[\left(\bar{L}/\rho\right)_{coll}\right]_{air}^{water}$ is the ratio of the mean unrestricted mass collision stopping power in water to that in the air [4].

Measurements of the depth dose distribution using GafChromic EBT3 radiochromic dosimetry films in non-water phantom

Measurement of the central-axis depth-dose curve can be done with a film placed between the plates of solid phantom parallel to the electron beam [2].

The dose that films have received can be correlated to their change in optical density. The digital images of the film are a data set consisting of the values of color intensity. The fitted calibration curve allows calculating the value of the absorbed dose received from the given source of radiation in accordance with the value of the relative optical density [6].

In this case, considering the equation (1), the percent depth dose in water can be given by

$$\%D_{water}(d_{water}) = \left[\frac{D_{med}(d_{med})\left[\left(\bar{S}/\rho\right)_{coll}\right]_{med}^{water}[\varphi]_{med}^{water}}{[\ldots]_{max}}\right] \times 100 \quad (5)$$

where the denominator equals the value of the numerator at the depth-of-maximum dose. [4]

Results and discussion

In figure 1 the results of the depth dose measurement of the 2 MeV electron beams of the betatron using the plane-parallel ionization chamber and the GafChromic EBT3 films in the phantom are shown.

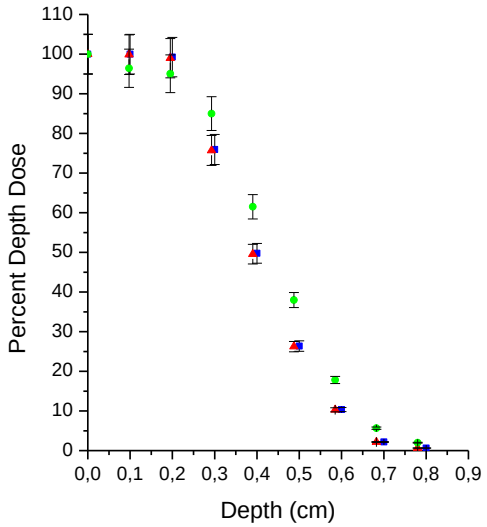


Fig. 1. Comparison of the film dosimetry results with the ionization chamber results (2 MeV electron beams of the betatron):
■ - the depth dose distribution using plane-parallel ionization chamber in the non-water phantom;
▲ - the depth dose distribution using plane-parallel ionization chamber in water;
● - the depth dose distribution using the GafChromic EBT3 radiochromic dosimetry films in water.

Conclusion

The measurements performed on the 2 MeV electron beams of the betatron show that the qualitative results obtained with the help of the GafChromic EBT3 films and the plane-parallel ionization chamber are in good agreement.

However, the values of the absorbed dose to the depth dose curves on the central axis quantitatively differ in the beginning of recession. This is explained by the fact that the betatron is being under development, consequently, the betatron did not work continuously and the measurements were carried out in different days.

References

1. User manual Markus chamber Type 23345 D273.131.00/07 2006-07 Hn

2. Recommendations for clinical electron beam dosimetry: Supplement to the recommendations of Task Group 25 / Med. Phys. 36 (7), 2009

3. PEO presents the new generation ISP Gafchromic EBT3 radiochromic dosimetry film for external beam radiotherapy - an electronic resource - www.gotopeo.com/en/extra/529-peo-presenteert-de-nieuwe-generatie-isp-gafchromic-ebt3

4. Clinical electron-beam dosimetry: Report of AAPM Radiation TherapyCommittee Task Group No. 25 / Med. Phys. 18 (l), Jan/Feb 1991

5. Instruction manual RW3 Slab Phantom T29672 and T40006.1.001 D188.131.00/04 2007-07 Chr/zi/Sa

6. Determination of the dosimetric characteristics of GafChromic EBT film / Diplomarbeit / Martina Christina: 2006, 110

THE INFLUENCE OF THE ADDITIONAL RFQ ON RF-ONLY QUADRUPOLE MASS FILTER OPERATING PROCESS

Miskun I.A.
Scientific advisor: Dr. Timo Dickel
Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, Lenina Av., 30
E-mail: ivanmiskun@gmail.com

Introduction

The FRS Ion Catcher facility [1] [2], which is located at GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Darmstadt, Germany, is a test bench for the Low-Energy Branch of the Super-FRS at FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research). It consists of the FRS (Fragment Separator) and the low energy part. At the FRS the exotic nuclei are produced and separated in-flight. The low-energy section of the FRS Ion Catcher includes three main parts: the cryogenic stopping cell [3], the diagnostic unit [4] and the mass spectrometer. Nuclei are stopped in the gas-filled cryogenic cell, extracted, and made available to low-energy experiments. Thus it enables high-precision experiments with very short-lived, trapped nuclei, e.g. for nuclear structure studies, nuclear astrophysics, and the search for possible shortcomings of the standard model.

The diagnostic unit, located after the cryogenic stopping cell, is where the extracted ions are guided in a RF quadrupole, operating at a pressure of 0.01 mbar. The diagnostic unit is designed for counting and identification of the ions with different detectors. Currently, the identification is done by alpha spectroscopy with a silicon detector, but this way of identification is suitable only for some species of nuclei. The aim of our project during the GSI Summer School was to investigate a method which allows mass selective ion transport with the existing RFQ system. Thus it will be possible to identify the ions by their mass, which is more general and important for future experiments.

The idea of such a mass selective transport [5] is to place the ions into a periodic RF electric field, in which ions trajectories become stable or unstable depending on their mass to charge ratio. It means that only ions with stable trajectories will pass through and the other ions will hit the rods of the RFQ. The parameter which defines the stability of ion motion is the coefficient of stability. The stability parameter q is defined as

$$q = \frac{4QV}{m\omega^2 r_0^2} \qquad (1)$$

where Q is the ions charge, V is the AC voltage amplitude, m is the ions mass, ω is the angular frequency of the AC voltage and r_0 is the internal radius of the RFQ. The instability limit is given by $q < 0.908$. Using this equation the voltage amplitude, which is required for making this system mass selective, can be found.

The pressure in the diagnostic unit does not permit the use of the standard RFQ mass filter with an applied DC quadrupole. That is why alternative methods like the mass selective RF-only quadrupole [6] [7] have been investigated.

The next step of this project is to improve the operation process of the RF-only quadrupole mass filter. In this paper we investigated the influence of the additional RFQ on the system efficiency.

Software and Models

For investigation of the influence of this additional RFQ and its parameters on the efficiency of the system a model was created using the software SIMION [8] and ITSIM [9].

The first program, SIMION, provides the possibility of creating geometrical models, applying voltages on different parts of the model and creating potential array files, which can be used in other programs.

The second software, ITSIM (Ion Trajectory Simulation Program), uses SIMIONs potential array files and simulates the ions flight. Also it provides all information about this simulation in histograms and plots.

The existing system consists of two RF quadrupoles, two plates, one before the first RFQ and one after the second RFQ, and the grid. There are different kinds of voltage applied to the RFQ rods, such as AC quadrupole and DC monopole voltages on each RFQ. The rods of the RFQ are made from a resistive material. That is why there is a voltage drop along the rods and this kind of voltage is also considered in our model.

The model does not have the first plate, the first RFQ and half of the second RFQ, but it has an additional RFQ, which has the length of 150 mm, behind the grid. Fig.1 shows its schematic illustration. In all simulations ions began their motion at the minimum of the potential field, which is positioned near the end of the second RFQ. That is why the

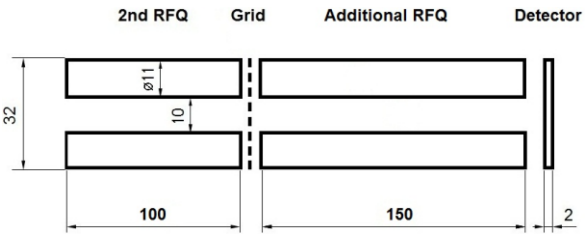


Fig. 1: The schematic illustration of the geometrical model.

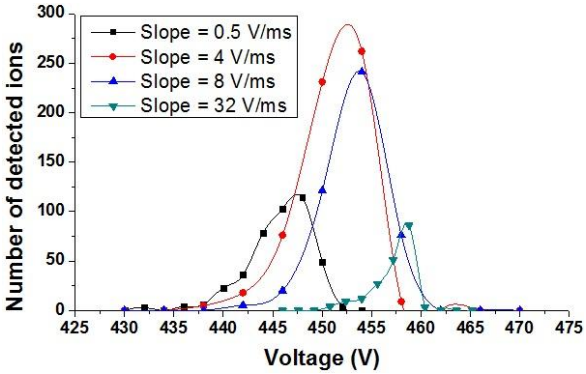


Fig. 2: Variation of the slope. RF-scan.

abovementioned parts were excluded. With this geometrical model simulations were done while varying the AC voltage, applied on the additional RFQ, its phase, and the voltage difference between the grid and the additional RFQ.

Results and Discussion

For simulations ions with mass 100 u and charge 1 e were used. To make the simulations more realistic they were made with the slope of the AC voltage applied on the second RFQ (changing the voltage in time). The results of simulations with different slope are shown in Fig.2. In this figure the numbers of detected ions for each voltage value for different scan speeds are represented. From this plot one can see that the slope of 4 V/ms provides the best compromise between the scan speed, efficiency and resolving power.

The most interesting result is the influence of the voltage value, applied on the additional RFQ, and how it affects the efficiency of the mass filter. This dependence is represented in the Fig.3. The maximum of efficiency corresponds to a voltage of 150 V and is equal to 45%, it is 1.5 times more than without additional RFQ. The efficiency decreases for decreasing voltage, because the pseudopotential field in the additional RFQ is not able to capture ions and they are lost. In the opposite situation, when the voltage value is higher than 150 V, some ions, which passed through the grid, do not have enough kinetic energy to pass the potential barrier of the additional RFQ. In this case they are just rejected and fly away.

For different phase values of the AC voltage, applied on the additional RFQ, both the efficiency and the resolving power did not change significantly. The simulations with changing DC voltage difference between the grid and the additional RFQ were done twice: once for 200 V and once for 350 V applied on the additional RFQ. By increasing this voltage difference the efficiency of the system increased. It is an expected result, because if the potential of the RFQ becomes less the ions can overcome it more easily. For the different AC voltages, applied on the additional RFQ, this dependence is similar, but the efficiency of this system for 350 V is lower than that for 200 V.

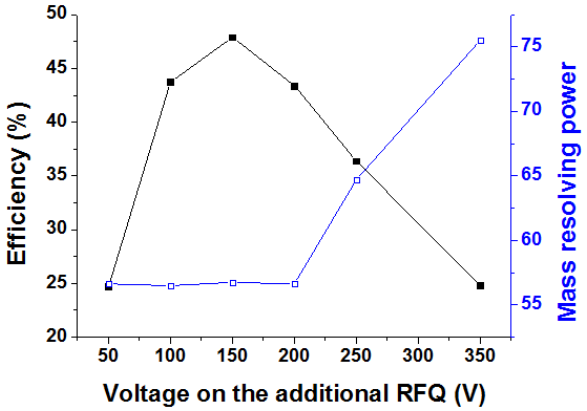


Fig. 3: Variation of the voltage on the additional RFQ. The efficiency and resolving power.

Conclusion

The results show that the voltage scan speed of 4 V/ms is possible without big performance losses. The dependences of efficiency and mass resolving power on the different parameters of the additional RFQ on the operation process were investigated. To summarize all the aforementioned information we can conclude that the RF-only quadrupole mass filter, which was developed in our previous project, could be improved with the additional RFQ. Thus it enables the possibility of more efficient method of identifying the ions by their mass and it will be tested in the future to give an additional and needed improvement of the FRS Ion Catcher experiment and the Low Energy branch of the Super-FRS at FAIR. There will be new capabilities of great importance for the upcoming experiment of the FRS Ion Catcher.

References

[1] M.Petrick et al. Nucl. Instr. and Meth. In Phys. Res. B 266 (2008) 4493-4497.

[2] W.R.Plass et al. GSI Scientific Report 2010. (2011) p137.

[3] M.Ranjan et al. EPL. 96 (2011) 52001.

[4] E.Haettner et al. GSI Scientific Report 2011. (2012) p167.

[5] M.Yavor. Optics of Charged Particle Analyzers. Advances in Imaging and Electron Physics. Volume 157 (2009).

[6] U.Brinkman. Int. J. Mass Spectrom. Ion Phys. 9 (1972) 161.

[7] J.W.Hager. Optimization and Fringing Field Modifications of a 24-mm Long RF-Only Quadrupole Mass Spectrometer. Rapid Commun. Mass Spectrom. 13 (1999) 740-748.

[8] D.A.Dahl. 43th ASMS Conference. (1995).

[9] W.R.Plass. PhD thesis University Giessen. (2001).

OPTIMIZATION OF DISTRIBUTION SCHEME IN STORAGE SYSTEM OF SPENT NUCLEAR FUEL FOR MINIMIZATION OF INDUCED ACTIVITY IN CONSTRUCTION ELEMENTS OF THE SYSTEMS

Nikiforov M.A., Gubaydulin I.M., Hazhidinov A.S.
Scientific adviser: Bedenko S. V.
Linguistic Advisor: senior lecturer Y. V. Ermakova
Tomsk polytechnic university, 634050, Russia, st. Tomsk, av. Lenina, 30
E-mail: maxim.nikiforov.tomsk@gmail.com

Nowadays the necessity and urgent importance to provide timely and safe decommissioning of nuclear and radioactively dangerous objects is vital. This problem is one of the major and foreground problem for further development of atomic branch. Therefore, working out conceptual approaches to decommissioning of different purpose objects, including systems and elements of storage systems of spent nuclear fuel is an urgent task for today.

Operating experience of purpose objects of atomic branch and new problems, caused by the necessity of decommissioning objects and equipments show great importance of information about composition and quantity of radioactivity, accumulated in them. Such information allows to solve the problem of decommission ways of different radioactively dangerous objects, possibility of their reuse or utilization.

Since the radiation situation determines not only the dose but also the spectral characteristics of the radiation background for measuring radiation levels we must take into account the differential characteristics of radiation.

The goals of this research are to find differential characteristics of source and radiation fields, formed in storage and transportation systems of spent nuclear fuel during exploitation, and create information databases to prognosis the composition and intensity of induced activity in materials of storage and transportation systems.

All quantities, characterizing the radioactive decay of each isotope (half-lives, number of neutrons per decay, energy of γ – quanta, produced in the decay, etc.) are constant. That is why parameters of radiation sources of spent nuclear fuel are the functions of the isotopic composition only.

So the task of creating an array of data, characterizing spent fuel as a source of various types of radiation reduced to the determination of the isotopic composition of spent nuclear fuel and nuclear data, characterizing radioactive transformations of all the isotopes in the spent nuclear fuel.

Spent nuclear fuel is a powerful source of ionizing radiation. Irradiated fuel has a complex stricture, which is formed from 800 radioactive isotopes. Radioactive transformations of these isotopes cause generation of neutron and γ – radiation.

Material composition of the sources, forming the radiation field near the spent fuel assemblies is the following:

1. Heavy nuclei (actinides and their decay products – the main source of neutron radiation).
2. Fission products – the main sours of γ – quanta.
3. Irradiated structural materials, which make some contribution to the general field of γ – radiation.

Power of neutron and γ – source in spent nuclear fuel with known burn up fraction and time of cooling is the total quantity of neutron or γ – quanta, which are irradiated from one reactor fuel rod holder during one unit of time.

Neutrons are formed as a result of (α,n) – reactions on the light atoms in spent nuclear fuel; spontaneous disintegration of uranium nuclei and transuranium elements of spent nuclear fuel; photoneutrons are formed as a result of photonuclear processes – there are three main sources. Overwhelming contribution to the neutron source is introduced by spontaneous fission, with 98% of spontaneous fission neutrons formed by ^{244}Cm.

The main source of γ – radiation is fission products, which is experienced as a result of series of beta disintegration, which are followed by γ – emission; heavy nuclei-actinides (transuranium elements), which provide γ – quanta, accompanying their α-decay and spontaneous fission; activation products of the elements, contained in the fuel and structural materials. Calculations have shown, that the γ-background of spent nuclear fuel almost completely determines by fission products.

The set of isotopes will determine the radiation background on this type of radiation if it will fit a set o rules:

1. The isotopes with the highest activity should be accounted.
2. The total activity of these isotopes should be more than 90% of this type of activity.
3. Each of the studied types of radiation (γ – emission, neutrons from spontaneous fission, (α,n)-reactions and (γ,n)-reactions) should be described by at least three isotopes and, preferably, not more than ten.
4. It is necessary that this set of isotopes should be the determining during a sufficiently period of time.

Calculation with the use of SCALE program, have shown that almost all neutron sources are defined by several splitting products from some isotopes,

namely: ^{238}Pu, ^{240}Pu, ^{242}Pu, ^{242}Cm, ^{244}Cm, ^{246}Cm, ^{242}Cf.

It has been found, that almost all γ – radiation is determined by products of disintegration: ^{85}Kr, ^{90}Sr, ^{125}Sb, ^{137}Cs, ^{144}Ce, ^{137}Ba, ^{154}Eu, ^{155}Eu.

The parameters of radiation field which are created in operational volume of the container TPC-109, are calculated by means of program complex MCU5TPU.

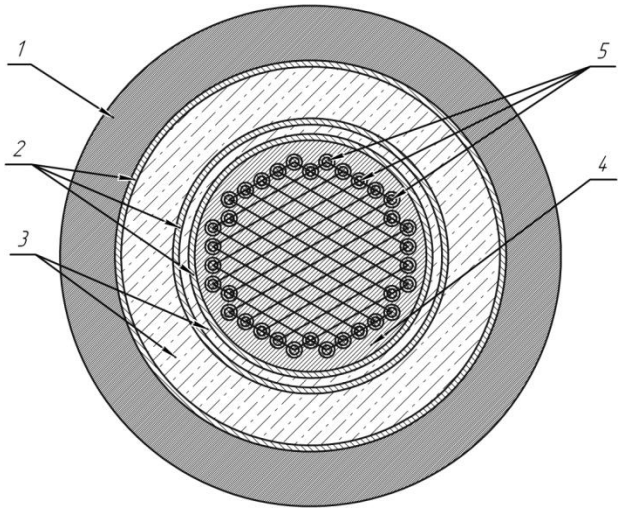


Figure. Cross sectional view of computational 3D-design model of the container.

1 – space near the container (the fist zone – air);

2 – steel covers of the container (zone 2, 4, 6 – 08X18H10T steel mark).

3 – concrete covers of the container (zone 3,5 – "OPB ST" concrete mark);

4 – pace in the container not occupied by the spent nuclear fuel (He);

5 – ampoules with the fuel elements.

Consecution of simulated events of the radiation field is the following. As a result of long time storage and influence of powerful neutron radiation, nuclei in steel and concrete parts of container become active. The process of radioactive disintegration forms the radioactive field inside and outside container surface.

Lifetime, energy of atoms disintegration and spectrum of irradiation are known for all radioactive nuclei. To define necessary characteristics of certain us materials, we should summarize radioactive characteristics of atoms, which are parts of the material. Thus the calculation problem of parameters of radiation field, which is formed in working container volume, is to determine the concentration of unstable nuclei.

In this work the dynamics of distribution of daughter unstable radionuclide in the volume of construction elements of container under the influence of neutron radiation of spent nuclear fuel of "RBMK-1000" reactor. The information about the composition and quantity of radioactivity, which has accumulated in the container for the last 50 years, was achieved.

Conclusion:

1. It has been found, that for perspective modification of irradiated "RBMK-1000" reactor fuel rod holder, design value of fast neutron influence near container "TPC-109" exceeds the maximum permissible norms up to three times.
2. During the storage of spent nuclear fuel in the container TUC-109 there is accumulated radioactivity, which depends on the materials used in the construction elements, position in place and time.
3. After the decommissioning of the container, the radiation level near the container is defined by: ^{14}C, ^{41}Ca, ^{59}Ni, ^{63}Ni, ^{55}Fe, ^{54}Mn, ^{60}Co. Power of photon radiation does not exceed the maximum permissible level, because of accumulation of these radionuclides.

References:

1. Shamanin I.V., Bedenko S.V., Pavluk A.O., Lazko V.A. "Using ORGEN-APR program for calculation of a isotope content of spent nuclear fuel "VVER-1000" reactor" // News of TPU.-2010. – T. 317. - №4. – P. 25-28.

2. Kruglov A.K., Rudik A.P. "Reactor manufacturing of radioactive nuclides" – M.: Energyatomizzdat., 1985. – 256 p.

3. Brdenko S.V., Gnetkov F.V., Kadochnikov S.D. "Dose characteristics of neutron field of different kinds of irradiation ceramic nuclear fuel" // News of high schools. Nuclear power – 2010. - №1. – P. 6-12.

4. Shamanin I.V., Bulanenko V.I., Bedenko S.V. "Neutron radiation field of different kinds of irradiated ceramic fuel" // News of high schools. Nuclear power. – 2010. - №2. – P.97-103.

LOW-ENERGY PULSED ELECTRON BEAMS FOR THE COATING DEPOSITION

R.V. Popov
Scientific Supervisor: G.A. Bleykher, Doctor in Physics and Mathematics
Language Supervisor: T.G. Petrashova, Associate Professor
National Research Tomsk Polytechnic University, Lenin Avenue, 30, Tomsk, 634050, Russia
E-mail: popovrad@yandex.ru

Abstract – This work is devoted to obtaining calculation data, indicating that pulsed electron beams with initial energy of particles of 10..100 keV are able to remove a substance from a solid surface with the intensity acceptable to the industrial technology of coating deposition.

Spatial distribution of specific energy loss, erosion coefficient of metals and the deposition rate of metal films have been investigated depending on beam current density, energy density, and pulse duration.

Introduction

The ability of low-energy electron beams to heat up quickly the surface layers to the melting temperature and following high-speed cooling are widely used in the technologies related to modifying the surface properties of materials and products.

And there is an evidence that low-energy pulsed electron beams are able not only to melt, but also to vaporize material from a solid surface. We need to systematically explore these possibilities, define the parameters of beams, at which the evaporation will occur with high intensity. The solution of this problem is interesting for a number of technological challenges associated with modifying the surface properties of materials and products, in particular, the deposition of modifying coatings with different properties and applications. All the more, the sources of low-energy electron beams are now well mastered for practical use. They are quite simple in execution and operation in comparison with other sources of charged particles.

1. Spatial distribution of specific energy loss

A feature of the distribution function of the specific energy loss in thickness of the sample $G(x) = -dE/dx$ is a maximum that located in the near-surface region, and which position is shifted into the sample at an electrons energy increase. This maximum is caused by the angular scattering of electrons, therefore under Bethe's law the specific energy losses should increase monotonically at the electron deceleration [1].

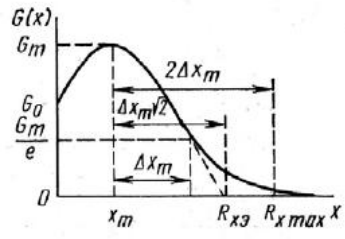


Fig. 1. The spatial distribution form [1]

At the present time, there are a number of semi-empirical expressions for the distribution function of electron energy loss. Nevertheless, one of the most successful methods for the analytical approximation of G(x) is proposed by V. Makarov (see Fig. 1) [1].

The results of calculations for copper irradiated by an electron beam with E_0 = 30, 60 keV

Spatial distribution of linear energy losses during the slowing-down of the accelerated electrons with initial energy E_0 in a material has been calculated by the computer program EDISTR that has been designed by the Hydrogen Energy and Plasma Engineering Department (HEPE) of Tomsk Polytechnic University (TPU). This program is based on the analytic approximation method of Makarov [1].

At calculations in the program EDISTR for copper irradiated by electrons with initial energy of 30 and 60 keV, the following distributions of linear energy loss are obtained (Fig. 2):

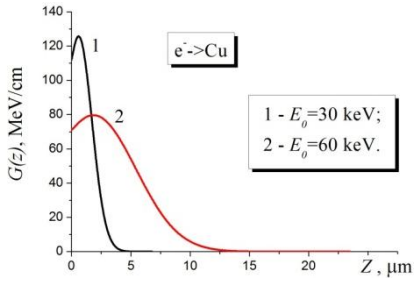


Fig. 2. Spatial distribution of linear energy loss of electrons with E_0 = 30, 60 keV in copper

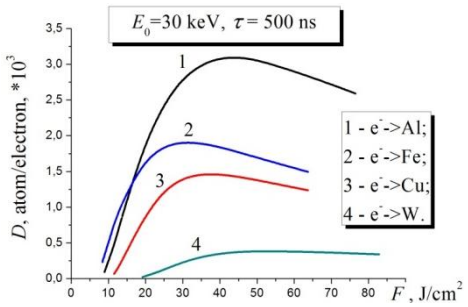
According to Fig. 2, the maximum of energy-release is located in a distance from the surface. The magnitude of this maximum and the energy loss in the most superficial layers decrease nonlinearly when initial electron energy E_0 increases. Apart from this, the position of the maximum in the function G(z) is shifted into a depth at the increase of E_0.

2. The erosion coefficient of metal surfaces

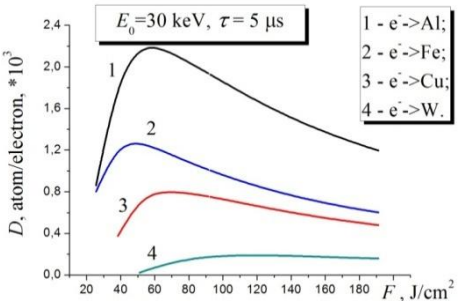
This section describes the regularities of change in thermal erosion coefficients of metals depending on energy density of power pulsed electron beams.

Calculations for aluminum (Al), copper (Cu), iron (Fe) and tungsten (W) were carried out on the computer program TERM_Q_D that has been designed by HEPE of TPU.

Fig. 3 shows the variation of erosion coefficient of Al, Cu, Fe, and W at different pulse durations.



a)



b)

Fig. 3. Dependence of the erosion coefficient on the energy density for a number of metals at E_0 = 30 keV and τ = 500 ns (*a*) and 5 μs (*b*)

Due to Fig. 3, all curves have maximums. These maximums values of the coefficients D_{max} correspond to some values of F_{Dmax}.

In general, the increase of erosion coefficient at the initial stage of a beam energy density increase is related to the increasing level of surface layers heating and layer thickness that can pass into a vapor phase. However, the growth of the evaporated material decreases when the energy density increases. Therefore, after reaching a maximum value, the coefficient of erosion is reduced, despite the increase in energy density. Moreover, the shorter the pulse duration, the greater the value of a maximum.

3. The rate of deposition at using intense pulsed beams of charged particles

The scheme of coating deposition from erosion material generated on the target surface under the action of power pulsed beams of charged particles is shown in Fig. 4. The target surface and the substrate are parallel to each other or located at a slight angle. The area of the target is equal or slightly larger than a cross-sectional area of the beam, which usually amounts to several tens of square centimeters [2].

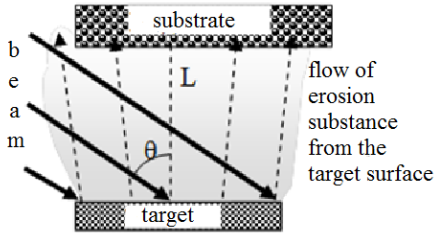


Fig. 4. Scheme of coating deposition [2]

Dependence of deposition rate on the beam parameters

Calculation of dependence of the deposition rate on various beam parameters was carried out on the computer program PULSED_DEPOSITION that has been designed by HEPE of TPU.

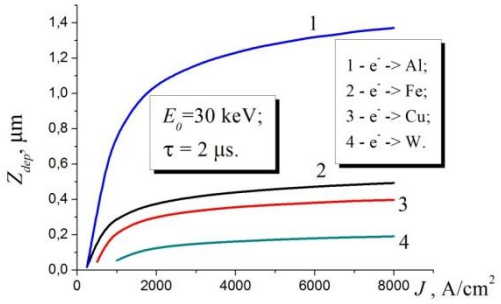


Fig. 5. The dependence of the deposition rate of metals on the current density of electron beam with E_0= 30 keV at τ = 2 μs

According to Fig. 5, at increase of current density J and, accordingly, the energy density F, the dependence Z_{dep} reaches saturation which is caused by an increase in the proportion of the beam energy lost in the vapors of the target material. The increase in current pulse duration at a constant value of the beam energy density leads to a decrease in the deposition rate of metal films.

Also, significant evaporation occurs at a current density of 500..3000 A/cm^2.

Summary

Firstly, microsecond electron beams with E_0 = 10..100 keV are able to remove the substance from a solid surface. For most metals, the optimum value of the energy density is 10..100 J/cm^2 and value of the current density is 500..3000 A/cm^2.

Secondly, the highest erosion coefficient D reaches $(1..5)\cdot 10^3$ atom/electron.

Thirdly, the electron beams with E_0 = 10..100 keV should have the pulse duration not exceeding a few microseconds to effectively remove a substance from the metal surface.

And finally, the deposition rate of metal coatings can reach several microns, which is comparable to the possibilities of high-power pulsed ion beams.

References

1. Abroyan I.A., Andronov A.N., and Titov A.I., *Fizicheskie osnovy elektronnoj i ionnoj texnologii*, Moskow: Vysshaya shkola, 1984, 320 p.

2. Bleykher, G.A., Krivobokov V.P., The regularities of solid surface erosion and coating deposition using high-power pulsed beams of charged particles, *Nuclear Instr. And Methods in Physics Research*, 2012, v. 292, p. 34-39.

MARANGONI CONVECTION DEPENDANCE ON TEMPERATURE DISTRIBUTION

Ryabikina A.S.
Scientific advisor: Ogorodnikov A.S., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor
Linguistic advisor: Kuznetsova I.N., Senior Teacher
National Research Tomsk Polytechnic University, Russian Federation, 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30
E-mail: ryabikina11@mail.ru

Marangoni convection occurs when the surface tension of an interface (generally liquid-air) depends on the species concentration or on the temperature distribution. It is important in the fields of welding, crystal growth, electron beam melting of metals.

Direct experimental studies are not easy to carry out because the materials are often metals and the temperatures are very high. One possibility is to replace the real system with an experimental model using a transparent liquid at the ambient temperatures. This model describes the stationary behavior of a vessel filled with silicone oil, the thermo-physical properties of which are known.

So, we need to compute the temperature difference range that leads to the flow through the Marangoni effect.

A stationary momentum balance describes the velocity field and the pressure distribution (Navier-Stokes equations):

$$-\eta\nabla^2\mathbf{u} + \rho\mathbf{u}\cdot\nabla\mathbf{u} + \nabla p = \mathbf{F}$$
$$\nabla\cdot\mathbf{u} = 0 \quad ,$$

where
η - dynamic viscosity,
u - velocity vector,
ρ – density,
p – pressure,
F - external forces per unit volume.

The fluid heating is associated with energy balance:

$$\nabla\cdot(-k\nabla T + \rho C_p T\mathbf{u}) = Q \quad ,$$

where
k - thermal conductivity,
T – temperature,
c_p - heat capacity,
Q – source term.

Variations in temperature produce Archimedes' force:

$$\mathbf{F} = \begin{pmatrix} Fx \\ Fy \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ \alpha g \rho\left(T - \frac{\Delta T}{2}\right) \end{pmatrix} \quad ,$$

where
α - thermal expansion coefficient,
g - acceleration due to gravity,
ΔT - temperature difference between the right and left wall in the model geometry.

The forces that act on the interface (liquid/air) through the Marangoni effect:

$$\eta\frac{\partial u}{\partial y} = \gamma\frac{\partial T}{\partial x} \quad ,$$

where
γ – temperature derivative of the surface tension. [1]

The model of the process has been created in Comsol Multiphysics package that is used to simulate and calculate the majority of scientific tasks based on the partial differential equations using a technique of finite elements. [2]

Firstly, it's necessary to choose the necessary modes. In our case, these are Incompressible Navier-Stokes; Convection and Conduction; Weak Form, Boundary (Fig.1).

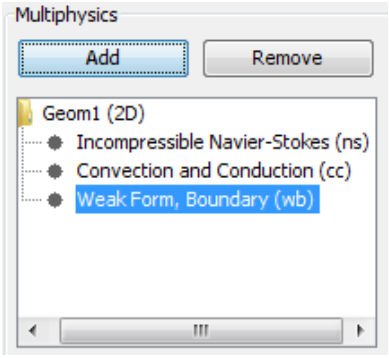


Fig.1. Mode selection.

The next step is to specify the constants that are necessary to solve the problem (Fig.2).

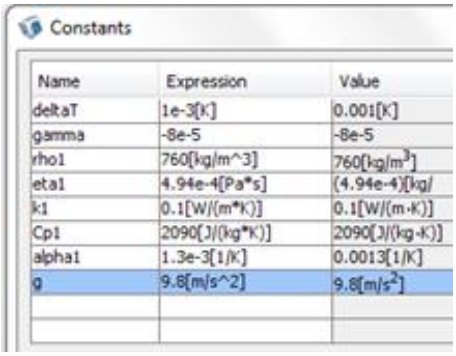


Fig.2. Constant specification.

It's assumed that the vessel filled with silicone oil is rectangular. Now it's allowed to determine its measurements (Fig.3).

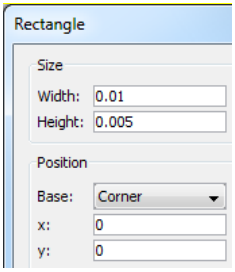
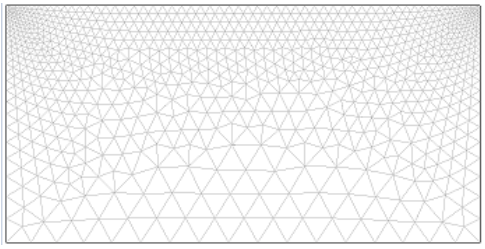


Fig.3. Rectangle's measurements.

Then the subdomain and boundary settings for every mode are entered and the mesh is generated. Mesh generation is crucial in simulation via Comsol Multiphysics because this package is based on a finite element technique where the mesh itself is determinate. As a result, the vessel will take the form shown in Figure 4.


Fig.4. The vessel after mesh generation.

So, it's just left to solve the problem by clicking «Solve problem» on the bar. To realize the Marangoni convection's influence we are going to change the temperature difference range that is to expand it gradually.

At a low temperature difference ($\Delta T=10^{-3}K$) the temperature field is not connected to the velocity field. Anyway, the temperature decreases almost linearly from left to right (Fig.5).

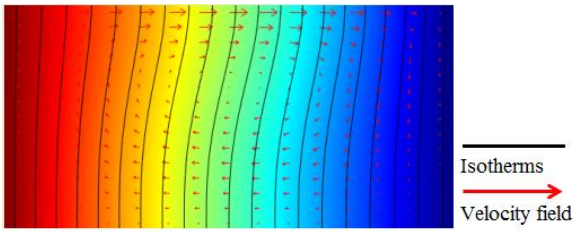


Fig.5. Temperature and velocity figure, $\Delta T = 10^{-3}K$.

If we increase the temperature difference to 0.05K we will see the temperature doesn't decrease linearly anymore. In this case it's easy to see how curved isotherms are (Fig.6).

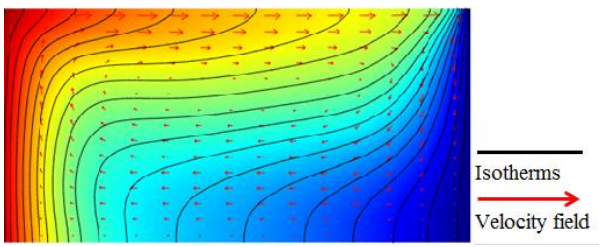


Fig.6. Temperature and velocity figure, $\Delta T = 0.05K$.

When the temperature difference is 2K the Marangoni convection's effect is more pronounced. And we can conclude how it affects the temperature distribution: the higher liquid temperature the higher velocity. (Fig.7).

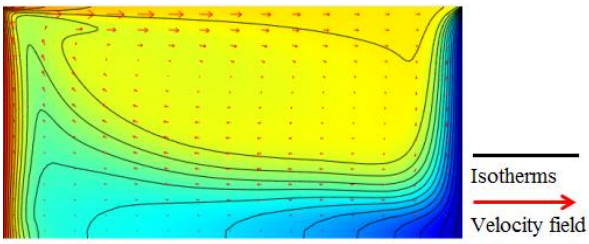


Fig.7. Temperature and velocity figure, $\Delta T = 2K$.

The result of the solution through COMSOL Multiphysics is a graph of temperature and velocity in the vessel represented in the form of a rectangle. As it has turned out, the Marangoni effect is expressed more strongly when the temperature difference increases.

References

1. Levich V.G. Physicochemical Hydrodynamics. – New Jersey: Prentice-Hall, 1962.
2. Егоров В.И. Применение ЭВМ для решения задач теплопроводности. Учебное пособие.– СПб: СПб ГУ ИТМО, 2006.- 4с.
3. Огородников А.С. Моделирование в среде Matlab – Comsol 3.5a. Часть 1: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012.
4. Batchelor, G.K. An Introduction to Fluid Dynamics. – Cambridge: Cambridge University Press, 1967.
5. Space Science News Archive [Электронный ресурс] / Physical Simulation of Marangoni Convection in Weld Pools . – Режим доступа: http://spacescience.spaceref.com/, свободный. – Загл. с экрана. - Яз.англ.
6. Comsol Multiphysics [Электронный ресурс] / Model Gallery. – Режим доступа: http://www.comsol.com/, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.англ.
7. Wikipedia, the free encyclopedia [Электронный ресурс] / Navier-Stokes equations. – Режим доступа: http://www.wikipedia.org, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.англ.
8. Physics Forums [Электронный ресурс] / Thermodynamics Energy balance Equation. – Режим доступа: http://www.physicsforums.com/, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.англ.

CALCULATION OF A DANGEROUS APPROACH OF THE SPACECRAFT KAZSAT-2 TO OTHER OBJECTS IN THE GEOSTATIONARY ORBIT

N.V. Savostyanenko
Scientific Supervisor: A.V. Didenko, PhD in physics and mathematics
Language Supervisor: T.G. Petrashova, Associate Professor
National Research Tomsk Polytechnic University, 634050, Lenin av. 30, Tomsk, Russia
E-mail: espoir_8@bk.ru

1. Introduction

An active exploitation of near-Earth space was started in October 1957 and a number of launched artificial objects was increasing year by year. Currently, 95% of all satellites that were displayed in the Earth orbit are not functioning due to various reasons. These objects are space debris, devices and components needed for the operation of a spacecraft and launch it into the orbit. Consequently, there is a vexed problem of impurity of near-the Earth space environment, and no less important the danger of collision of acting objects with other man-made objects [1-3].

The geostationary Earth orbit (GEO) is the most messy orbit, one of the peculiarities of which is to ensure the spacecrafts constant astronomic coordinates.(a constant position) Another feature of the GEO, as against for example near-the Earth orbits, is the fact that almost all debris objects in the GEO remain forever, accumulating over time and increasing the likelihood of a collision with a spacecraft. Not functioning spacecrafts are constantly explode in the GEO, and as a result tens to hundreds wreckages of space debris are formed in the space and can put out of action working satellites[4]. Since the end of the twentieth century the problem of the GEO pollution has become a planetary, and scale environmental problem.

This article focuses on the calculation and prediction of dangerous approaches satellite communications of Kazakhstan to monitor the situation in the station point and detect possible emergencies. Using the method of calculation of dangerous approaches and specially designed programs, approaches of KazSat-2 with other objects in the period from April 1 to 30 at latitude 10^0 have been calculated. In this work, the probability of satellites collision is estimated, and all cataloged objects located near the point of standing satellite are analyzed, moreover the prediction for the near future and for a long period is made.

Thus, the aim of this paper is to assess the risk of dangerous approaches of a controlled artificial satellite in the geostationary orbit - KazSat-2, and to determine the likelihood of accidents. To achieve the aim, first of all, it is necessary to determine the number of approaches in this zone among all the objects, and secondly, to calculate the probability of objects collision with KazSat-2, and thirdly, to predict the results of approaches based on the current data on the orbital position of satellite.

2. Results and Discussion

KazSAt-2 is satellite that provides Kazakhstan and part of Russia with communication. For this reason, there is a need to continuously monitor its movement in the orbit. Its location is determined at longitude 86.50 east, so it is necessary to analyze the area in the range of 80^0 to 90^0 for the presence of satellite collisions with other artificial objects [4]. Collisions probabilities for all objects in the indicated longitude zone were calculated with the «Analyst» program created at Fesenkov Astrophysical Institute, the update catalog of space objects and geo survey results presented in [5].

Firstly, using the methodology of calculation of dangerous approaches it was provided an assessment of the situation in the occupied point satellite - 80^0-90^0 from April 1 to 30, 2013. According to the information on April 1, 2013, there were located 54 cataloged objects within a 10^0 range. It was estimated the total number of approaches with various objects. Two times a day, the spacecraft approaches closer than 25km and about 50 times per day the other cataloged spacecrafts are located within the radius of 625km.

The main characteristic, which effects a decision on the collision possibility between two objects in the future, is the probability of this event. It is calculated based on the main parameters that determine the object's location in the orbit. These parameters are α - right ascension, δ-inclination, D- distance from the earth.

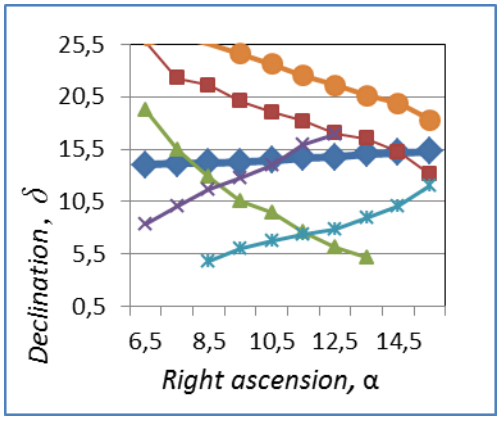
Table 1. Total data for the danger approaches

SSR	α	δ	D, km	Pc,%	,km
37749	19,16	-6,34	37833		
24846	19,30	-6,35	37819	2,36	6,518
25460	0,33	-5,54	35861	0,15	99,151
36358	13,32	-6,00	34655	0,76	17,934
26056	18,16	-6,35	37800	0,14	7,686
36106	19,09	-6,34	37811	0,30	2,390
37606	12,55	-5,52	35370	0,11	64,324

The probability of the approach was determined for the following satellites: 24846 (97031A) - Intelsat 802; 25460 (98049A) - Singapore-Taiwan 1 (ST-1); SSR-36358 (10002A) - RADUGA-1M 2; SSR-26056 (00002A) - Galaxy 10R; SSR-36106 (09067A) - INTELSAT 15 (IS-15); 37606 (11022B)- Taiwan;

ST-2 Singapore-Taiwan 2. Clearly, that all of them are located at the nearness from KazSat-2 (11035B), and furthermore, have been launched recently (two underlined numbers of international number – the year of launch to the orbit). All of them belong to controlled operative spacecraft types (except 24846). It belongs to drifting and has some canting orbit evolution). The collision probability of KazSat-2 with those objects is insignificant. The trajectories of the analyzed objects are constructed in Figure 1, where the points on the graph correspond to the same point in time (UT).

Fig.1. The trajectories of the six analyzed objects



The greatest advantage of the calculation methodology is possible prediction. By giving the forecast for the nearest future, the results shown in Table 4 were obtained. The accumulation interval was 245 days (8 month from May to December 2013) *R*-critical approach distance, km; *N(R)* – total approach number; $n(R) = \frac{N(R)}{245}$ – the forecasted number of average daily approaches at R distance; $days = \frac{1}{n(R)}$ – the average number of days of one approach; $years = \frac{days}{325{,}25}$ – the average number of years of one approach [5].

Table 2. Predictable data for KazSat-2

R, km	n(R)	N(R)	days	years
0,5	0,000	0,00245	100000,0000	273,7851
1	0,050	12,25	20,0000	0,0548
5	1,006	246,47	0,9940	0,0027
25	3,450	845,25	0,2899	0,0008
50	14,429	3535,15	0,0693	0,0002

According to the table 2, it follows that one paired approach of GSS with other spacecraft should happen on average once of 273 year up to 0.5 km, up to 1 km – once of 20 days etc. All nearby objects are operated and they will work as planned for the nearest couple of years. These estimates should be considered as optimistic because small-size objects are not included into the used GSS catalog and their amount today is estimated by thousands; actually there is a possibility of collisions with them.

3. **Conclusion**

Thus, the area of 10^0 in the period from April 1 to 30, 2013 has been analyzed. The information about satellite KazSat-2, on the one hand, provides optimistic results, but on the other hand, it does not seem to take into account small-sized space debris. Analysis of KazSat-2 shows that at present and in the nearest future its collision probability with other spacecraft is minimal and its failure threat is very low because KazSat-2 is a type of controlled spacecrafts.

The method of calculation of dangerous approaches satellites used in this paper has been created to assess the risk of collision and can be considered as one of the ways to prevent collisions. It allows to define a credible event or to specifically select objects under control, or to control the generalized longitudinal zone followed by the Archives of dangerous approaches, which include all the information about approaches. Based on this Archives, it is possible to analyze any part of the geostationary zone in real time or in the near future, and if necessary to calculate the probability of collision taking possible measures to reduce further harm.

References

1. T. Schildknecht, Optical surveys for space debris, Astronomy and Astrophysics Review, Vol. 14, pp. 41-111, 2007.

2. V. Agapov, Z. Khutorovsky, V. Boykov, N. Sbytov, A. Samotokhin, Experience Of Formation Of The GEO Orbital Information Archive Based On Different Data Sources, Proceedings of the 5th US-Russian Space Surveillance Workshop, Pulkovo, St. Petersburg, September 24-27, 2003.

3. W. Flury, A. Massart, T. Schildknecht, U. Hugentobler, J. Kuusela, Z. Sodnik, Searching for Small Debris in the Geostationary Ring - Discoveries with the Zeiss 1-metre Telescope. http://www.esa.int/esapub/bulletin/bullet104/flury104.pdf [Accessed: 2012-11-20]

4. Jarvis KS et al. (2002) CCD debris telescope observations of the geosynchronous orbital debris environment, observing Year 1999. NASA JSC report JSC-29537.

5. V. Agapov, J. Dick, I. Guseva, P. Herridge, Z. Khutorovskiy, I. Molotov, M. Ploner, V. Rumyantsev, T. Schildkneht, V. Stepanyants, P. Sukhov, V. Titenko, Geo survey results, Pulkon, 2006.

THERMAL PROCESSES ON A SUBSTRATE UNDER THE INFLUENCE OF HIGH-POWER PULSED ION BEAM

A.V. Simonova
Scientific supervisor: G.A. Bleykher
Language advisor: T.G. Petrashova, Associate Professor
Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, Lenina avenue, 30
E-mail: ainakim297@yandex.ru

Nowadays there are a lot of technologies, using high-power pulsed ion beams. Their impact on the substance has unique properties. For example, removal of atoms from the surface is referred to as erosion control, and it has proved to be very promising for the deposition of thin film coatings [1].

The question of optimal parameters of a beam is fundamental for the development of their technological applications [2, 3].

The purpose of this paper is to describe a numerical model of thermal processes on a substrate during the deposition of coatings using a high-power pulsed ion beam.

A beam of accelerated charged particles is directed to a target. The particles lose almost all their energy, interacting elastically and inelastically with particles of the target.

The scheme of the coating deposition using a high-power pulsed ion beam is shown in figure 1.

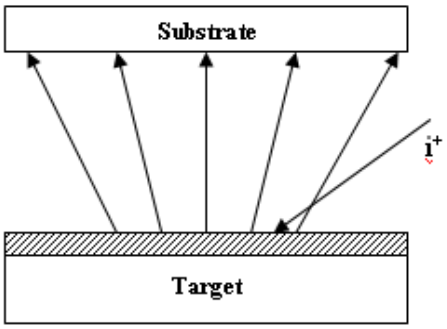


Fig.1. Scheme of the coating deposition using high-power pulsed ion beam

The beam energy is transformed into:

• energy of reflected radiation;

• thermal energy of matter in the zone of particles deceleration, some of which is distributed in the irradiated sample by thermal conductivity;

• energy of phase transitions;

• energy, which matter particles lose coming up from the surface (sputtering, evaporation, boiling, spray hydrodynamic expansion agents, splits, etc.);

• energy lost by a radiation flux in a vapor-plasma layer formed by erosion of the surface;

The main sources of energy on the substrate are:

1) kinetic energy of the deposited particles,
2) condensation,
3) thermal radiation from the surface of the target.

A mathematical model of heat processes in a substrate is based on a heat conductivity equation. The scheme of a heat conductivity equation in cylindrical coordinates is shown in figure 2. It is:

$$\frac{\partial T(r,x,t)}{\partial t} = a \cdot \frac{1}{r}\frac{\partial T(r,x,t)}{\partial r} + a \cdot \left(\frac{\partial^2 T(r,x,t)}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 T(r,x,t)}{\partial x^2} \right)$$

$$a = \frac{\lambda}{c_p \rho}.$$

Here, λ is heat conductivity coefficient, c_p is specific heat capacity, ρ is density of substrate material, $T(r,x,t)$ is temperature field.

The process does not depend on the polar angle φ. That's why $\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} = 0$.

The boundary conditions are:

$$\lambda \frac{\partial T(r=0,x,t)}{\partial r} = 0,$$

$$\lambda \frac{\partial T(r=R,x,t)}{\partial r} = q_1(t),$$

$$\lambda \frac{\partial T(r,x=0,t)}{\partial r} = -q(t),$$

$$\lambda \frac{\partial T(r,x=x_{end},t)}{\partial r} = q_2(t).$$

Here, R is radius of substrate, $0 \le r \le R$, x_{end} is thickness of substrate, $0 \le x \le x_{end}$, $q_1(t)$, $q_2(t)$ is flow of heat from the substrate due to thermal radiation, $q(t)$ is heat flux on substrate surface from target surface.

The initial condition is:

$$T(x,r,t=0) = T_0 = 300K.$$

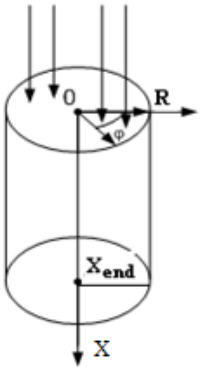


Fig.2. Scheme of substrate in cylindrical coordinates

This problem is solved by the finite-difference method for the explicit scheme. This scheme is shown in figure 3. Consider the solution of heat conductivity equation in one-dimensional case. Rectangular grid is taken in:

$$G \in [0 \le x \le x_{end}] \times [0 \le t \le t_{end}].$$

It is time-spatial grid with step h in spatial value and step τ in temporal value. They are:

$$h = \frac{x_{end}}{N}, \tau \le \frac{h^2}{2a}.$$

The last expression is a stability condition.

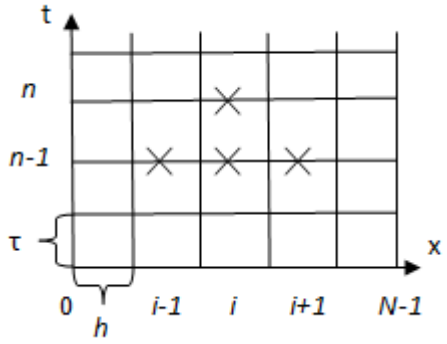


Fig.3. Rectangular grid of the explicit scheme

A pattern is chosen and shown in figure 3. There are N+2 points for t and x values. Points i = 0 and i = N+1 are fictitious. The points are used for calculating a temperature field along the edges. They are:

$$\lambda\left[\frac{T_1^{n-1} - T_0^{n-1}}{h}\right] = -q \Rightarrow \left[\frac{T_1^{n-1} - T_0^{n-1}}{h}\right] = -\frac{q}{\lambda}$$

$$\Rightarrow T_0^{n-1} = \frac{qh}{\lambda} + T_1^{n-1}.$$

Scheme for an interior point is:

$$\frac{T_i^n - T_i^{n-1}}{\tau} = a\left[\frac{T_{i+1}^{n-1} - T_i^{n-1}}{h} - \frac{T_i^{n-1} - T_{i-1}^{n-1}}{h}\right] \cdot \frac{1}{h},$$

$$\frac{T_i^n - T_i^{n-1}}{\tau} = \frac{a}{h^2}\left[T_{i+1}^{n-1} - 2T_i^{n-1} + T_{i-1}^{n-1}\right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_i^n = T_i^{n-1} + \frac{a \cdot \tau}{h^2}\left[T_{i+1}^{n-1} - 2T_i^{n-1} + T_{i-1}^{n-1}\right].$$

This numerical model is developed as a program in the environment of Borland C++ Builder 6.0.

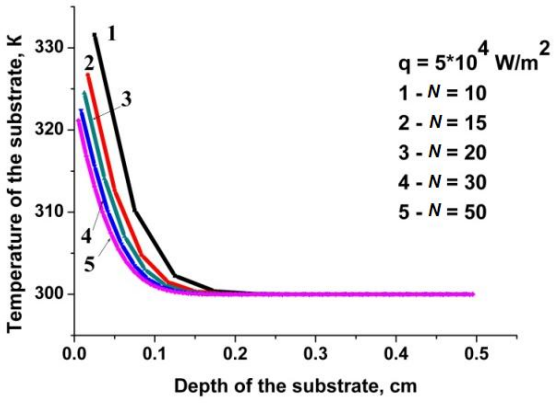


Fig.4. The dependence of glass substrate heating temperature on the substrate depth for different values of spatial grid cells quantity

Figure 4 depicts the dependence of glass substrate heating temperature on the substrate depth for different values the number of cells of the spatial grid with constant heat flux $q = 5 \cdot 10^4$ W/m^2. In other words the shapes of the graphs demonstrate accuracy of scheme. Also the diagram shows rise accuracy with increase the number of cells of the spatial grid. Besides diagram interprets that the number of cells of the spatial grid N = 30 and N = 50 practically remain constant. For this reason the further rise the number of cells of the spatial grid does not make sense.

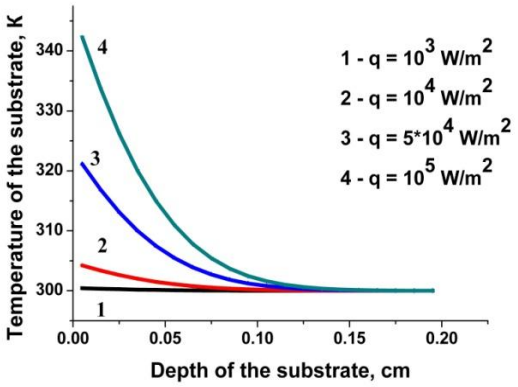


Fig.5. The dependence of glass substrate heating temperature on the substrate depth for different values of the heat flux

Figure 5 represents the dependence of glass substrate heating temperature on the substrate depth for different values of the heat flux. Firstly, according to the diagram, substrate heating steeply becomes higher when heat flux rises. Secondly, the quantity of heat release gradually drops in depth of the substrate. Moreover the graphs have maximum of heat release on the substrate surface.

Thus, the following conclusions can be made:

1. A numerical model was studied for accuracy.
2. Temperature distribution was received depending on the substrate depth.
3. Energy balance equation on the substrate is going to be used to predict its heating and cooling, depending on parameters of a high-power pulsed ion beam.

References

1. T.J. Renk, P.P. Provencio, S.V. Prasad et al. Materials modification using intense ion beams // Proceeding of the IEEE. – 2004. – V. 92. – № 7. – P. 1057 – 1081.

2. G.A. Bleykher, V.P. Krivobokov The regularities of solid surface erosion and coating deposition using high-power pulsed beams of charged particles // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B. – 2012. – V. 292. – P. 34 – 39.

3. G.A. Bleykher, V.P. Krivobokov Model of metal surface erosion under irradiation by high-power pulsed ion beams // Journal of Engineering Thermophysics. – 2008. – V. 17. – № 1. – P. 24 – 29.

MEASUREMENT OF THERMAL CONDUCTIVITY OF GRAPHITE IN A MAGNETIC FIELD

Ushakov I.A., Izhoykin D.A., Ramazanova K.M.
Research supervisor: D. Ph., Professor Myshkin V.F.
Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, Lenina ave., 30
E-mail: mamay2008@bk.ru

Keywords: magnetic field, heat conductivity, graphite.

It is known that the Earth has a weak magnetic field. Therefore all physicochemical processes occurred in an external magnetic field. Known that stronger magnetic fields formed by constant magnets effect on the chemical reactions between radicals.

Magnetic fields are used in the various technological processes. For example, the magnetic water treatment and ions removal devices are developed and batch-produced. On the other hand it is not widely known how magnetic field influences on water and solute properties.

At present the possibility to influence on the physicochemical properties of materials were not studied sufficiently. Therefore it is necessary to study the processes having parameters dependent of magnetic field value.

Known that heat conductivity and electroconductivity of solids can change owing to various exposures. Any changes taking place in phase structure (for example, alloy) influence on the thermal conductivity and electroconductivity (Wiedemann-Franz rule) [1].

Graphite is used as thermal neutron moderator, structural material for heat exchanger, pipelines, stop valves, plastic filling compound, and pencil rods.

The dependence of graphite evaporation rate from magnetic field value is ascertained in the studies of laser ablation of carbon sample placed in a magnetic field [2].

The force lines of constant magnetic field were oriented perpendicularly to laser beam. Magnetic field value was not bigger than 1,3 Tl in the focus of laser emission.

The mentioned researches were carried out in a two conditions: free-running lasing and quality switching with the different values of magnetic field and also without it. The ablation rate determination procedures are the same for quality switching and free-running lasing conditions.

Figure 1 shows plots of ratio of the graphite evaporation rates by laser radiation in an external magnetic field and without it.

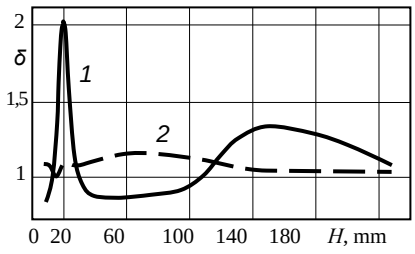


Figure 1 – Graphs of ratio of the graphite evaporation rates from the distance between evaporation point and magnet surface: 1 - free-running lasing, 2 – quality switching

It is seen that graphite evaporation rate in the quality switching conditions weekly depends on magnetic field value [2].

In the free-running conditions the dramatically increase of graphite evaporation rate in the magnetic field of 1 Tl relate to value without magnetic field was observed. The graph of these dependence from external constant magnetic field has resonant behavior.

It is known that laser evaporation rate of solids depends on substances heat conductivity and pulse duration. A laser pulse power threshold value needed for sample evaporation is proportional to $(a\,\tau)^{-0,5}$, where a – heat conduction coefficient, τ – pulse duration [3]. Therefore it can be assumed that one of the processes influences on graphite evaporation rate is heat conductivity change.

The goal of present research is the establishment of effect and studying of the influence of magnetic field on the graphite heat conduction.

Experimental device

When rod is heating at one end the heat distribution occurred at the expense of heat conductivity. Also heat decreased as a result of heat transfer. The temperature distribution on the graphite rod surface heated at one end is experimentally registered. Herewith heat conductivity can depend only on the magnetic field value. The temperature gradient was determined in the different sections of the graphite rod by thermal images. The IR images were registered as an end, and the lateral surface of the heated rod.

For the research the experimental device is developed. The scheme is shown on the Figure 2. The diameter and the length of graphite rod were 5 mm and 60 mm respectively. Constant magnet 1,2 Tl had dimensions 30x50 mm. For the magnetic field value change the distance between the rod and magnet was changed. The magnetic field force lines were oriented perpendicularly to axis of rod.

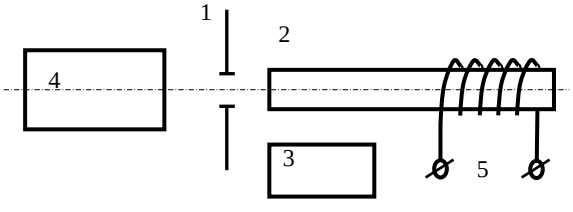


Figure 2 – Experimental device scheme. 1 – diaphragm, 2 – graphite rod, 3 –constant magnet, 4 – infrared scanner, 5 – heater.

The heater was produced from nichrome wire which was coiled to the rod over a asbestos paper. To reduce heat loss to the nichrome spiral wound up to four layers of asbestos paper.

The thermal images were registered by using infrared imager Testo 881-2. At registering IR images from the rod end the diaphragm cutting-off the heater picture was used. Herewith the graphite rod was entirely in insulating sheath of asbestos paper. The infrared imager and diaphragm was on the axis of graphite rod. Ambient temperature during the measurements was 24 °C.

Experimental research

At measurement the magnet was placed to a prescribed distance from graphite rod (for each measurement cycle) and infrared imager and heater supply unit was turned on. The prescribed power of heater was setted up and the temperature dependence on the rod surface by the infrared imager was controlled.

When the temperature at one point of the rod reached 98 °C the thermal image was recorded and the lens of imager was closed. Further the rod cooled down to the temperature of 40°C when heater was turned off. When series of thermal images are registered it was transferred to a PC. Then the thermal images are opened and the line of temperature distribution (the histogram) is set.

Experimental results

Figure 3 shows the thermogram of the graphite rod end part. The maximum temperature in the image center is 98°C.

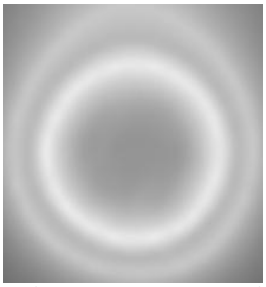


Figure 3 – IR image of temperature distribution from the end of graphite rod

The time of maximum temperature change from 40°C to 98°C was recorded. Data comparison shows that the heating time is in the range 81-87 s regardless of the distance between rod and magnet.

Figure 4 shows two histograms of the various cycles of measurements showing the temperature distribution along the length of the rod side.

Comparison of experimental histograms, two of which are shown in Figure 4, show the following. The histograms of the temperature distribution on the rod surface corresponding to the distance between the magnet and rod of 20 mm is different. In a magnetic field corresponding to the distance between rod and magnet of 20 mm the temperature gradient is 1.2 deg per cm instead of 3.6 deg per cm without a field. At other distances magnet – rod the change of the gradient in the magnetic field is small and does not depend on the magnetic field value. Registration of IR images of the rod for each set of external conditions was carried out by 5 times.

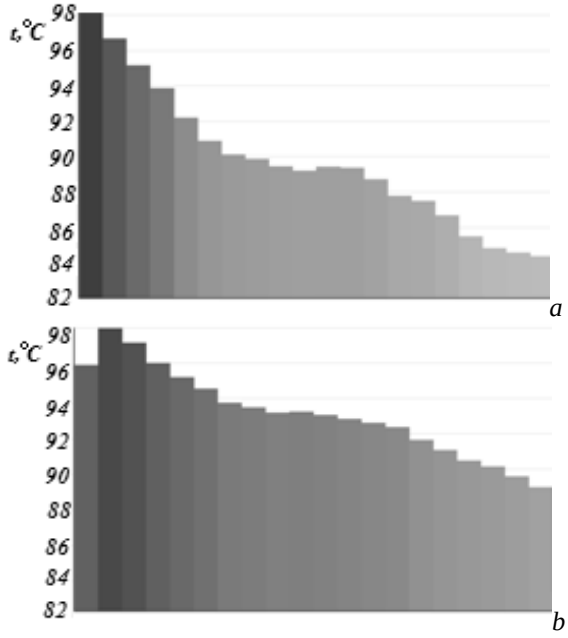


Figure 4 – The histograms of temperature distribution on the graphite rod axis: *a* – without magnetic field, *b* – magnet on 20 mm distance from graphite rod

CONCLUSION. Experimentally shown that the temperature gradient on the rod axis for one of magnetic-field strengths differs from the other experimental temperature histogram.

REFERENCES

1. Buslaeva E.M. Material science. [Electronic resourse] http://www.e-reading-lib.org/book.php?book=130588. (in Russian).
2. Myshkin V.F., Vlasov V.A., Izhoykin D.A., Ushakov I.A. Laser ablation characteristics in an external magnetic field // Russian Physics Journal. - 2012 - T. 55 - №. 11/2 - P. 343-347. (in Russian).
3. Parfenov V.A. Laser microprocessing of materials. Textbook // ETU "LETI", 2011. – 59 p. (in Russian).

SURFACE MODIFICATION BY A HIGH POWER ION BEAM IN ACCELERATOR «TEMP-4M»

M. V. Tsurkan
Scientific Advisor: G. E. Remnev, Professor
Language Advisor: T. G. Petrashova, Associate Professor
National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, Russia, 634050
E-mail: tsurkan@tpu.ru

Introduction

The improvement of mechanical properties and wear resistance of hard alloy is a crucial problem nowadays. Different types of treatment techniques have been used to find a solution for this issue: coatings deposition, treatment by a pulsed high-power ion beam [1],[2], electron beam [3], [4], pulsed laser irradiation [5], and others.

Beams of light ions (protons, carbon, nitrogen, pine forest, oxygen, their mix and a combination) are the most effective in comparison with heavy ions because they have an essentially higher mean free path in a target.

The following results of ion impact on metals and alloys are attractive for materials processing. They are:

- surface morphology changes;
- changes of the surface structural - phase state;
- increase microhardness.

Similar results can be used in technologies for the new functional materials production and products surface modification. Thus, the problem of identifying the relationship between these parameters change and a beam accelerator technology arises.

The purpose of this paper is to obtain experimental data of the metals surface (for example, Ti, Al, St.3) properties variation depending on the ion pulse beam parameters of the accelerator "TEMP-4M", developed in the laboratory №1 high technologies physics institute TPU.

Experimental methods

The main changes occurring in alloys and metals under ion beam irradiation are following: the microhardness increase, and roughness class change. All the parameters are analyzed in the work.

For the investigation, the samples of Ti, Al, Ст.3 (10x10 mm in size) were used. The treatment was conducted in ion beams accelerator «TEMP-4M» with the following beam parameters:

Table 1- Parameters HPIB

Mode	Beam composition	τ,ns	j, A/cm^2	n, the number of impulses
1	ions C^+ :70%, protons 30%	50	60-80	1
2		50	80-100	1
3		50	100-120	1

Then to study the surface quality before and after irradiation, the profile measured, and surface roughness parameters obtained with PROFI-130 device.

Results and discussion

A. Microhardness changes

The microhardness of the samples has been measured before and after irradiation to observe the microhardness changes. Table 2 represents the data obtained.

Table 2- Microhardness changes

Material	Microhardness changes Hv, MPa		
Mode	1	2	3
Ст.3	6.6	28.9	32.4
Al	18.9	18	31.1
Ti	62.8	97.4	87.3

The following figure shows microhardness changes, depending on irradiation mode.

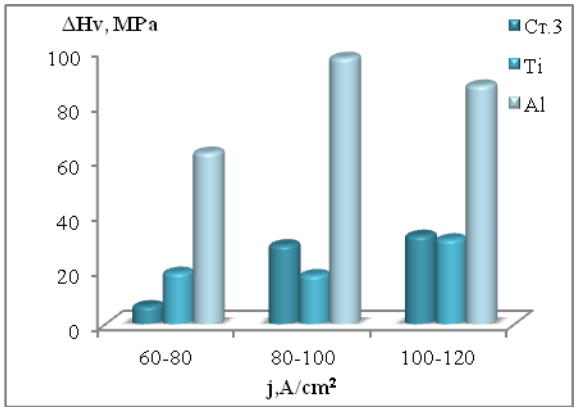


Fig. 1. The dependence of samples microhardness change on current density

Under ion beam irradiation, microhardness value of the irradiated area has been increased in comparison with non- irradiated area microhardness.

Various microhardness changes have been observed in experiment that can be related to various values of the energy transferred to the irradiated surface.

Actually, such changes can be caused by one of the ion beam feature: under ion beam irradiation there is ultra-fast warming up with the following ultra-fast cooling. So, the crystal lattice does not have enough time to be formed, remaining in a small- crystal or substance amorphous condition where the microhardness is higher.

Insignificant changes in comparison with reference values of microhardness can be explained by the fact that a traditional microhardness measurement method by microtester which has both advantages and disadvantages: tests can be carried out only at big

loading, and testing of micrometers thickness layers is impossible. This limits the possibility of the method application for materials surface studying.

B. Roughness class changes

Quantitatively surface roughness is estimated by basic parameter-profile arithmetic mean deviation, which was measured before and after irradiation.

Table 3 represents roughness changes data.

Table 3 – Roughness changes data

Material	**St.3**			
Irradiation	-	+		
Mode		1	2	3
Roughness class	6б	7а	7а	7б
Ra, μm	1,87	1,23	1,11	0,99
Δ Ra , μm		0,64	0,76	0,88
Material	**Al**			
Irradiation	-	+		
Mode		1	2	3
Roughness class	6а	7а	7а	7а
Ra, μm	2,02	1,13	1,24	1,25
Δ Ra , μm		0,89	0,78	0,77
Material	**Ti**			
Irradiation	-	+		
Mode		1	2	3
Roughness class	6в	7б	7б	7б
Ra, μm	1,47	0,95	0,89	0,90
Δ Ra , μm		0,52	0,58	0,57

Based on the data in Table 3, Fig. 2 has been made. The figure illustrates roughness changes depending on current density.

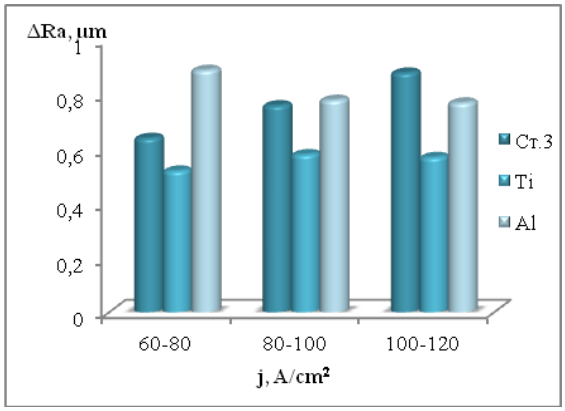


Fig. 2 - The dependence of samples profile arithmetic mean deviation change on current density

Conducted experiment has shown that ion beam in a given range of current density improves samples roughness class. The improvement can be caused by dispersion, taking place mainly from micro irregularity not from cavity, which is determined by *Ra*. The dispersion explains decrease of this parameter.

Conclusion

To sup up, the increase in microhardness is a result of ultra- fast heating up and cooling. Thus, the matter does not have the time to form the original crystal lattice, remaining in a fine-crystalline or amorphous state, the microhardness of which is higher.

The increase in roughness class can be a result of dispersion. It takes place mainly at micropeaks and less at valleys. That is determined by parameter *Ra*, that explains the decrease of this parameter. So, roughness class is improved.

On the whole, the irradiated materials changes in microhardness and roughness indicate that a proper choice of accelerator parameters "TEMP-4M" can result in modification of the surface layer. It leads to an increase in microhardness and decrease in roughness. This is of great importance for modern materials processing technologies.

References

1. A.D. Korotaev. Surf. Coat. Technol., 185 (2004), p. 38

2. V.A. Shulov, A.G. Paikina, A.B. Belov, A.F. Lvov, G.E. Remnev. “Surf. Coat. Technology”, 201 (2007), p. 8654

3. Y.F. Ivanov, V.P. Rotshtein, D.I. Proskurovsky, P.V. Orlov, K.N. Polestchenko, G.E. Ozur, I.M. Goncharenko. “Surf. Coat. Technology”, 125 (2000), p. 251

4. G. Mueller, V. Engelko, A. Weisenburger, A. Heinzel. “Vacuum”, 77 (2005), p. 469

5. J. Mateos, J.M. Cuetos, E. Fernandes, R. “Vijande Wear”, 239 (2000), p. 274

OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF PLASMA REPROCESSING OF LIQUID RADIOACTIVE WASTE

A.G. Karengin, O.D. Shakhmatova
Scientific supervisor: A.G. Karengin, Language supervisor: A.V.Tsepilova
Tomsk Polytechnic University, 634050, Tomsk, Russia
shahmatovaol@tpu.ru

Currently one of the problems of nuclear power industry is radioactive waste handling. This problem is discussed by government, scientific and social fields of various nations, which is conditioned by the necessity to ensure safe life on the Earth while nuclear industry is intensively developing [1].

Radioactive waste from nuclear power plants and spent nuclear fuel differ significantly, because spent nuclear fuel is a potentially valuable product making it possible to obtain new nuclear fuel after recycling. The specific feature of the radioactive waste is that currently the only acceptable way of its relative neutralization is long term storage so that the radionuclides contained in it can decay [2].

Liquid radioactive waste (LRW) should be concentrated to ensure safe handling, storage and disposal. Solutions of high specific activity waste resulting from the extraction of uranium and plutonium in spent fuel reprocessing are concentrated by evaporation. Evaporated concentrated solution is pumped into the tanks of the acid-resistant steel. Tanks with the possibility of leakage are placed on trays made of stainless steel. Due to strong ionizing radiation waste containers are placed in hot cells, which are covered with steel inside. The tanks are equipped with water cooling system for the removal of heat released fission products and actinides [2]. In such conditions liquid radioactive waste solutions may be stored for at least 20-30 years.

Important and final part of the nuclear-fuel cycle is radiochemical recycling and regeneration of irradiated fuel with extraction, separation of components following recycling, nuclear waste neutralization and disposal of nuclear waste. Approximately 97% of irradiated fuel is uranium and plutonium synthesized in a nuclear reactor; 3 % of irradiated fuel are products of fission of ^{235}U, of fissile of plutonium isotopes, etc. The concept of the closed fuel cycle provides utilization of the whole waste stream followed by obtaining solidified products suitable for long-term storage.

The major part of the mass of separation products (more than 99%) is left over in the water phase; the latter is sent to high-level liquid radioactive waste storages.[3] In solutions of liquid radioactive waste (LRW) different nonradioactive products of decay such as molybdenum, rare earth elements and also constructional materials (zirconium, iron, nickel, chromium, manganese) are present. Separation of some of them (for example, precious metals) is of potential interest for further usage, while others (samarium and gadolinium) must be removed in the process of fuel recycling as they prevent the reproduction of neutrons[3].

The purpose of this work is determination of the possibility of utilization of liquid radioactive waste with application of plasma equipment for metal oxide powders for further conservation or usage.

In this work thermodynamic modeling of the process of plasma recycling of liquid radioactive waste was carried out in various plasma heat carriers. For modeling of the thermodynamic process of plasma recycling of liquid radioactive waste the following composition of waste was taken [3]: HNO_3 – 18,0%, H_2O_1 – 81,43%, Fe – 0,07%, Mo - 0.1%, Nd – 0,11%, Y – 0,06%, Zr – 0,058%, Na – 0,04%, Ce – 0,039%, Cs – 0,036%, Co – 0,031%, Sr – 0,026%[4].

In the process of doing this work plasma was heated with various compositions and correlation of components at atmospheric pressure (P=0,1 MPa) was used. In figure 1 the equilibrium composition of the main condensed products of the recycled liquid radioactive waste in steam-water plasma at the initial phases of mass is presented: 50% Water steam: 50% LRW .

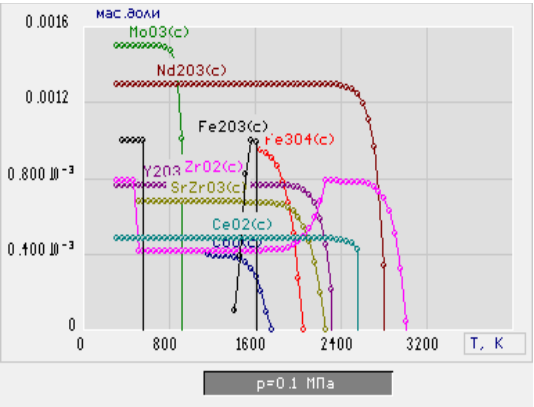


Figure 1 Equilibrium composition of main condensed products of plasma utilization of LRW in steam-water plasma: 50% Steam – Water: 50% LRW.

It follows from the analysis of equilibrium composition that during reprocessing of liquid radioactive waste in steam-water plasma only oxides of metals are formed: MoO_3, Nd_2O_3, Fe_2O_3, Fe_3O_4, CeO_2, ZrO_2, Y_2O_3, etc.

The character of equilibrium compositions of plasma utilization of LRW in air plasma is presented in figure 2.

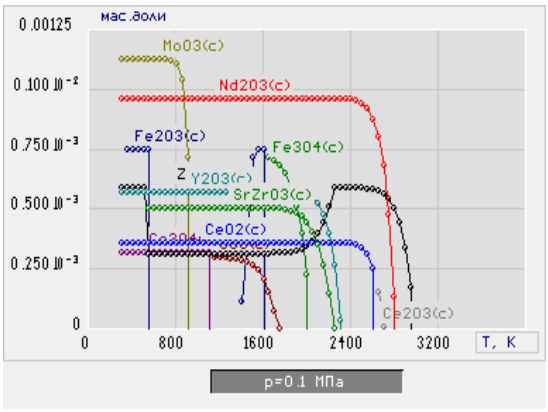


Figure 2. Equilibrium composition of main condensed products of plasma utilization of LRW in air plasma: 25% air: 75% LRW

According to the analysis of equilibrium composition the oxides of metals: MoO_3, Nd_2O_3, Fe_2O_3, Fe_3O_4, CeO_2, ZrO_2, Y_2O_3, etc, are formed during the reprocessing of liquid radioactive waste in air plasma in the temperature range of 1500±200 K (fig.2).

It is interesting that implementation of the process of liquid radioactive waste plasma utilization in the form of water-organic compositions (WOC) of optimal composition based on liquid radioactive waste and spirit (acetone, etc.), allows not only to significantly reduce the energy costs of liquid radioactive waste disposal in the air plasma but also to change the composition of condensed products.

Figure 3 shows a characteristic equilibrium composition of the products of LRW plasma utilization in air plasma in the form water-organic compositions based on LRW and spirits.

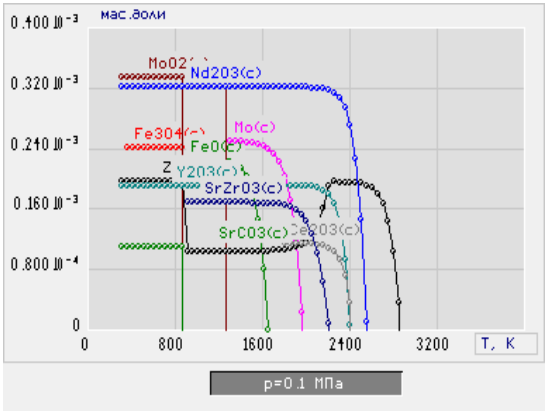


Figure 3. Equilibrium composition of the main condensed products of LRW plasma utilization in air plasma in the form of water-organic compositions: 50% air: 50% WOC(25 % LRW:25 % Spirit)

It follows from the analysis of equilibrium composition (fig. 3) that oxides of metals: MoO_3, Nd_2O_3, Fe_2O_3, Fe_3O_4, CeO_2, ZrO_2, Y_2O_3 etc. are formed in the temperature range 1500±200 K due to plasma utilization of LRW in air plasma.

In figure 4 characteristic equilibrium composition of the main condensed products of LRW plasma utilization in air plasma in the form of water-organic compositions based on LRW and acetone is presented

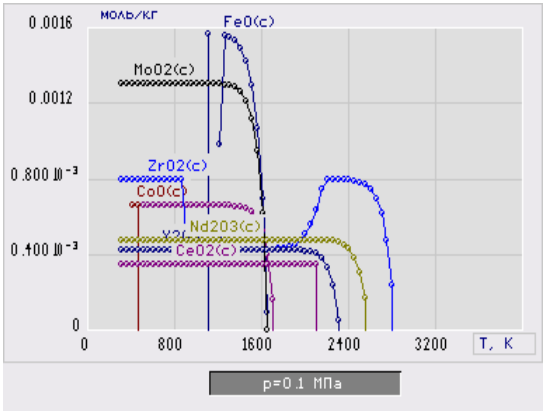


Figure 4. Equilibrium composition of the main condensed products of LWR plasma utilization in air plasma in the form of water-organic compositions: 75% air: 25% WOC(12.5 % LRW : 12.5 % Acetone)

It follows from the analysis of equilibrium compositions (fig. 4) that oxides of metals: MoO_3, Nd_2O_3, Fe_2O_3, Fe_3O_4, CeO_2, ZrO_2, Y_2O_3, etc. are formed due to plasma utilization of LRW in air plasma in the form of water-organic composition in the temperature range 1500±200 K.

Table 1 shows the specific energy consumption in the process of plasma disposal of liquid radioactive waste in various plasma coolants.

It follows from the analysis of the obtained results that the operating temperature range is 1500 ±200K, for the plasma utilization process liquid radioactive waste in the air plasma in the form of an aqueous-organic composition on the basis of spirit the lowest energy costs for recycling 1 kg of liquid radioactive waste are required.

As a result of the research conducted, the following technological modes of LRW plasma utilization process can be recommended for practical implementation:

- plasma carrier is air;
- operating temperature is 1500±200 K;
- 50% Air :50% WOC;
- composition of WOC: 50% LRW : 50% Spirit.

Results of the research can be used for the design of plasma technology and equipment for utilization and neutralization of LRW.

[1] A.Nikiforov, V. Kulinichenko, M. Zhikharev "Disposal of liquid radioactive waste."- Moscow: Energoatomizdat, 1985.- 184 p.

[2] Skachek M.A. "Spent nuclear fuel and radioactive waste" – M.: Publishing House MEI, 2007. – 448 p.

[3] Tumanov U.N. Plasma and high frequencies processes of receive and processing of materials in nuclear fuel cycle: present and future. – M.: «Physmathlit», 2003.-759 p.

[4] Panteleev U.A., Alexandruk A.M., Nikitina S.A., Makarova T.P. Analytical methods determination of components liquid radioactive waste. Works of Radium Institute. VG Khlopin b. XII, 2007 y.

СЕКЦИЯ 9

Контроль и управление качеством

SECTION 9

Quality Management Control

АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ И ВЫБОРА ПЛОЩАДКИ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛИГОНОВ ТОП В УСЛОВИЯХ АРМЕНИИ

Адамян Рафаел Гагикович
Научный руководитель: Беспалов В. И., д.т.н., профессор
Ростовский Государственный Строительный Университет, 344022, Россия, г. Ростов на Дону, ул. Социалистическая, 162
E-mail: rafo0802@list.ru

В настоящее время в развитых странах производится от 1 до 3 кг бытовых отходов на душу населения в день, что составляет десятки и сотни миллионов тонн в год. В связи с отсутствием мест для захоронения этого огромного количества отходов в Европе заговорили о кризисе отходов или кризисе свалок. В японских гаванях насыпаны "мусорные острова" из гор бытовых отходов, производимых в метрополиях; в США города на Северо-Восточном побережье отправляют свои отходы в другие страны в океанских баржах.

Как во всем мире, так и в Республике Армении образуется много твердых отходов потребления.

Нами проведен анализ количества образующихся в Армении отходов, в результате которого установлено, что ежегодно в республике Армении образуется около 11млн. тонн отходов.

Сегодня наиболее широко применяется захоронения, это утилизация отходов методом, который применяется в случаях, когда переработка отходов для вторичного использования опасна или невозможна. Захоронение отходов проводится чаще всего на специально оборудованных полигонах, который из себя представляет сложное производства, которое является природоохранными сооружениями и предназначены для централизованного сбора, обезвреживания и захоронения твердых отходов потребления.

На полигоне по захоронению отходов организуется бесперебойная разгрузка мусоровозов[1].

Размер участка размещения полигона устанавливается исходя из условия срока его эксплуатации не менее 20 лет. Рано или поздно полигон будет закрываться и его жизненный цикл подходит к закрытию и будет возникать задача о новом место.

В результате проведенных исследований нами установлено, что размещение полигонов ТОП осуществляют по территориальному принципу и предусматривают при разработке территориальных комплексных схем градостроительного планирования развития территории[2]. Для решения задачи оценки возможности размещения ТОП на земельном участке в соответствии с положениями градостроительной документации необходимо разработать градостроительное обоснование строительства полигона ТОП.

Самым распространенным методом утилизации ТОП является захоронение их на специальных инженерных сооружениях – полигонах. Полигон по захоронения ТОП - это комплекс природоохранных сооружений, предназначенных для складирования, изоляции и обезвреживания твердых бытовых отходов, обеспечивающий защиту от загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствующий распространению грызунов, насекомых и болезнетворных микроорганизмов.

Задача выбора территории для размещения нового полигона по захоронению ТОП особо остро стоит в Республике Армении, в частности, данный вопрос актуален для города Еревана, в котором наиболее подходящим по свободной территории является Нубарашенский район. На участке Нубарашенского района залегают нижнечетвертичные Нубарашенские верхнетерасовые валуны, пески, глины, супесчаники с мощностью до 70м, Ацаванские красноватые конгломераты, гравелиты, песчаники, глины верхнего олигоцен, нижнего миоцена, с мощностью до 400м и средне четвертичные Ереванские игнимбритовые, туфы с мощностью до 10м. Грунтовые воды сезонные и имеют техногенно-инфильтрационный характер.

На основании аналитических исследований, проведенных нами, установлено, что выявление участков, перспективных для размещения полигонов, производят посредством анализа карт специального типологического зонирования территории района, которые составлены на основе геологических, гидрогеологических и других результатов исследований. Нами установлено, что основные критерии оценки и выбора площадки для размещения полигона ТОП можно разделить на две основные группы:

1) критерии, исключающие размещение полигонов;
2) критерии, благоприятствующие размещению полигонов.

На наш взгляд к первой группе целесообразно отнести следующие критерии:

-по климатогеографическим условиям: температуру, которая находится в пределах менее +5°С и более +25°С; относительная влажность в пределах менее 40% и 100%; скорость движения воздуха в пределах менее 3 и более 7м/с;

-по геологическим условиям: плотность почвы, которая находится в пределах менее 2,6 и более 2,75 г/см^3; прочность грунта, которая находится в пределах менее 2 и более 40 Па/м^2; кислотность грунта, которая находится в пределах менее 6 и более 7 pH; поглощение грунта, которая находится в пределах менее 15 и более 45 мг/экв. Причем запрещается устройство полигонов в местах выхода на поверхность трещиноватых пород, а также в зонах возможного схода оползня, селя или лавины;

-по гидрологическим условиям: уровень водоносных горизонтов менее 2м; коэффициент фильтрации в пределах менее 7 и более 10 м/с, а

также необходимо учитывать критерии, запрещающие устройство полигонов в зонах риска затопления, а также в местах выклинивания водоносных горизонтов. При этом исключается использование под полигон болот глубиной более 1м и участков с выходами грунтовых вод в виде ключей, затопляемых паводковыми водами территорий;

-по условиям обеспечения экологической безопасности: концентрация оксида углерода более $ПДК_{СС}$ = 3,0 мг/м^3; концентрация оксида азота более $ПДК_{СС}$ =0,06 мг/м^3; концентрация метана более $ПДК_{СС}$ =50,0 мг/м^3; концентрация аммиака более $ПДК_{СС}$ =0,04 мг/м^3; концентрация бензола более $ПДК_{СС}$ = 0,1 мг/м^3; концентрация хлорбензола более $ПДК_{СС}$ = 0,1 мг/м^3; концентрация нетоксичной пыли более $ПДК_{СС}$ = 0,15 мг/м^3; уровень напряженности электромагнитного поля более $ПДУ_{эмп}$ =30 В/м, уровень радиации более $ПДУ_р$ = 0,3мкр/ч, а также необходимо учитывать критерии, запрещающие устройство полигонов в зонах санитарной охраны источников водоснабжения и минеральных источников, вблизи курортных зон, а также вблизи мест массового отдыха населения и расположения оздоровительных учреждений[3].

Ко второй группе предлагаем отнести следующие критерии:

-по климатогеографическим особенностям рассматриваемого района следующие критерии: оптимальная температура должна соответствовать диапазону от +5 до +25°С; оптимальная относительная влажность воздуха должна соответствовать диапазону от 40 до 100 % при скорости движения воздуха от 3 до 7 м/с;

-по геологическим условиям: почвы должны обладать оптимальной плотностью от 2,6 до 2,75 г/см^3, прочностью от 2 до 40 Па/м^2; кислотность от 6 до 7 pH; поглощение от 15 до 45 мг/экв.

-по гидрогеологическим условиям: коэффициент фильтрации в пределах от 7 до 10 м/с, а также участки с глинами или тяжелыми суглинками и грунтовыми водами, расположенными на глубине более 2 м.

-по экологическим условиям: концентрация оксида углерода не более $ПДК_{СС}$ = 3,0 мг/м^3; концентрация оксида азота не более $ПДК_{СС}$ = 0,06 мг/м^3; концентрация метана не более $ПДК_{СС}$ = 50,0 мг/м^3; концентрация аммиака не более $ПДК_{СС}$=0,04 мг/м^3; концентрация бензола не более $ПДК_{СС}$ =0,1 мг/м^3; концентрация хлорбензола не более $ПДК_{СС}$ =0,1 мг/м^3; концентрация нетоксичной пыли не более $ПДК_{СС}$ = 0,15 мг/м^3, уровень электромагнитного поля менее 10 и не более 30 В/м, уровень радиация не более $ПДУ_р$ =0,3мкр/ч. Под полигоны отводятся отработанные карьеры, свободные от ценных пород деревьев, участки в лесных массивах, овраги и другие территории.

Анализируя характеристики участка Нубарашенского района города Еревана можно заключить, что для размещения нового полигона рассмотренная территория не отвечает следующим критериям:

-по климатогеографическим условиям: минимальная температура самого холодного периода -31°С;

-по геологическим условиям: фактическая плотность грунта находится в пределах от 1,2 до 1,8 г/см^3; фактическая прочность грунта находится в пределах от 1,5 до 21 Па/м^2; фактическая кислотность грунта находится в пределах от 7,5 до 8,5 pH.

-по гидрогеологическим условиям: наличие родников, выходящих на поверхность в определенных местах, образуя речные потоки; наличие топей, выходящих большой площадью на поверхность земли в низменных частях, часто образуя болота;

-по экологическим условиям: фактические концентрации составляют: оксида углерода - 60мг/м^3; углеводородов - 5,9мг/м^3; оксида азота - 2,2мг/м^3; взвешенных частиц - 0,22мг/м^3; диоксидов серы - 0,17 мг/м^3; свинца - 0,49 мг/м^3; уровень звукового давления составляет – 95 дБ.

Таким образом, в результате проведенных анализов установлено, что рассматриваемая территория, не отвечающая вышеперечисленным критериям оценки и выбора площадки, может быть использована для размещения полигона по захоронению ТОП при условии реализации дополнительного комплекса инженерных мероприятий.

Литература

1. Коробко, В. И. Твердые бытовые отходы. Экономика. Экология. Предпринимательство: монография / В. И. Коробко, В.А. Бычкова.— М.:ЮНИТИ-ДАНА, 2012.—131 с.—(Серия «Научные издания для экономистов»). I. Бычкова, Виктория Анваровна

2. - Беспалов В.И., Адамян Р.Г., Анализ условий размещения полигонов по захоронению ТБО на территории г. Еревана Республики Армения, журнал <<Научное обозрение>> , № 6;Москва, 2012, С. 222-224

3. Ю.Погосян. Национальный обзор применения экологических показателей [Электронный ресурс] Интернет: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/stats/documents/ece/ces/ge.33/2012/mtg1/Armenia.pdf

СИСТЕМА ОЦЕНКИ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ИНСТИТУТА КИБЕРНЕТИКИ ТПУ

Арышева К.С.
Научный руководитель: Вахитов А.Р., к.т.н., начальник информационного отдела
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ksendart@yandex.ru

Преподаватель глазами студента.

В последнее время появляется множество публикаций о повышении качества образования и самого образовательного процесса. Хотя в основном затрагивается лишь оценка индивидуальных достижений обучающихся, большое значение имеют сама характеристика образования, профессиональная подготовка специалистов, внутренний мониторинг образовательного процесса и, конечно, личная оценка со стороны студентов. Работа системы удовлетворенности учебным процессом и получение рейтинговой оценки преподавателя может быть представлена следующей схемой (рис.1).

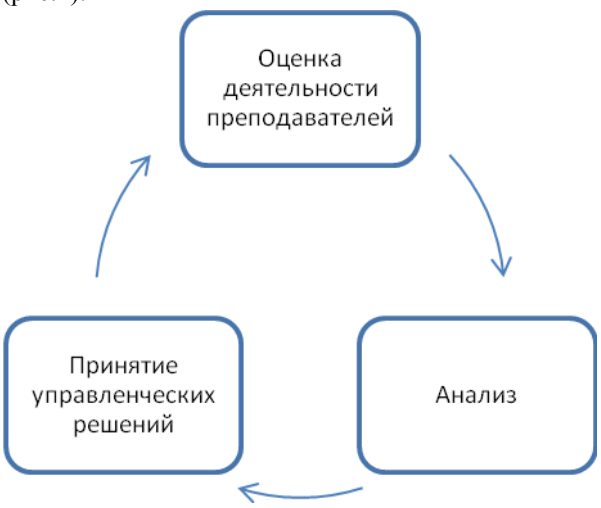


Рис. 1 Схема работы системы

В соответствии с этой схемой, работа системы состоит из трех этапов: оценка деятельности преподавателей, анализ, принятие управленческих решений. [1].

Оценка деятельности преподавателя состоит из нескольких частей, одна из которых оценка профессиональная деятельность и самооценка, а другая – оценка со стороны студента. Второй этап включает в себя анализ результативности деятельности каждого преподавателя. По оценке, полученной в ходе анкетирования студентов, выявляются сильные и слабые стороны в деятельности преподавателя и используются при проведении SWOT-анализа. На третьем этапе по результатам SWOT-анализа вырабатывается политика развития института, обозначение преимуществ, возможностей и постановка новых целей.

Подобные системы оценки учебного процесса существуют и активно используются во многих университетах страны, и мнение студентов имеет существенное значение. Основным критерием качества образования является соответствие потребностям личности студента [1].

Систем оценки.

Данная система спроектирована для осуществления внутреннего мониторинга образовательного процесса. Такой способ оценки качества образования включает в себя проведение регулярного анкетирования студентов. Вопросы анкеты касаются качества преподавания, объективностью оценки преподавателя, описания самого процесса образования и т.д. На каждый вопрос студенту предлагается несколько вариантов ответа, отражающих его отношение к аспекту деятельности, затронутого в вопросе. По результатам анкетирования, через специально разработанную систему оценок, выстраивается рейтинг преподавателей, отвечающих требованиям студента. Кроме того система позволяет получить информацию о том, какой из аспектов деятельности лучше представлен в учебном процессе, а на что руководству института следует обратить внимание. Таким образом, можно провести анализ учебного процесса и выявить его сильные и слабые стороны, провести анализ деятельности преподавателей и разработать соответствующую политику управления институтом.

Этапы проектирования системы.

На первом этапе разработки были выявлены основные сценарии вариантов использования: авторизация, анкетирование и просмотр статистики. Затем была проанализирована предметная область для выявления основных сущностей, управляющих и граничных элементов. Для реализации системы был выбран язык скриптового программирования *PHP*, поддерживающий объекты и их атрибуты, приведенные на рисунке (рис. 2). Особое значение имеет представление в базе данных результатов анкетирования. Необходимыми функ-

циями системы являются выборка определенных данных, их сортировка и предоставление статистических отчетов различного вида.



Рис. 2 Основные объекты системы и их атрибуты

Для организации всей необходимой информации, требуемой системе, используется СУБД *MySQ*, к тому же язык *PHP* предлагает широкие возможности взаимодействия с СУБД [2], С помощью *MySQL* была спроектирована база данных, содержащая информацию по основным сущностям предметной области.

Для удобства реализации системы используется конструкционный паттерн *MVC(Model-view-controller)*, обладающий большим количеством преимуществ.

Паттерн MVC.

Данный паттерн является архитектурным шаблоном, который описывает способ построения веб-приложения, определяя сферы ответственности и взаимодействия каждой из частей структуры приложения (рис. 3) [3].



Рис. 3 Паттерн *MVC*

На представленном рисунке отражена основная идея данного шаблона. Все веб-приложение разделяется на три основных компонента, каждый из которых ограничен от другого и выполняет свой список задач. Модель отвечает за управление данными, сохраняет и извлекает сущности, используемые в приложении из базы данных и содержит основную логику приложения. Представление несет ответственность за отображение данных, поступающих от контроллера. Представление реализуется в виде *HTML*-страницы и определяет внешний вид показываемой информации. Контроллер выступает связующей частью между моделью и представлением. Именно он получает запрос от клиента, анализирует его параметры, по которым формируется модель данных и способ представления этих данных.

Резюме.

Цель данной работы – создание системы оценки степени удовлетворенности студентов Института кибернетики ТПУ учебным процессом. Данная система позволяет проводить мониторинг качества образования, выявлять сильные слабые стороны учебного процесса и разрабатывать более эффективную стратегию развития. Система реализована в виде веб-приложения с использованием конструкционного паттерна *MVC*, что существенно упрощает написание приложения, его поддержку и развитие. В настоящий момент система готовится к внедрению среди студентов Института кибернетики сбора тестовых результатов.

Литература.

1. Дендеберя Н.Г. «Система оценки качества профессорско-преподавательского состава» // Сборник материалов шестой Всероссийской научно-практической конференции Гильдии экспертов в сфере профессионального образования.-М.-2011.
2. Будилов В. PHP 5. Экспресс-курс // БХВ-Петербург. –2005.
3. Обобщенный Model-View-Controller [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.rsdn.ru/article/patterns/generic-mvc.xml

КОРПОРАТИВНАЯ КУЛЬТУРА ОРГАНИЗАЦИИ – ОСНОВА ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Буреева М.С, Редько Л.А.
Научный руководитель: Редько Л.А.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр.Ленина 30
E-mail: kjlu21@mail.ru

Важнейшей задачей экономики в современной России является повышение конкурентоспособности отечественных компаний за счет эффективности деятельности. Существуют различные методы повышения эффективности деятельности, в их числе – система бережливого производства (БП) [1, 2].

Бережливое производство (БП) – концепция менеджмента, основанная на неуклонном стремлении к устранению всех видов потерь. БП обобщает опыт компании Тойота и других компаний, вставших на путь построения эффективных производственных систем.

В настоящее время методы БП достаточно распространены. По мнению ряда экспертов, БП может стать доминирующей парадигмой для производственников во всех странах [3].

В колоссальном числе источников говорится о том, что применение методов БП дает организации положительный эффект – улучшение показателей деятельности [4-6]. Однако, говорить о выдающихся результатах не приходится. Основные причины этому: различия в культуре стран, традициях менеджмента, экономических условиях деятельности организаций.

В таблице 1 приводятся основные черты корпоративной культуры* компании, основанной на принципах БП [7] и типичной российской компании.

Таблица1.

Бережливая компания	Типичная российская компания
Организация деятельности	
Социально ответственные компании	Компании предназначены для удовлетворения потребностей собственников
Единство целей руководства и сотрудников	Цели руководства и сотрудников не совпадают или противоположны
На предприятиях отсутствуют явные привилегии руководящего класса. Практически полностью отсутствует различия в одежде, зарплате (7-10 крат), в самом образе жизни.	Топ-менеджеры изолированы от непосредственной деятельности компании и являются недоступными для контактов с простыми работниками. Существует колоссальная разница в зарплатах высшего руководства и непосредственных исполнителей (рабочих и служащих).
Сотрудник олицетворяет свое будущее с будущим компании.	Сотрудник не уверен, что будет работать продолжительное время в данной компании, в любой момент могут указать на дверь
Компания заботится о сотруднике, а сотрудник направляет усилия на процветание компании.	Взаимоотношения работодателей и наемных рабочих ограничиваются зарплатой в обмен на труд. Качество труда при этом будет адекватным зарплате. Отсутствуют (или мизерны) социальные выплаты со стороны компании в случае получения производственных травм и выхода на пенсию (эту функцию выполняет государство).
Налажена система подачи и внедрения рационализаторских предложений, основанная на идентификации проблем в работе, анализе и выработке методов по их устранению	Проблемы – признак профессиональной непригодности работника. У хорошего работника нет затруднений в работе.

Различны и подходы к организации деятельности. В Бережливой компании используют подход, основанный на цикле PDCA*.

* Корпоративная культура - совокупность моделей поведения, которые приобретены организацией в процессе адаптации к внешней среде и внутренней интеграции, показавшие свою эффективность и разделяемые большинством членов организации [5].

* PDCA – англ *«**P**lan-**D**o-**C**heck-**A**ct»* - планирование-действие-проверка-корректировка) циклически повторяющийся процесс принятия решения, используемый в управлении качеством [6].

В российских компаниях этапы этого цикла имеют свое содержание (таблица 2).

Таблица 2.

Этап деятельности цикла PDCA	Предприятие, работающее в соответствии с философией БП	Типичная российская компания
P	Постоянное улучшение деятельности сейчас	Улучшение планируется «когда-нибудь». Сейчас делаем так, как делаем, «пока и так сойдет».
D	Выполнение деятельности в соответствии со стандартом	Выполнение работы так, как привыкли. Негативное отношение к регламентирующим документам.
C	Самоконтроль	Функция контроля, как правило, отделена от исполнителей. Например, ОТК, контроль – это их зона ответственности
A	Акцент на несовершенстве	Акцент на положительных результатах. Ошибки следует скрывать, за них наказывают. Анализ проблем – прерогатива руководителей. Они же делают предложения по улучшению деятельности.

Из приведенного выше, можно сделать вывод о том, что корпоративная культура типичной российской организации существенно отличается от Бережливой компании. Поэтому внедрение БП на российских предприятиях чаще оборачивается внедрением инструментов и методов БП. В этом случае персонал, как правило, оказывает сопротивление, потому что при любой оптимизации возрастает эксплуатация. Кроме того, снижение внимания и контроля со стороны руководства приводят к резкому снижению результатов, достигнутых на начальном этапе внедрения инструментов БП [8].

Поэтому, при внедрении методов БП, прежде всего, необходимо начать изменение корпоративной культуры компании, стиля лидерства и взаимоотношений сотрудников и руководства в сторону Бережливой компании, черты которой приведены в таблице 1.

Список источников:

1. Вумек, Джеймс П. Бережливое производство: как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании: пер. с англ. / Д. П. Вумек, Д. Т. Джонс. — 2-е изд. — М. : Альпина Бизнес Букс, 2005. — 470 с.
2. Оно, Тайити. Производственная система Тойоты. Уходя от массового производства: пер. с англ. / Т. Оно ; Институт комплексных стратегических исследований. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2006. — 195 с.
3. Ричард Каллаж Почему внедрение Лин, зачастую, не дает ожидаемого результата. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.equipnet.ru/management/articles/articles_883.html
4. Павел Рабунец. Бережливое производство в ОАО «Самотлорнефтегаз»: только плюсы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.leaninfo.ru/2012/10/24/lean-samotlorneftegaz/
5. Д. Н. Хан. Внедрение бережливого производства на ОАО « Демиховский машиностроительный завод». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.up-pro.ru/library/production_management/lean/vnedrenie_berezhlivogo_proizvodstva_na_oao.html
6. Майкл Вейдер. О внедрении лин В России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mashportal.ru/interview-26851.aspx
7. Лайкер, Джеффри К. Дао Toyota: 14 принципов менеджмента ведущей компании мира : пер. с англ. / Д. К. Лайкер. — М. : Альпина Бизнес Букс, 2005. — 402 с.
8. Юрий Клочков, КАМАЗ: Мы начали необратимые изменения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.up-pro.ru/journal/prozvodstvennye-systemy/klochkov-kamaz.html.

ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧНОСТИ СРЕДСТВ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЧАСТИЦ И ОБЕСПЫЛИВАНИЯ ВОЗДУХА В ТЕХНОЛОГИИ КОНФЕКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГРАНУЛИРОВАННОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Волкова Д.В.
Руководитель: Василевский М.В., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ravenowlbrigit@bk.ru

В работе проводится анализ систем транспортировки гранулированного ПЭВД в технологии конфекционирования с точки зрения образования вредных примесей и средств извлечения этих примесей из продукта и отработанного воздуха. Приводятся технические решения эффективной очистки продукта и воздуха от примесей. Даются оценки экологичности систем пневмотранспорта гранул с малой скоростью и высокой концентрацией частиц.

Пневмотранспортные установки являются основным элементом технологии конфекционирования гранулированных полимерных материалов. При пневмотранспортировании порошкообразных материалов с низкой температурой плавления на внутренних поверхностях трубопроводов образуются пленки из этих материалов. При транспортировке гранулированных материалов образуется примесь в виде стружки, волокон, пыли, которая ухудшает качество товарного продукта. загрязняют продукт и воздух, выбрасываемый в атмосферу. Было предложено устройство под названием установка комплексной очистки (рис. 1).

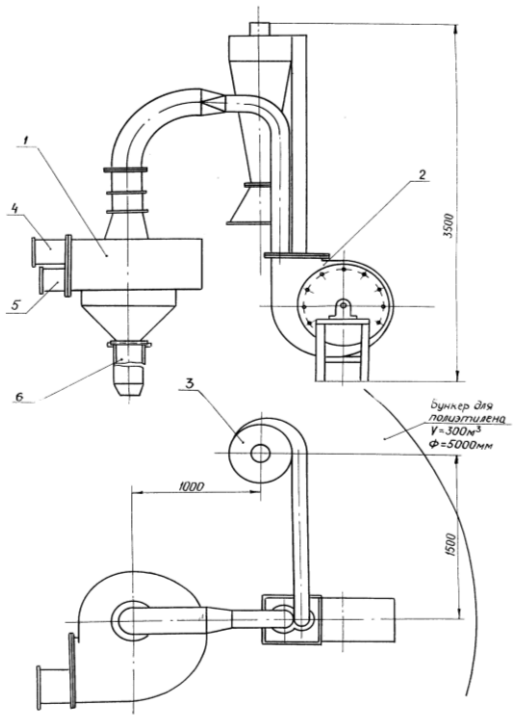


Рис. 1. Установка комплексной очистки

Гранулированный материал очищается в центробежном сепараторе 1 за счет самого транспортирующего потока. В пылеконцентраторе 2 воздух при вихрестоке движется к выходному патрубку, а частицы центробежными силами концентрируются у стенки и выходят в пылевыводной патрубок, который соединяется с циклоном 3.

Поршневой транспорт обладает преимуществами по сравнению с транспортом взвесью: отсутствие измельчения материала, меньший расход энергии, б*о*льшая дальность транспортирования, высокая эффективность отделения материала от газа.

На рис. 2 показана схема действующих сил в элементе поршня. На элемент действуют силы тяжести, возникающих напряжений, сила трения и сила фильтрации, которая относится к объемно силе, поскольку действует на весь объем. При фильтрации возникает дополнительная увлекающая материал сила за счет поверхностного взаимодействия частиц и газа. При стационарной фильтрации уравнение баланса сил, действующих на слой материала, имеет вид (рис.2): $-Sd\sigma-(\sigma+\rho_1 g h k_g)\xi f dS_б+F_ф d\Omega=0$, где S, – площадь канала, м^2, σ–нормальное напряжение в материале, Па, h– высота канала, м, ρ_1– насыпная плотность материала, кг/м^3, g=9,81 м/с^2, $k_g\approx0,5$ – коэффициент, учитывающий распределение напряжения по периметру от воздействия веса материала [5, 6], ξ–коэффициент бокового давления, f– коэффициент трения материала о стенку, $F_ф=f_δ S_0$–сила фильтрации на единицу объема поршня, $f_δ$ –удельная сила, действующая по поверхности частиц дисперсной среды Н/м^2, S_0– удельная поверхность дисперсной среды м^2/м^3, $d\Omega=Sdx$– элементарный объем, в котором проявляются поверхностные силы, $dS_б= L_б dx$, $L_б$– периметр канала, м.

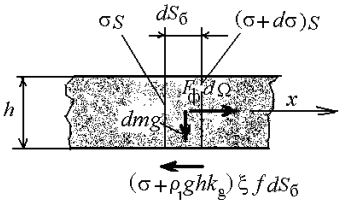


Рис.2. Схема сил, действующих на элемент слоя поршня

Фильтрационная сила определяется перепадом давления на элементе $d\Omega=Sdx$: $F_ф d\Omega = dPS$. Нарастание фильтрующего потока в слое поршня происходит за короткое время. Заменим слой частиц системой микротрубок с радиусом $a=d_э/2$ [7], $d_э = \frac{4\varepsilon}{S_0(1-\varepsilon)}$, $S_0 = \frac{6(1-\varepsilon)}{\delta}$, где ε–порозность, δ–диаметр частицы, S_0 – удельная поверхность частиц на единицу занимаемого объема, $м^2/м^3$. Расчет нестационарного движения воздуха в трубке при скачкообразном повышении давления проведен в соответствии с [8]. Расход воздуха через трубку зависит от параметра $\nu t/a^2$, где ν–коэффициент кинематической вязкости, $м^2/с$; Расчет показывает, что при $\nu t/a^2 = 1$ расход воздуха через микротрубку является стационарным. Следовательно время установления фильтрационного потока определится из соотношения $t=a^2/\nu$. Для гранулированного полиэтилена с $d_э$=3 мм и $\nu=1{,}5\cdot10^{-5}$ $м^2/с$ это время составляет 0,15 с. Фильтрационный поток $F_ф=8Q\mu l/\pi a^4$, $Н/м^3$. Из приведенных формул следует, что величина $F_ф$ есть функция порозности ε и за время установления потока происходит уменьшение порозности вследствие уплотнения слоя. При этом совершается работа по изменению объема слоя и генерации напряжений $\sigma_{уп}$ вследствие уменьшения объема. Обозначим $\Delta x = \int_0^{\Delta x} dx$ –изменение длины поршня вследствие уплотнения, $\Delta\varepsilon_к=\Delta x/l$–изменение порозности $\Delta\varepsilon_к = \frac{1}{l}\int_0^{\Delta x} dx$, $F_ф Sl=S\alpha\Delta\varepsilon^\beta$, $\alpha=lF_{фк}/\Delta\varepsilon_к^\beta$. Здесь $\Delta\varepsilon_к$– изменение порозности при установившейся фильтрации, $F_{фк}$–конечная сила фильтрации на единицу объема при установившемся режиме. Работа потока может быть записана как $Sl\int_0^{\Delta x} F_ф dx = S\alpha\int_0^{\Delta x}\Delta\varepsilon^\beta dx$. Эта работа должна быть приравнена изменению энергии (повышению напряжения) в уплотненном состоянии $\sigma_{уп}\cdot l$.

$$\sigma_{уп} = \frac{1}{l}\alpha\int_0^{\Delta x}\left(\frac{x}{l}\right)^\beta dx = F_{фк}\Delta x/(\beta+1) = (P/l)$$

$\Delta x/(\beta+1) = P\Delta\varepsilon/(\beta+1)$. Величина $\beta=1$ при упругой деформации, при пластической – $\beta=0$. Величина $\sigma_{уп}$–это напряжение, которое генерировано изменением структуры поршня. При установившейся фильтрации сила фильтрации затрачивается на поддержание структуры поршня и преодоление сопротивления стенок канала. Для упрощения будем полагать, что распределение давления вдоль слоя дисперсного материала линейно и $dP=(P/l)dx$, где P–давление воздуха на входе в канал, l –длина канала. Уравнение равновесия после преобразований имеет вид $d\sigma-(\sigma+k_1)k_2dx+(P/l)dx=0$, где $k_1 = \sigma_{уп}+\rho_1 ghk_g$, $k_2 = \xi fL_б/S$. В практике для устойчивой транспортировки должно выполняться условие $k_2 l<1$.

Литература

1. Полиэтилен высокого давления: научно-технические основы промышленного синтеза / А. В. Поляков, Ф. И. Дунтов, А. Э. Софиев, Н.Я. Тумаркин, Ю.Н. Кондратьев, Н.М. Домарева, А.Л. Гольденберг, В.М. Кобяков, В.С. Зернов. – Л . : Химия : Ленингр. отд-ние, 1988. – 199 с.

2. Руководящие технические материалы. Пневмотранспорт сыпучих материалов (гранулированных и порошкообразных) взвесью, с поршневой структурой и сплошным потоком материала /МХП СССР, Томск: из-во Томск. ун-та. 1987. – 188 с.

3. Василевский М.В., Волкова Д.В.. Безопасность установок конфекционирования в производстве гранулированного полиэтилена высокого давления //Материалы восемнадцатой Всеросс. науч.-техн. конференции "Энергетика: эффективность, надежность, безопасность." – Томск: Изд-во ТПУ, – 2012. С. 209–213.

4. Смоловик В.А., Егоров В.М., Мельник Л.Ф. Импульсный пневмотранспорт гранулированных материалов. / Вопросы прикладной аэродинамики и тепломассообмена – Томск: Изд–во Томск. ун–та, 1983, с. 92–95.

5. Островский Г.М. Пневматический транспорт сыпучих материалов в химической промышленности.– Л.: Химия, 1984.– 104 с.

6. Зенков Р.Л. Механика насыпных грузов. М.: Машиностроение, 1964. – 251 с.

7. Разумов И.М. Псевдоожижение и пневмотранспорт сыпучих материалов. – М.:Химия,1972.240 с.

8. Лойцянский Л.Г., Механика жидкости и газа, М.: Наука, 1973.–848 с.

9. Романдин В.И., Василевский М.В. Анализ состояния дисперсной фазы в поршнеобразных структурах систем пневмотранспорта. Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики: Сборник материалов конференции. Томск: Томский государственный университет, 2011, с. 367–368.

ЛОКАЛЬНАЯ ОЧИСТКА ЛИВНЕВЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЕНТОВ – ОТХОДОВ СЕЛЬХОЗПРОИЗВОДСТВА

Даценко А.П.
Научный руководитель: Ганижева Л.Л., к.т.н., доцент
Кубанский государственный технологический университет,
350072, Россия, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2
E-mail: anastasia.datsenko@gmail.com

Ливневые сточные воды, поступающие в природную среду с городской и территорий , в настоящее время становятся одним из наиболее опасных источников загрязнения водоёмов. Согласно данным Министерства природных ресурсов и экологии РФ, Объем сточных вод, сброшенных в поверхностные водные объекты в 2011 г. составил 48 095,56 млн м3. При этом сброс загрязненных сточных вод составил 15 966,17 млн м3 (33,3% от общего объема). Наиболее широко распространёнными загрязнителями ливневых сточных вод являются нефтепродукты- неидентифицированная группа углеводородов нефти, мазута, керосина, масел и их примесей, которые вследствие их высокой токсичности, принадлежат, по данным ЮНЕСКО, к числу наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Состав нефтесодержащих ливневых сточных вод характеризуется сложностью и большим разнообразием. Сама по себе нефть и её производные - исключительно сложная смесь различных химических соединений, среди которых наиболее многочисленными являются углеводороды (50-98 % от общего состава). В окружающей среде углеводороды нефти могут образовать стойкие к микробиологическому расщеплению токсичные соединения, обладающие канцерогенными и мутагенными свойствами. Нефтепродукты обволакивают оперение птиц, поверхность тела и органы гидробионтов, вызывая заболевания и гибель. Отрицательное влияние нефтепродуктов особенно в концентрациях 0,001-10 мг/дм и присутствие в виде плёнки сказывается и на развитии высшей водной растительности и макрофитов. Рыба с её кормовыми объектами (планктоном и бентосом) испытывает сильное токсическое действие нефтепродуктов. При непосредственной инфильтрации сточных вод нефтепродукты поступают в водоносный слой подземных вод в виде ароматических углеводородов, фенолов и других токсикантов.

Предотвращение сброса нефтепродуктов с ливневыми сточными водами довольно сложная инженерная и научная задача, так как многочисленные предприятия хранения и транспортировки нефтепродуктов, средние и малые предприятия сельскохозяйственной, автотранспортной, бытовой и других отраслей промышленности, использующие нефть и нефтепродукты, располагают, как правило, примитивными очистными сооружениями, что приводит к неизбежному сбросу нефтесодержащих стоков в окружающую среду.

В настоящее время для очистки ливневых сточных вод от нефтепродуктов применяют механические, физико-химические, химические и биологические методы. Ввиду сложности состава очищаемых нефтесодержащих вод и высоких требований к степени очистки в технологической схеме разработанной установки используется комбинации механической и биохимической очистки.

Установка относится к очистным сооружениям для очистки ливневых стоков от нефтепродуктов и взвешенных частиц и может использоваться при очистке дождевых сточных вод с территорий автостоянок и автозаправочных станций.

Наиболее близким аналогом к заявляемой полезной модели является установка очистки ливневых, талых и производственных сточных вод Векса (разработана ООО «Экострой»). Установка предназначена для очистки ливневых, талых, производственных и поливомоечных сточных вод, загрязнённых нефтепродуктами и взвешенными веществами, отводимыми с территорий промышленных предприятий и селитебных территорий. Однако, выпуск установки дорогостоящий, так как её корпус изготавливают из стеклопластика.

Также недостатком аналога является сниженная степень очистки от загрязнений в период залповых ливневых сбросов. Для его устранения требуется устройство накопительной ёмкости и обводной линии к ней с целью снижения объёмного расхода через установку, что дополнительно увеличивает её стоимость.

Низкая себестоимость и трудозатраты при изготовлении разработанной установки достигнуты при упрощении аппаратурного оформления локального очистного сооружений за счет использования серийно выпускаемых комплектующих частей. В частности – полиэтиленовых гофрированных канализационных труб типа «Корсис» ø1,4-2м в качестве корпуса установки.

Задачей полезной модели является создание установки для очистки ливневых стоков от нефтепродуктов и взвешенных частиц, эффективно работающей в период залповых ливневых сбросов.

Техническим результатом является повышение эффективности очистки в период залповых ливневых сбросов, упрощение аппаратурного оформления процесса, снижение стоимости изготовления и эксплуатации установки.

Технический результат достигается тем, что установка очистки ливневых стоков от нефтепро-

дуктов и взвешенных частиц содержит приёмную камеру, отстойник и фильтрационную камеру, отстойник и фильтрационную камеру с сорбционным наполнителем, разделённые перегородками с переливными отверстиями, смотровые колодцы с люками, входной коллектор и выходной патрубок. Установка дополнительно содержит успокоительную камеру, расположенную между отстойником и фильтрационной камерой. Входной коллектор приёмной камеры выполнен с коническим насадком для снижения скорости движения ливневых стоков, а в самой приёмной камере установлена съёмная сетчатая корзина с глухим основанием в виде бункера трапециевидного сечения. Причём передняя стенка корзины контактирует с коническим насадком и выполнена из решётки с большей величиной прозоров, чем у решёток остальных стенок. В отстойнике наклонные коалесцентные пластины, а фильтрационная камера состоит из двух секций, разделённых перфорированной перегородкой. В секциях установлены съёмные корзины с вертикальными плоскими кассетами, заполненными адсорбентом. Смотровые колодцы с люками приёмной камеры и отстойника снабжены погружными центробежными насосами для удаления всплывших нефтепродуктов, а на дне установки, вдоль её оси , установлена перфорированная труба , предназначенная для промывания камер.

Насадок входного коллектора выполнен с конусностью 120 - 125°, что позволяет резко снизить скорость движения залповых ливневых стоков , вследствие чего создаются благоприятные условия для осаждения взвешенных частиц в бункере трапециевидного сечения сетчатой корзины. Кроме того конический насадок используется с целью снижения гидравлического сопротивления на выходе из коллектора.

Между отстойником и фильтрационной камерой оборудована дополнительная успокоительная камера, предназначенная для равномерного распределения потока, подаваемого на очистку в фильтрационную камеру, заполненную вертикальными плоскими кассетами с эффективным сорбентом, обеспечивающим степень очистки, соответствующую требованиям санитарных норм. В качестве наполнителя в фильтрационных камерах использован органический сорбент, предназначенный для адсорбции остатков нефтепродуктов и мелкодисперсных взвесей, которые не были отделены в предыдущих камерах. Сорбент является отходом сельхозпроизводства, что удешевляет стоимость изготовления установки.

Для периодической очистки установки от выпавших загрязнений применена проходящая по дну цилиндрического корпуса вдоль оси перфорированная полиэтиленовая труба, в которую промывная вода подаётся центробежным насосом.

Схема заявляемой полезной модели поясняется на рисунке 1.

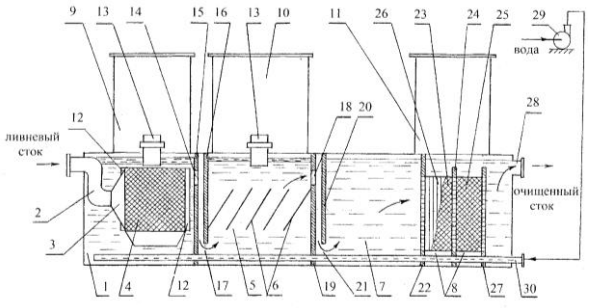


Рис.1. Установки для очистки ливневых стоков от нефтепродуктов и взвешенных частиц

Ливневые сточные воды поступают в приёмную камеру 1 по входному коллектору 2, имеющему конический насадок 3, сетчатую корзину 4 для отделения плавающих и крупных взвешенных частиц, .камеру - отстойник 5 с коалесцентными пластинами 6 из армированного поликарбоната , успокоительную камеру 7, двухсекционную фильтрационную камеру 8, заполненную вертикальными плоскими кассетами 26 с адсорбентом. Для удобства обслуживания в верхней части цилиндрического корпуса предусмотрены три цилиндрических люка 9, 10, 11 меньшего, чем корпус, диаметра и расположенные над периодически обслуживаемыми камерами установки. Сетчатая корзина 4 для удобства демонтажа перемещается по полозьям 12. Периодически используемый центробежный малогабаритный насос 13 может размещаться на уровне слоя нефтепродуктов как в приёмной камере 1 , так и в камере - отстойнике 5. Для организации структуры потока, способствующего эффективному осаждению взвешенных частиц и коалесценции капель нефтепродуктов, сток проходит через круглые отверстия 14 и 18 в перегородках 15 и 19 , а также через сегментные вырезы 17, 21 в отражательных перегородках 16, 20. Перфорированные перегородки 22,24, 27 дают возможность прохода очищаемого стока в сетчатые корзины 23, 25, заполненными плоскими вертикальными кассетами 26 , содержащими сорбент. Очищенный сток покидает установку через штуцер 28. Периодически используемый центробежный насос 29 служит для подачи промывной воды в перфорированную полиэтиленовую трубу 30.

Установка монтируется на защищаемой территории в подземном исполнении. Подземное расположение установки позволяет использовать самотечное течение ливневых вод и отказаться от подачи ливневых стоков с помощью насосного оборудования, благодаря чему значительно сокращаются эксплуатационные расходы.

Остаточная концентрация соответствует требованиям ПДК в воде к сбросу в водоемы рыбохозяйственного водопользования. Ёмкость сорбента -отходы сельхозпроизводства (рисовая шелуха) задерживает до 24 г нефтепродуктов на 1 г загрузки.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА ПО ПАРАМЕТРАМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТКЛИКА НА УДАРНОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ

Демихова А.А.
Научный руководитель: Фурса Т.В., д.т.н.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: demikhova.anna@mail.ru

Строительные материалы, применяемые при возведении зданий и сооружений, характеризуются разнообразными свойствами, которые определяют качество материалов и области их применения. Чтобы продлить срок службы конструкций из бетона и обеспечить их безопасную эксплуатацию необходимо иметь достоверную информацию о качестве, техническом состоянии и местоположении дефектных областей.

Известно, что состав и структура бетона предопределяют его физико-механические характеристики. Прочность и деформативность бетона определяются главным образом структурой и свойствами цементного камня. Свойства бетона существенно зависят от вида и качества заполнителя, а также от его состава.

В процессе изготовления изделий из бетона в результате различных технологических факторов структурные характеристики бетона могут значительно отклоняться от проектных значений. Поэтому для решения проблем безаварийной эксплуатации бетонных сооружений необходимо осуществлять контроль структурных характеристик бетона.

Перспективным для этих целей является использование явления механоэлектрических преобразований при упругом ударном возбуждении гетерогенных неметаллических материалов [1-3]. Проведенные ранее исследования по связи параметров электрического сигнала со структурными и механическими характеристиками строительных материалов [4] свидетельствуют о перспективности использования явления механоэлектрических преобразований для разработки неразрушающего метода контроля качества бетона.

Суть явления механоэлектрических преобразований состоит в том, что при воздействие акустических волн на источник механоэлектрических преобразований возникает переменное электрическое поле. Акустические волны формируются в образце конечных размеров при его ударном возбуждение. Электрическое поле возникает за счет появления зарядов на гранях пьезокварца, содержащего в мелком и крупном заполните (речном песке и гравии), при его деформации и за счет смещения этих зарядов и зарядов двойных электрических слоев, расположенных на границах компонентов в гетерогенном материале, относительно электрического приемника. Электрический измерительный приемник располагается в непосредственной близости от образца, и находиться в зоне действия этого поля. Поэтому с одной стороны параметры электрического сигнала определяются упругими характеристиками объекта исследования, а с другой стороны количеством и эффективностью источников механоэлектрических преобразований.

Целью настоящей работы являлось исследование влияния состава крупного заполнителя в бетоне на параметры электрического сигнала.

Исследования выполнены с помощью лабораторного комплекса, позволяющего производить импульсное механическое возбуждение материалов и регистрацию электрического сигнала. Импульсное механическое возбуждение образцов производится с помощью электромеханического ударного устройства с нормированной силой удара. Удар производился через металлическую пластину, закрепленную на корпусе ударного устройства. Металлическая пластина и сферический наконечник ударного элемента изготовлены из закаленной стали одинаковой твердости для создания упругого удара. Для регистрации электрической составляющей переменного электромагнитного поля, возникающего при импульсном механическом возбуждении образцов, используется дифференциальный электрический датчик. Сигналы с электрического датчика регистрируются с помощью многофункциональной платы ввода-вывода «NI PCI-6251», совмещенной с ЭВМ, позволяющей осуществлять оцифровку временной реализации электрического сигнала.

Для экспериментов использовались образцы бетона размерами 100x100x100 мм с характеристиками, приведенными в таблице 1.

Таблица.1. Характеристики, используемых образцов

Характеристика	Легкий бетон	Тяжелый бетон
Заполнитель	керамзит	гравий
Плотность ($г/см^3$)	1508	2243
Скорость звука (км/с)	3,38	4,16

На рисунках 1–4 приведены сигналы, зарегистрированные при ударном возбуждении исследуемых образцов, и их спектры.

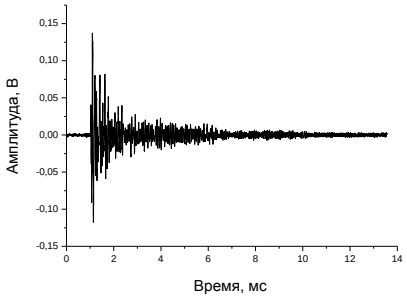


Рис.1. Электрический отклик из легкого бетона при ударном возбуждении

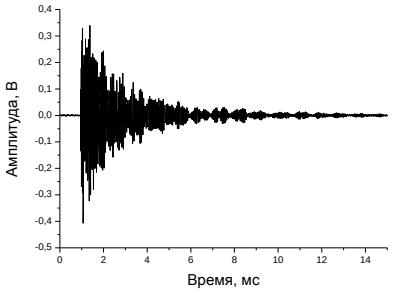


Рис.2. Электрический отклик из тяжелого бетона при ударном возбуждении

По рисункам 1 и 2 видно, что сигналы из образцов отличаются между собой по величине сигнала в 2,4 раза, а также имеют различный характер затухания.

Образцы тяжелого и легкого бетона имеют значительные различия по упругим характеристикам, что ведет к формированию в них различной волновой картины при одинаковом ударном возбуждении. Кроме того, в образцах тяжелого бетона гравий содержит значительное количество пьезоэлектрических включений, что ведет к возрастанию сигнала по сравнению с легким бетоном. Затухание сигнала определяется условиями прохождения акустической волны через гетерогенный материал и зависит от соотношения волновых акустических сопротивлений цементной матрицы и крупного заполнителя. Так как гравий и керамзит имеют существенно разные волновые акустические сопротивления, то и характер затухания сигналов в них различается.

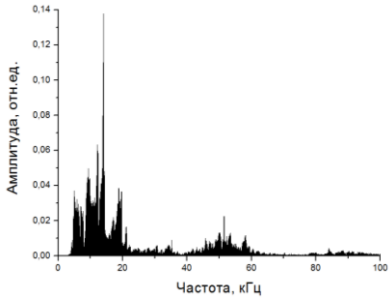


Рис.3. Спектр электрического отклика на ударное возбуждение легкого бетона

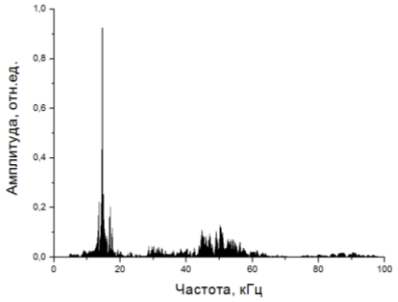


Рис.4. Спектр электрического отклика на ударное возбуждение тяжелого бетона

Как видно из рисунков 3,4 спектр сигнала из образца тяжелого бетона имеет более простую форму по сравнению со спектром сигнала из легкого бетона. Основной максимум и весь спектр сигнала из легкого бетона смещен в сторону более низких частот по сравнению со спектром сигнала из тяжелого бетона, в соответствии с изменением скорости звука в этих образцах. Кроме того спектр сигнала из легкого бетона имеет более сложный вид, что связано с процессами взаимодействия акустических волн возбуждения с заполнителем-керамзитом, имеющим существенно меньшее волновое акустическое сопротивление по сравнению с цементной матрицей.

На основе проведенных экспериментов можно сделать вывод, что, параметры электрического сигнала зависят от структурных характеристик материала и могут быть использованы для их контроля.

Список литературы

1. Фурса Т.В. О механизме механоэлектрических преобразований при ударном возбуждении композиционных материалов на основе цементного вяжущего. - ЖТФ, 2001, т.71, вып.7, с.53-56.

2. Суржиков А.П., Фурса Т.В. Механоэлектрические преобразования при упругом ударном возбуждении композиционных диэлектрических материалов. – ЖТФ, 2008, т. 78, № 4, с. 71-76.

3. Фурса Т.В. Взаимосвязь электрического отклика с параметрами механического возбуждения упругими и размерными характеристиками гетерогенных строительнх материалов. – Дефектоскопия, 2012, №8, с. 55 – 63.

4. Фурса Т.В., Осипов К.Ю., Данн Д.Д. Разработка неразрушающего метода контроля прочности бетона с дефектной структурой на основе явления механоэлектрических преобразований. - Дефектоскопия, 2011, № 5, с. 39 – 47.

МУЛЬТИМЕДИЙНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ

Едреев С.А.
Научный руководитель: Ларионов В.В. д.т.н., профессор
Томский Политехнический Университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Edreev.Stas@yandex.ru

Мультимедиа - это взаимодействие визуальных и аудио эффектов под управлением интерактивного программного обеспечения с использованием современных технических и программных средств, они объединяют текст, звук, графику, фото, видео в одном цифровом представлении.

Кроме этого к числу преимуществ использования мультимедиа можно отнести:

- одновременное использование нескольких каналов восприятия учащегося в процессе обучения
- возможность моделировать сложные, дорогие или опасные реальные эксперименты.
- визуализация абстрактной информации за счет динамического представления процессов;
- визуализация объектов и процессов микро- и макромиров;
- возможность развить когнитивные структуры и интерпретации учащихся.

При современном развитии технологий студенты получили возможность существенно влиять на образовательный процесс. В частности, студентам доступны такие формы улучшения образовательного процесса, как внедрение мультимедийных технологий в процесс учебы. Это развивает их логическое и пространственное мышление, помогает другим студентам лучше воспринимать материал.

Как известно, у человека есть 3 типа памяти: слуховая, зрительная, механическая. Несмотря на это, в чистом виде память встречается редко - в большинстве своем у людей развита смешанная память. Доминирующий же вид памяти - зрительный, а поэтому мультимедийные технологии являются эффективным дополнениям к процессу обучения.

Мультимедийные технологии как средство помощи преподавателям в процессе обучения имеют огромное влияние на качество восприятия преподаваемого материала. Необходимо учитывать, что некоторые предметы являются сложными, даже при использовании соответствующей литературы и требует от студентов развитого пространственного воображения. Например - изучение ядерной физики для студентов является сложным именно из-за невозможности увидеть физические процессы в микромире.

Таким образом, цель данной работы – создание мультимедийного пособия по ядерной физике для обучения студентов атомной промышленности. Также, в ходе апробирования, вследствие простоты и доступности информации, излагаемой в пособии, была выявлена необходимость студентов международных отношений в области нераспространения в предлагаемой таким образом информации.

Первоначальная задача – разработка концепции данного учебного пособия.

Цель данного учебного пособия – преподнести общие положения и принципы ядерной физики, необходимые для студентов атомной промышленности и нераспространения, в доступной и интересной форме.

Было принято решение преподавать информацию, дающую общее представление об устройстве материи, процессах в ядерной физике, процессах протекающих в ядерном реакторе и атомной бомбе. А также о принципе работы термоядерного реактора, как о самом перспективном направлении в энергетике.

Было принято решение информацию преподавать аксиоматически, то есть не рассказывая эволюционный ход развития науки, упоминая все ошибки, а преподносить информацию о современных моделях в микромире как аксиому. Это значительно облегчает понимание общих принципов в ядерной физике.

Одним из основных преимуществ данного пособия должно стать наличие анимационных моделей, созданных таким образом, что они отражают знания современной физики, а также являются простым и доступным средством подкрепления только что пройденного материала.

Такой подход не обеспечивает глубоких знаний о предмете, но поставленные при создании пособия цели не предполагают углубленного изучения, для которого существует огромное количество специализированной литературы.

Следующий шаг – выбор необходимой информации, для того чтобы курс обучения сделать кратким, но достаточно полным для понимания процессов в ядерной физике. После изучения соответствующей литературы, был создан курс, который отвечает поставленной цели.

В курс вошли:

- Информация о строении вещества – это первое что должно быть известно при изучении ядерной физики. При составлении пособия было принято решение не выносить рассказывать о материи с точки зрения квантовой теории. То есть используемая модель – резерфорда. Однако вопрос об этом

разделе остается открытым, и окончательное решение будет принято позже.

- Информация об изотопах и радиоактивности – важная информация для понимания основ ядерных реакций. Явление радиоактивности объясняется с точки зрения существования различных изотопов одного и того же элемента, учитывая его устойчивость, количество нуклонов в ядре и т.д. Виды радиоактивности представлены в виде анимации.
- Информация о взаимодействии излучения с веществом (ядерные реакции) – жизненно необходимая информация для понимания принципа работы ядерного реактора и атомной бомбы. В этом разделе представлены все основные реакции на атомном ядре.
- Принцип работы ядерного и термоядерного реактора – в этом разделе представлены анимационные модели ядерного и термоядерного реакторов, что является очень важным для понимания при обучении студентов. Вид ядерного реактора, представленный в анимации – ВВЭР. В данный момент обсуждается целесообразность создания анимации на все основные виды ядерных реакторов. Термоядерный реактор - типа «Токамак». Именно он является самым перспективным в мире в осуществлении управляемой реакции синтеза легких ядер.
- Принцип работы атомной бомбы – для объяснения принципа работы атомной бомбы создана схематичная анимация, объясняющая принцип работы атомной бомбы «пушечной» схемы. Имплозивная схема в данном случае посчиталась неудачной для создания анимации – она сложнее при создании анимации.
- Информация о взаимодействии ионизирующего излучения с живыми организмами – этот раздел посвящен взаимодействию ионизирующего излучения с живыми организмами. Главная сложность при создании этого раздела – дать полную, реалистичную информацию о вреде ионизирующего излучения, в то же самое время не создавая иллюзий о постоянной опасности объектов атомной промышленности. Также было решено дополнить этот раздел информацией об огромном вкладе радиоактивных веществ в медицину.

После создания, проект был апробирован на студентах ТПУ и ТГУ, как технических, так и гуманитарных специальностей.

Результаты работы:

- Было создано образовательное пособие для студентов атомной промышленности и нераспространения.
- Пособие было апробировано на студентах ТПУ и ТГУ. Была выявлена его эффективность в обучении студентов.

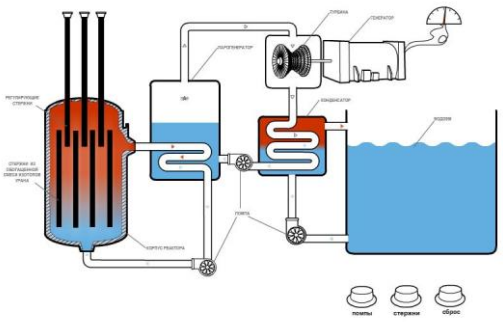


Рис.1 Ядерный реактор

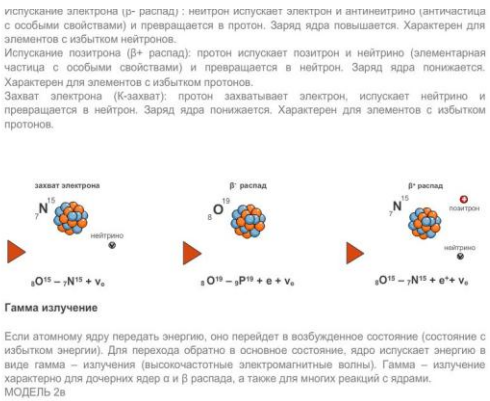


Рис.2 Реакции бета - распада

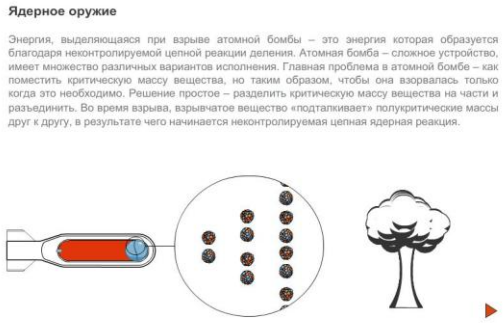


Рис.3 Атомная бомба

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Г.М. Троян. Мультимедиа в образовании – М.: Изд. Дом «Обучение-Сервис», 2006. 16 с.

2. Маклаков А.Г. Общая психология. СПб.: Питер, 2001 - 592 с.

3. Бент Б. Андресен, Катя ван ден Бринк Мультимедиа в образовании. Специализированный учебный курс. /Авторизованный перевод с англ. – М.: «Обучение-сервис», 2005. С 216. Ил. 3. Библиогр. 146. ISBN 5-902116-13-9

КАРТА ПОТОКА СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТИ СВЕТОДИОДНОГО РАСТРОВОГО СВЕТИЛЬНИКА (НА ПРИМЕРЕ ЗАО «ФИЗТЕХ-ЭНЕРГО»)

Кашапова И.А.
Научный руководитель: Моисеенко М.В., преподаватель
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: fox1g90@mail.ru

Где бы ни существовала продукция для потребителя,
всегда существует поток ценности.
Задача заключается в наблюдении за ним.
Джеймс П.Вумек

В современных экономических условиях с помощью внедрения новых производственных и управленческих технологий, компании постоянно стремятся совершенствовать основные и вспомогательные процессы, обеспечивающие долговременную конкурентоспособность организации.

Бережливое производство включает такие основные инструменты как организация рабочего места «5S», всеобщее обслуживание оборудования (TPM), «Канбан», быстрая переналадка оборудования, постоянное непрерывное улучшение «Кайдзен», визуализация (визуальный, звуковой контроль), предотвращения ошибок (пока-йока) и, наконец, картирование потока создания ценности.

Карта потока создания ценности — это схема, отображающая каждый этап движения потоков материалов и информации, нужных для того, чтобы выполнить заказ потребителя. Как известно, картирование потока потребительской ценности, является основным и очень важным инструментом визуализации потерь и созданием планов по улучшениям.[1] Для чего нужна карта потока создания ценности? Во-первых, для того, чтобы увидеть весь поток в целом. И дать менеджерам возможность говорить на одном языке о проблемах разных этапов потока. Во-вторых, увидеть все потери, которые есть в потоке. Карта потока создания ценности отражает состояние потока на определенный момент времени. Поэтому различают карты разных состояний: прошлого состояния, текущего состояния, целевого состояния и состояния долгосрочной перспективы или идеального состояния. ***Карта текущего состояния*** в соответствии с названием отражает текущее состояние процессов, те потери, которые имеются в этих процессах, а также цифровые данные, описывающие процессы. В том числе: время обработки, размер партий, время переналадки, долю брака, доступность оборудования, время производства, текущий спрос, текущий уровень удовлетворения спроса. На основании этих данных можно принимать решения о том, как изменить поток, чтобы достичь будущего или идеального состояния потока. На ***карте будущего*** отражаются варианты и точки совершенствования процессов, а также ключевые показатели, по которым можно оценить достижение будущего состояния потока создания ценности. ***Состояние потока в идеале*** — когда устранены все возможные потери и использованы все ресурсы оборудования и персонала. [2]

Данная работа была рассмотрена на примере Томской компании «Физтех-Энерго». ЗАО «Физтех-Энерго» является производителем современного осветительного оборудования под брендом Диора. Вся выпускаемая продукция компании разрабатывается и выпускается в России и имеет все необходимые сертификаты соответствия. Разработка карты потока текущего состояния была проведена для светодиодного растрового встраиваемого светильника, который применяется в системах освещения офисных и торговых площадей, муниципальных и образовательных учреждений, объектов здравоохранения. Прямоугольником на карте потока обозначают операцию, треугольником – запасы, стрелкой – транспортировку.

В ходе создания карты потока была собрана информация по кол-ву перемещений, их дальность составляет 110,5 метров; по времени выполнения цикла от разгрузки до загрузки – 40422 мин и выделено время добавления ценности – 674 часа, что позволило нам посчитать эффективность потока - 0,037%. Данные приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сводная таблица показателей

Показатель	Как есть
ВДЦ (время добавленной ценности)	15 мин
ВВЗ (время выполнения заказа)	674 ч
Эфф. потока	0,037 %
Расстояние	110,5 м
Запасы	21 день
Транспартировка	11 шт
Время такта	7,5 мин

Время транспортировки: 80 мин.
Складирование по заказу: 91 день.

По полученным данным собранным в ходе картирования можно сделать следующие выводы:

1) Такие операции как: распаковка корпуса, разметка отверстия, снятие заусенец, подготовка поликарбоната не добавляют ценности изделию, но они необходимы для полноценности воспроизводимого изделия.(убери) Снятие отражателя – это лишняя операция, которая не добавляют ценности. Не лишняя . Корпус идет в сборе, так как в таком виде он меньше в 2 раза занимает места и в собранном состоянии он не повредится. Лишняя операция – это снятие электропакета

2) Складирование комплектующих светильника составляет 91 день(в днях напиши) и занимает 99,9% общего времени процесса. Однако, данное время зависит от поставки комплектующих и на это время повлиять в данный момент не предоставляется возможности. Если повысить производительность, то можно будет рассчитывать на поставку чаще и этот же объем запасов будет израсходован в несколько раз быстрее, за счет чего увеличится оборачиваемость денежных средств.

3) Сборка данного светильника осуществлялась в нескольких помещениях иногда в одном в зависимости от загруженности производства. Операции между монтажниками были не синхронизированы, также поставка комплектущих была не равномерна, что в свою очередь приводило к образованию буферов полуфабрикатов.

Все это свидетельствует о том, что нерациональное размещение рабочих мест в ходе выполнения технологических операций не позволяет получать высокую ценность производственного процесса сборки рассматриваемого светильника. При создании карты текущего состояния были выделены в производственном процессе «узкие места». На основании всех полученных данных и с учетом всех возможностей была создана карта потока создания ценности при параметрах будущего состояния производственного процесса сборки растрового светильника. При построении карты будущего состояния следует учитывать, что необходимо как можно больше сократить выявленные потери в виде непроизводительных затрат времени, материальных ресурсов и пространства. Поэтому на данном этапе разрабатываются наилучшие желательные показатели всех параметров производственного процесса. Моё предложение по построению карты потока будущего состояния – это создание 2 ячеек с непрерывным потоком (U-образная компоновка), с целью производства разных номенклатур изделий и уменьшением транспортировки. Компоновка ячейки должна быть организована таким образом, чтобы оборудование, инструменты, материалы, стандарты были под рукой, и их расположение обеспечивало безопасное вот стола к столу, поток должен двигаться против часовой стрелки, т.к. для правши это наиболее эргономичный путь перемещения деталей (Рисунок1). Эта модель очень гибкая: большой объём производства – направляем на каждый монтажный стол по 1 человеку, меньший объём производства – меньшее количество человек на участке.

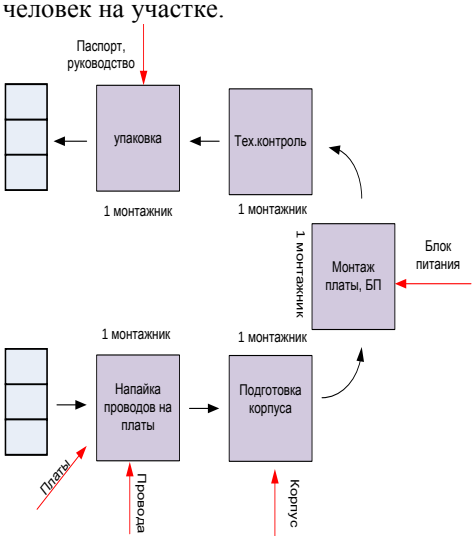


Рис. 1. Модель монтажных столов ячеистого производства

Преимущества:

• Последовательность монтажных столов в соответствии с последовательностью операций.

• Некрупное и недорогое оборудование, выделенное исключительно под этот продукт. Монтажные столы разработаны и собраны самими рабочими и легко модифицируются.

• Разработаны технологические и операционные карты, таким образом, все стандартные операции будут описаны и нормированы. Операции распределены равномерно между столами и рабочими.

• Регулярное перемещение материалов. Сокращение буферов до 2 – это буфер готовой продукции и комплектующих, буферов полуфабрикатов между монтажными столами больше нет.

• Фронтальная загрузка и отгрузка материалов.

За счет такого расположения технологического оборудования и рабочих появится возможность сократить время на перемещения светильника от одного рабочего места до другого, количество незавершенного производства (полуфабрикатов), сократить количество операторов, задействованных в процессе производства, сократить площади для дальнейшего увеличения объемов производства и достичь намеченных показателей производства - 4000 светильников в месяц.

На данном этапе проводится ряд запланированных мероприятий: стандартизированная работа, разработка технологических, операционных карт, переоснастка монтажных столов, внедрение системы «5S»

Список использованных источников

1. 1. Учитесь видеть бизнес-процессы. Практика построения карт потоков создания ценности / Майк Ротер, Джон Шук; Пер. с англ. – М. : Альпина Бизнес Букс : CBSD, Центр развития деловых навыков, 2005. – 144 с.
2. 2. Бережливое производство и Lean – технологии [Электронный ресурс] URL http://www.leaninfo.ru/

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АЭРОЗОЛЬНОГО ОБЛАКА В ЗАМКНУТЫХ ОБЪЁМАХ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ С УЧЁТОМ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧАСТИЦ АЭРОЗОЛЯ

Краюшкина Т.В.
Научный руководитель: Кулешов В.К., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: t@bti.secna.ru

Задачи пожаротушения, дезинфекции, осаждения пыли, создания искусственного микроклимата и др. требуют проведения исследований пространственно-временного распределения дисперсности и концентрации частиц аэрозолей, получаемых с помощью пиротехнических генераторов в замкнутых объемах с учётом основных параметров окружающей среды, конструктивных особенностей генераторов и конфигурации замкнутых объемов, а также физико-технических свойств частиц аэрозолей.

В настоящей статье рассмотрена физико-математическая модель процесса эволюции облака аэрозоля в замкнутом объеме с учетом стоков (испарение, унос, осаждение частиц).

Большинство искусственно получаемых аэрозолей обладает значительной полидисперсностью. Т.к. физические свойства аэрозолей сильно зависимы от их дисперсности, «средний» размер частиц в большинстве случае недостаточнее для характеристики аэродисперсных систем; в физико-математической модели эволюции аэрозольного облака необходимо учесть начальное распределение размеров (радиусов) частиц.

Можно задать долю *df* числа частиц, радиусы которых лежат в пределах (*r, r+dr*): *df=f(r)dr*

при условии

$$\int_0^\infty f(r)dr = 1$$

Кривая, выражаемая функцией *f(r)* – кривая счётного распределения или кривая плотности распределения размеров частиц (нормирована на единицу).

В аэрозолях из опыта удобнее определять долю частиц, радиусы которых лежат в конечных интервалах, т.е. вместо непрерывной кривой распределения получить гистограмму распределения (нормированная сумма по конечному числу интервалов радиусов капель):

$\sum_{i=1}^{n} f(r_i) \cdot \Delta r = 1,$

где r_i – радиус капли, меньший *R, Δr*–длина интервала, в который попадает r_i радиус капли, *n* – количество интервалов.

Большинство аэрозольных систем (в том числе и нанопорошки металлов) с унимодальной (одновершинной) функцией распределения могут быть описаны с помощью либо обобщенного гамма–распределения, либо логарифмически нормального распределения [1, 2].

Далее в физико-математическую модель процесса распространения аэрозольного облака добавляем уравнения движения капель [3]:

$$\begin{aligned} \frac{du_{p_i}}{dt} &= \varphi_1(u_{p_i}) \\ \frac{dv_{p_i}}{dt} &= \varphi_1(v_{p_i}) \\ \frac{dw_{p_i}}{dt} &= \varphi_1(w_{p_i}) + g \end{aligned} \qquad (1)$$

Здесь

$$\varphi_1 = \frac{3 \cdot \rho}{8 \cdot \rho_p \cdot r_{p_i}} C_D \cdot V_{p_i}$$

$$V_{p_i} = \sqrt{u_{p_i}^2 + v_{p_i}^2 + w_{p_i}^2}$$

u_p, v_p, w_p – компоненты вектора скорости капли; ρ – плотность воздуха, ρ_p–плотность жидкости, C_D – коэффициент аэродинамического сопротивления.

Для коэффициента аэродинамического сопротивления используется формула Клячко [4]:

$$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{4}{\sqrt[3]{Re}}$$

где $Re = \frac{2 \cdot \rho \cdot V_{p_i} \cdot r_{p_i}}{\mu}$ – число Рейнольдса относительного движения, μ - коэффициент динамической вязкости воздуха. Зависимость (1) справедлива в диапазоне Re=1 – 700 (промежуточный режим обтекания), для диапазона Re=700 - $3 \cdot 10^5$ (автомодельный режим обтекания) используется значение C_D=0,44 [3].

Чтобы учесть аэродинамическое дробление капель, рассчитываются критерии Вебера и Бонда:

$$We = \frac{2 \cdot \rho \cdot V_{p_i}^2 \cdot r_{p_i}}{\sigma_i}, \qquad Bo = \frac{4 \cdot \rho_p \cdot |a| \cdot r_{p_i}^2}{\sigma_i},$$

где σ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости, *a* – вектор ускорения капли.

В модели предполагается, что при достижении критического значения числа Вебера $We=We_*=17$ или критического числа Бонда $Bo=Bo_*=22,5$ капля дробится на две сферические капли равной массы [3].

Далее в модели необходимо учесть процесс испарения и конденсации капель.

В реальных условиях рассматриваемые процессы носят сложный характер: сразу испаряется (или конденсируется) множество капель; процесс имеет нестационарный характер и протекает в среде с неоднородной температурой и концентрацией пара; капли движутся в газе и могут деформироваться, а внутри них возникает циркуляция жидкости; теплообмен между каплями и средой осуществляется тремя различными механизмами – теплопроводностью, конвекцией и излучением.

Для простоты рассмотрим вначале достаточно идеализированную модель процесса, которая в дальнейшем может уточняться посредством введения поправок на неучтенные факторы [5]. Фуксом было введено понятие квазистационарного режима испарения (конденсации) капель. Изменение радиуса капли за счёт испарения (конденсации) можно выразить зависимостью:

$$r_{p0_i}^2 - r_{p_i}^2 = \frac{2 \cdot D}{\rho_p} \cdot (c_0 - c_\infty) \cdot t, \qquad (2)$$

где r_{p0} – радиус капли в начальный момент времени, D – коэффициент диффузии, c_0 – концентрация равновесного с каплей пара, c_∞ - концентрация пара на бесконечно большом расстоянии от капли.

В литературе описан ряд методов расчёта коэффициента диффузии в бинарных газовых системах при низких давлениях. Считается, что наиболее точным из них является метод Фуллера-Шлеттера-Гиддингса, т.к. базируется на большом количестве опытных данных. Эмпирическая корреляция имеет вид:

$$D = \frac{T^{1,75} \cdot \left[(M_A + M_B)/(M_A \cdot M_B)\right]^{0,5}}{p \cdot \left[(\sum V_A)^{1/3} + (\sum V_B)^{1/3}\right]^2},$$

где $[D]$=см^2/с; [p]=атм; [T]=K; M_A и M_B – молекулярные массы компонентов А и В (капель жидкости и воздуха), $\sum V_A$, $\sum V_B$ - диффузионные объёмы молекул.

Далее, чтобы рассчитать траектории движений капель к модели добавляем кинематические соотношения [3]:

$$\frac{dx_i}{dt} = u_{pi}, \frac{dy_i}{dt} = v_{pi}, \frac{dz_i}{dt} = w_{pi} \qquad (3)$$

Т.к. аэрозоль является динамической дисперсной системой, то он имеет ограниченной время жизни и в нём происходят процессы приводящие к укрупнению первичных частиц. Коагуляция – наиболее важный процесс межчастичного взаимодействия в аэрозолях.

В общем случае под коагуляцией понимают уменьшение степени дисперсности частиц (т.е. их укрупнение) при снижении числовой концентрации частиц. Для упрощения решения задачи коагуляции (коалесценции) капель в данной модели можно предположить, что капли с большей массой, которые движутся быстрее, «догоняют» капли с меньшей массой и при столкновении сливаются. Т.е., если совпадают координаты капель разных фракций, большая капля поглощает меньшую, в результате чего получается одна капля с радиусом (масса новой капли равна сумме масс слившихся двух капель с радиусами ρ_{p1} и ρ_{p2}):

$$r_{pi} = \left(r_{p1}^3 + r_{p2}^3\right)^{1/3} \qquad (4)$$

В результате получим новую числовую концентрацию капель в аэрозоли (с учётом интервалов распределения радиусов капель).

Т.к. модель задачи представляет собой систему нелинейных интегро-дифференциальных уравнений, то предполагается численный метод её решения.

Задачу целесообразно разбивать по физическим процессам. На каждом шаге по времени отдельно рассматриваются три физических процесса. На первом этапе решаются уравнения движения (1) с учётом возможности аэродинамического дробления капли при достижении критических значений чисел Вебера или Бонда, в результате чего определяются новые координаты капли (3), возможное изменение радиуса капли, компоненты её вектора скорости, на втором этапе определяются изменение радиуса капли (4) в результате коалесценции (коагуляции) и новая числовая концентрация капель соответствующих радиусов. На третьем этапе определяется изменение радиуса (2) капли и её массы за счёт испарения (конденсации). Расчёт производится для каждого интервала радиусов капель и до тех пор, пока вертикальная координата капли не совпадёт с поверхностью земли или она полностью не испарится.

Т.о., описанная в данной статье модель позволит решить задачу оценки «поведения» аэрозольного облака.

Список использованных литературных источников

1 Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. [текст]. – Л.: Химия. – 1971. – 280 с.

2 Технология получения и дисперсные характеристики нанопорошков алюминия / В.А. Архипов, С.С. Бондарчук, А.Г. Коротких, М.И. Лернер // «Горный журнал». Специальный выпуск. «Цветные металлы». – № 4 . – 2006. – С. 58–64.

3 Влияние метеорологических условий на распространение аэрозольного облака жидких ракетных топлив / А.М. Адам, В.А. Архипов, В.А. Бурков, И.Г. Плеханов, А.С. Ткаченко // «Оптика атмосферы и океана». – 21. №6. – 2008. – С. 504 – 509.

4 Клячко Л.С. Уравнения движения пылевых частиц в пылеприёмных устройствах // «Отопление и вентиляция». №4. 1934. С. 27 – 29.

5 Фукс Н.А. Испарение и рост капель в газообразной среде. [текст]. – М.: Издательство Академии наук СССР. – 1958. – 93 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАРШРУТОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВАЛКОВ СТАНОВ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ

Арбуз А.С., Кривцов А.В.
Научный руководитель: Кривцова О.Н., к.т.н.
Карагандинский государственный индустриальный университет,
101400, Казахстан, г. Темиртау, пр. Республики, 30,
e-mail: KRIVCOVA60@mail.ru

Необходимость получения качественной поверхности холоднокатаных полос и создание благоприятных условий эксплуатации валков – основные критерии, учитываемые при моделировании рациональных маршрутов их движения и комплектации по клетям станов холодной прокатки.

Традиционно валки перестанавливают по клетям против хода прокатки, учитывая, что при этом длина дуги захвата возрастает против хода прокатки, и в тоже время предел текучести полос от последней клети к первой уменьшается [1]. Новые валки устанавливают в последние клети стана, последовательно перемещая их к первым клетям по мере съема активного закаленного слоя.

Имеется предложение начинать эксплуатацию рабочих валков с дрессировочной клети [2]. Такой маршрут перемещения валков по клетям является рациональным при унификации рабочих валков дрессировочных, прокатно-дрессировочных и непрерывных станов. При этом основным критерием перемещения валков из клети в клеть являются их диаметры. Возможность выбора диаметров рабочих валков в качестве критерия их движения из клети в клеть, предложенная в работе [2, 3], объясняется понижением твердости рабочих валков по мере переточки и возрастанием твердости полосы вследствие наклепа в процессе деформации.

Критерием перемещения валков, характеризующим твердость поверхности бочки, может быть отношение фактического диаметра рабочих валков перед установкой в клеть к исходному диаметру. Получена зависимость износа поверхности бочки рабочих валков $\Delta R_U = f(D_{ФАК}/D_{ИСХ})$ от отношения фактического $D_{ФАК}$ и исходного $D_{ИСХ}$ диаметров валков [3]. Для предотвращения нарушения плоскостности полос в течение кампании валков необходимо, чтобы износ рабочих валков, как и коэффициент вытяжки, плавно уменьшался от максимальной величины в первой клети чистовой группы до минимальной в последней.

В работе [4] предложен способ эксплуатации чугунных валков, в котором для обеспечения их максимальной наработки, учитывается эффективность использования рабочего слоя от начальной твердости поверхности бочек валков, а также изменение их твердости в процессе службы. В качестве критерия передачи валков из клети в клеть применена вероятность P_i их безотказной работы в i- той клети:

$$P_i = P_{общ} / \left(K_i \sum_{i=1}^{n} 1 / K_i \right), \quad (1)$$

где $P_{общ}$ – общая вероятность безотказной работы валков; K_i – коэффициент, равный отношению эффективности использования рабочего слоя валков в данной клети к средней эффективности по клетям стана; $i = 1, 2, 3 \ldots n$ – номер клети; n – количество клетей.

Способ [5] для обеспечения максимальной эффективности использования рабочего слоя по клетям предусматривает нормы передачи валков из клети в клеть по числу завалок в каждую клеть. Число отработанных завалок Z_i валков до передачи их в следующую клеть определяют по формуле:

$$Z_i = \left[\lg\left(\sum_{i=1}^{n} P_i \ln a + P_{\max}\right) - \lg P_{\max} \right] / \lg a, \quad (2)$$

где a – постоянный для конкретной кривой вероятности коэффициент ($a = 0{,}944$ для НШПС-1700); P_{max} – максимальная вероятность интенсивности расхода валков.

Здесь, при определении длительности эксплуатации валков, применяют средний исходный диаметр новых валков, не учитывая диаметры валков, уже отработавших несколько кампаний.

Цель данной работы – определить критерий для расчета рациональных маршрутов движения рабочих валков станов холодной прокатки, работающих на АО «АрселорМиттал Темиртау». Для этого провели статистическую обработку работоспособности 92 рабочих валков, задействованных на прокатном непрерывном стане 1400, дрессировочном ДДС-1400 и прокатно-дрессировочном ПДС-1400 станах. Валки изготовлены из следующих марок сталей - 60Х2СМФ и 8Х2СГФ, поставляются заводами – изготовителями НКМЗ и УЗТМ соответственно.

В ЛПЦ-3 на станах холодной прокатки с использованием исследуемых валков было произведено 2408612т холоднокатаного металла различного сортамента. Учитывались следующие усредненные показатели эксплуатационной стойкости валков за рассматриваемый период: C_T – средняя стойкость валков, т/кампанию; средняя стойкость валков, шлифовок/валок; A – среднее количество металла, прокатанного за одну кампанию валков, т; M - средняя степень использования рабочего слоя валка, т/ мм; N $(\times 10^6)$ – число циклов нагружения валка.

Для определения критерия передачи валков из клети в клеть по мере уменьшения их диаметров воспользовались методикой [6], заключающейся в распределении интегрального ресурса всех израсходованных валков. Критерий передачи валков из клети в клеть установили на основании графика вероятности $P = f(X)$ их безотказной работы. Получили площадь, ограниченную осями координат и кривой P - интенсивности расхода валков с увеличением их наработки, которая является интегральным ресурсом (уменьшением диаметра бочек) всех израсходованных валков. Интенсивность расхода исследуемых валков станов холодной прокатки ЛПЦ-3 по мере уменьшения диаметра их бочек (номинальный диаметр нового валка 610 мм), т.е. количество не вышедших из строя валков после достижения того или иного диаметра, аппроксимировали функцией:

$$У=0,0032X^3+0,2908X^2-9,1604X+98,539, \quad (3)$$

где X – уменьшение диаметра бочек валков, мм; $У$ – интенсивность расхода стальных валков, %.

Площадь, заключенная между функцией и осью X, т.е. суммарный ресурс рабочего слоя всех израсходованных валков, равна $S = 804,43$, %·мм. Из условий одновременной работы восьми клетей непрерывного, дрессировочного и прокатно-дрессировочного станов и того, что через каждую из восьми клетей проходит равное количество металла следует, что валок из клети в клеть необходимо передавать после каждого очередного использования его, соответствующего *1/8* общего ресурса рабочего слоя каждого вида валков:

$$S/8 = 804,43/8 = 100,55 \text{ %·мм}.$$

Для необходимости установления границ, проходящих через точки $X_1, \ldots, X_8$, их значения определяли путем интегрирования функции $У = f(X)$ в соответствующих пределах.

Таблица 1 - Критерии передачи рабочих валков из клети в клеть станов холодной прокатки ЛПЦ-3 в процессе эксплуатации

Номер клети	Период эксплуатации валков по диапазонам уменьшения диаметров бочек, мм
1	607,20-606,13
2	606,13-604,93
3	604,93-603,57
4	603,57-601,99
5	601,99-600,07
6	600,07-597,59
7	597,59-593,88
8	593,88-579,76
Номер клети	Планируемое использование валка в клети по уменьшению диаметра, мм
1	1,00
2	1,20
3	1,36
4	1,58
5	1,92
6	2,41
7	3,71
8	14,12
Номер клети	Число валков, дорабатывающих в данной клети до передачи в следующую клеть *(100У)*, %
1	89,04
2	79,21
3	68,98
4	58,25
5	46,85
6	34,50
7	20,54
8	0,02

Таким образом, при назначении маршрута движения валков по клетям станов холодной прокатки ЛПЦ-3 можно рекомендовать критерии передачи валков из клети в клеть – диапазон уменьшения диаметров бочек, представленных в таблице 1, обеспечивая постоянную и равномерную комплектацию валками все станы.

ВЫВОДЫ: Одной из основных проблем станов холодной прокатки является сокращение расхода валков. Перспективным направлением решения данной проблемы является математическое моделирование новых и оптимизация используемых способов эксплуатации валков по клетям станов. По-прежнему актуальны вопросы исследования способов эксплуатации прокатных валков – комплектация используемых валков различного исполнения, моделирование маршрутов перемещения их по клетям. На основании полученных данных разработали критерии передачи валков из клети в клеть по мере уменьшения диаметров бочек валков по станам холодной прокатки ЛПЦ-3 АО «АрселорМиттал Темиртау».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беняковский М.А., Бутылкина Л.И. Стойкость валков холодной прокатки и качество тонколистовой продукции // Сталь. 1976, №6, С.526-529.

2. Надежность и долговечность валков холодной прокатки. В.П. Полухин, В.А. Николаев, М.А. Тылкин и др. – М.: Металлургия, 1976. -448 с.

3. Матюха Л.Г., Тен Е.Б., Чернов П.П.. Совершенствование маршрута движения валков по клетям // Черная металлургия, Бюл. НТИ, 1979, № 11, С.39-40.

4. Шляпин В.И., Боровик Л.И., Жильцов А.П. // Науч.тр./ВПИ, Воронеж, 1981, С.117-121.

5. Трейгер Е.М., Тилик В.Т., Овчаров И.Г. и др. Разработка рационального маршрута эксплуатации рабочих валков по клетям станов 1680 холодной прокатки // Сталь. 1981, № 7, С.45-50.

6. Трейгер Е.И. Оптимизация эксплуатации чугунных валков для горячей прокатки листа // Сталь. 1992, № 5, С.54-56.

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ – ГАРАНТИЯ НАДЁЖНОСТИ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Л.О. Лебедева
Научный руководитель: Т.В. Толстихина, к.т.н.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: lora8989@mail.ru

Значимую роль для экономики государства и граждан имеют обеспечение безопасности производства и эксплуатации промышленной продукции и технических сооружений, контроль качества продукции, учёт энергоресурсов. Все существующие промышленные объекты в той или иной степени оснащаются средствами автоматизации. Непонимание роли и возможностей таких систем контроля приводит к гибели людей, авариям, катастрофам, большим финансовым потерям, загрязнению окружающей среды. Решение проблем безопасности связано с непрерывным измерением многих диагностических параметров, многомерной обработкой информации, оснащением современными системами контроля, в том числе информационно-измерительными системами.

Актуальными вопросами теоретической поддержки решения проблем метрологического обеспечения измерительных систем (МО ИС) являются: нормирование метрологических характеристик измерительных каналов (МХ ИК), определение интервала между поверками, идентификация и оценка влияния программного обеспечения (ПО) ИС в рамках испытаний в целях утверждения типа.

Таким образом, целью настоящей работы является исследование МО ИС с использованием процессного и системного подходов.

Для решения поставленных задач используются методы теоретической и прикладной метрологии, системного анализа, а именно, был разработан жизненный цикл МО ИС, а методы исследования базируются на концепциях процессного и системного подходов.

Анализ МО ИС на основе процессного подхода позволяет охватить все стадии жизненного цикла продукции. На рисунке 1 МО ИС представлено в виде жизненного цикла, который отображает роль МО в жизненном цикле самой ИС.



Рис.1. Жизненный цикл МО ИС

В целом, жизненный цикл МО ИС, состоит из различных стадий. При этом каждая из стадий жизненного цикла ИС неразрывно связана с решением многочисленных задач по обеспечению единства измерений [1-2].

Жизненный цикл представляет собой совокупность связанных этапов, каждый из которых преобразует входы в выходы, причем выход предыдущего этапа является входом последующего. Качество выполнения предыдущего этапа – необходимое условие обеспечения качества выполнения последующего этапа. Таким образом, в жизненном цикле МО ИС реализован процессный подход, который в настоящее время признан самым прогрессивным приемом в сфере производства, оказания услуг, управления и контроля.

Принципиально важным в процессном подходе является наличие объективной зависимости результата самого процесса на «выходе» от состояния «входа» при обязательном наличии управляемых характеристик процесса. Управление на основе процессного подхода позволяет нам точно знать «кто и за что отвечает», и как каждая операция влияет на конечный результат.

Исследование процессного подхода привело к широкому распространению системных методов анализа. Основная идея системной теории заключается в том, что любое решение (действие) имеет последствия для всей системы. Системный подход в управлении позволяет избежать ситуации, когда принятое решение в одной области превращается в проблему для другой.

Так, например, для ИС важно каким именно способом будут нормированы метрологические характеристики (МХ).

Так, согласно МИ 2439 существует два способа:

1 МХ ИК ИС, нормируемые или определяемые расчетом.

2 МХ ИК ИС, определяемые экспериментально или расчетно-экспериментально [3].

Актуальность проблемы обусловлена особенностями создания и эксплуатации ИС, не позволяющими зачастую осуществить комплектную поверку (калибровку) канала. Анализируя эти способы, был сделан вывод, что на практике, обычно, применяется метод двухкомпонентной декомпозиции ИС, которая позволяет охватить ИК со структурой практически любой сложности за счёт последовательного применения метода расчёта двухкомпонентного канала (метод расчетно-экспериментальный). Если

канал состоит из компонентов с известными МХ, то в принципе, можно рассчитать результирующую МХ (расчетный метод). Однако неизбежные допущения расчётного метода снижают достоверность результатов расчёта. Выбор конкретного метода во многом зависит от доступности ИК ИС. Например, если к ИК нет доступа, невозможно провести эксперимент, то тогда естественно неизбежно применение расчетного метода пусть и со своими недостатками.

Зачастую МХ нормируются уже после изготовления самой ИС. Однако, для определенных видов ИС, таких как СИКН (система измерения количества и показателей качества нефти) и СИКГ (система измерения количества и параметров свободного нефтяного газа) значения некоторых МХ уже нормированы в стандартах (например, погрешность измерений массы продукта, объема нефтяного газа и др.) [4-5]. Очевидно, что нецелесообразно не учитывать эти МХ до процедуры утверждения типа, когда можно их принять во внимание и рассчитать другие МХ именно перед проектированием и разработкой самой ИС. Таким образом, в данном случае обеспечение качества играет немаловажную роль, то есть принятое заранее решение в одной области позволяет избежать проблем в другой.

В сходной манере, отказ от метрологической экспертизы (МЭ) на ранних стадиях создания ИС приводит иногда к серьезным последствиям. Поэтому, процедура МЭ технической документации [6] предусматривается на всех этапах жизненного цикла ИС, начиная с технического задания на проектирование ИС. Наиболее полно и серьезно она выполняется на стадии утверждения типа ИС.

Опыт работы по утверждению типа ИС показывает, что состояние документации на средства измерений системного применения даже прошедших процедуру утверждения типа оставляет желать много лучшего. Это, с одной стороны, усложняет решение вопросов МО ИС, а с другой – еще раз подтверждает большое значение МЭ для качественного МО ИС. Таким образом, качество метрологического обслуживания ИС во многом определяется качеством МО ее компонентов.

Подводя итоги, следует отметить еще раз, что качество метрологического обслуживания ИС во многом определяется качеством МО ее компонентов, что доказано на примере влияния на качество метрологического обслуживания наиболее значимых этапов МО ИС и таким образом, оценена роль МО в жизненном цикле ИС, а именно:

1. Предложены технические решения МО ИС, в основу которых положен их жизненный цикл.

1 Выбранные принципы процессного подхода для решения задач МО ИС позволяют отследить информационные потоки.

2 Логическая модель информационных потоков, реализованная в жизненном цикле МО ИС, позволяет реализовать процессный и системный подход к решению поставленных целей:

– оценке МХ ИС,

– оценке интервала между поверками ИС,

– оценке влияния программного обеспечения на МХ ИС,

– разработке документов для испытаний в целях утверждения типа ИС с отражением необходимых процедур проверки.

В данной работе не затронуты вопросы, связанные с аттестацией методик измерений. Это огромный пласт научно-методических вопросов. Конечно, жизнь не стоит на месте: развивается техника, совершенствуется законодательство. Имеются и сегодня нерешенные вопросы даже организационно-правового характера. Например, рассредоточенность ИС в пространстве приводит в ряде случаев к тому, что отсутствует единый владелец ИС и, соответственно, нет ответственного за МО ИС в целом. Необходимо возрождение процедуры метрологической аттестации ИС. Процедура утверждения типа единичных экземпляров ИС бюрократически усложнена.

Список литературы

1 Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» №102-ФЗ. – М.: Издательство стандартов, 2008 – 8 с.

2 ГОСТ Р 15.201-2000 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство. – М.: Стандартинформ, 2008 – 12 с.

3 МИ 2439 ГСИ. Метрологические характеристики измерительных систем. Номенклатура. Принципы регламентации, определения и контроля. – М.: Стандартинформ, 2004 – 10 с.

4. ГОСТ Р 8.595-04 Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений. – М.: Издательство стандартов, 2005 – 18 с.

4 ГОСТ Р 8.615-05 ГСИ. Измерения количества извлекаемых из недр нефти и нефтяного газа. Общие метрологические и технические требования. – М.: Издательство стандартов, 2005 – 20 с.

5 РМГ 63-2003 ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации. – М.: Издательство стандартов, 2004 – 15 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЯГОВОГО ХОМУТА ПУТЕМ КОМБИНИРОВАНИЯ АТРИБУТОВ ОСНАСТКИ МАГНИТОПОРОШКОВОГО И ФЕРРОЗОНДОВОГО МЕТОДОВ

Ляпчева Е.В., Савицкая С.А.
Научный руководитель: Брылова Т.Б., к.т.н.,доцент
Омский государственный университет путей сообщений,
644040, Россия, г. Омск, пр. К.Маркса,35
e-mail: biser65@mail.ru

На сети железных дорог сложилась крайне неудовлетворительная ситуация с участившимися случаями сходов вагонов в организованных поездах. Проблема заключается в том, что при оценке качества допускаемых в эксплуатацию объектов железнодорожного транспорта пропускают детали и узлы ненадлежащего качества, что угрожает безопасности движения.

Трещины в литых деталях относятся к наиболее опасным дефектам, так как детали, имеющие эти дефекты, независимо от размера и положения трещин не имеют определенного остаточного ресурса. Излом детали может произойти в любой момент времени, а выявление трещин в условиях эксплуатации (при помощи визуального осмотра) затруднено.

По состоянию на январь 2013 года допущено 5 случаев обрывов автосцепок (тягового хомута) и 9 случаев сходов железнодорожного подвижного состава в организованных поездах, 8 из которых в результате излома боковых рам тележек. К крушению грузовых поездов привели 2 из 9 сходов, один из которых закончился трагической гибелью локомотивной бригады ОАО «РЖД» [1].

Тяговый хомут - деталь автосцепного устройства железнодорожного вагона. Хомут используется для передачи растягивающего усилия, действующего на вагон во время движения поезда.

Рама боковая представляет собой основную деталь тележки грузового вагона, которая передает нагрузки на ось через буксы [2].

Тяговый хомут и боковая рама относятся к разряду наиболее нагруженных и ответственных деталей железнодорожных вагонов. Литые заготовки обсуждаемых деталей изготавливаются из стали 20ГЛ. Данная марка является литейной хладостойкой сталью, которая используется для изготовления деталей, работающих в условиях низких температур (до -60 ◦С) [3], прежде всего – в составе транспортных средств северного исполнения. Такие отливки классифицируются как крупногабаритные тонкостенные стальные отливки, их качество оказывается важным условием обеспечения долговечности и надежности работы вагонных деталей в нагруженных состояниях [4].

Типичными технологиями неразрушающего контроля для изделий этого типа является магнитопорошковый (МПК) и феррозондовый метод НК (ФЗК) (таблица 1):

Таблица 1 - Сравнительная характеристика МПК и ФЗК

	МПК	ФЗК
Способ контроля	СПП	СОН
Средства контроля	МД-12ПС ПЖВ5-160 (160 мкм)	МСН-12 СОП-НО-022

Наиболее эффективным из этих двух методов себя показал МПК. Но в практике неразрушающего контроля есть случаи, когда ни магнитопорошковый, ни феррозондовый методы не могут дать гарантию от пропуска дефектов. Это и является главной проблемой, которая может стать причиной обрыва автосцепки, вследствие чего может произойти падение частей автосцепки на путь, в результате чего возникает вероятность наезда колеса на оборванные части, вызывающие схождение подвижного состава с рельс, что влияет на безопасность движения. Подтверждением тому являются случай, допущенный 29 января 2013 года северной дирекцией, в результате которого произошёл обрыв автосцепного устройства и падение деталей локомотива на путь, что вызвало аварийную ситуацию [5].

На основании стандартных подходов была создана методика, объединяющая магнитопорошковый и феррозондовый контроль в один. Это один из возможных путей повышения эффективности НК, т.к. каждый из методов имеет «узкое место», а их объединение даст возможность более точного нахождения дефектов. Подобный подход к решению проблемы позволит:

А) сохранить высокую производительность;
Б) обеспечить контроль таких зон объекта, которые не доступны для стандартных методов;
В) повысить чувствительность контроля;
Г) повысить достоверность за счет устранения неоднозначности обнаружения дефекта.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать уже имеющиеся штатные средства контроля без необходимости создания или внедрения новых.

Для подтверждения эффективности предлагаемого способа проводился ряд лабораторных экспериментов. Цель данных экспериментов заключалась в исследовании влияния шероховатости объекта контроля на проведение контроля, а также подтверждение того, что используемые средства

контроля позволят реализовать данный подход к решению проблемы.

Лабораторные исследования проводились на объектах контроля с различной шероховатостью и наличием трещин:

– тяговый хомут ($R_z \approx 320$ мкм);
– часть диска колеса ($R_z \approx 160$ мкм);
– обод колеса ($R_z \approx 80$ мкм).

Для получения различных значений напряженности магнитного поля использовались два типа МСН:

– МСН 14 ($H \approx 45$ А/м);
– МСН 15 ($H \approx 65$ А/м);
– МСН 14 + МСН 15 ($H \approx$100–110 А/м).

Проведённые исследования показали, что при осуществлении магнитопорошкового контроля деталей способом приложенного поля с применением приставного намагничивающего устройства (МСН), применяемого в ФЗК, и магнитного индикатора (МИНК 200), применяемого в МПК, позволяет выявить дефект.

Способ приложенного поля в отличие от способа остаточной намагниченности даёт возможность выявлять дефекты глубиной 3 мм.

Величина шероховатости объекта контроля влияет на результат проведения контроля при одном и том же значении напряженности. Чем больше значение шероховатости, тем труднее формирование индикаторного рисунка.

Оптимальный уровень напряжённости магнитного поля выявлен при использовании МСН14 (Н = 45 А/м), уменьшение или увеличение напряжённости магнитного поля ведёт к затруднению выявления дефектов.

После проведения серии лабораторных исследований подтвердилась возможность реализации комбинированного метода контроля тягового хомута и боковой рамы (таблица 2):

Таблица 2 – Сводная характеристика усовершенствованного метода

	МПК	ФЗК	Усовершенствованный метод
Способ контроля	СПП	СОН	СПП
Средства контроля	МД-12ПС ПЖВ5-160 (160 мкм)	МСН-12 СОП-НО-022	МСН-12 МИНК 200 (0,5-150 мкм)

Для практического подтверждения эффективности этого метода был проведен ряд экспериментов в реальных производственных условиях на этих деталях, имеющих естественные дефекты.

Эксперименты проводились на позиции дефектоскопирования тягового хомута и боковой рамы в вагоноремонтном депо Омск-сортировочный.

При намагничивании угла R55 постоянным приставным магнитом МСН-14 и нанесении магнитного индикатора собирается четкий валик над дефектом.

Одна из серий экспериментов представляла собой соединение атрибутов оснастки МПК и ФЗК (СПП) на естественной трещине длиной 34 мм в зоне угла *R*55 буксового проема боковой рамы.

Вывод: при проведении магнитопорошкового контроля данной зоны дефект выявляется.

При измерении остаточной намагниченности в зоне R55 внутреннего угла буксового проема значение напряженности магнитного поля Ht = 112 А/м.

Максимальный градиент над трещиной составляет 2230 А/м^2, порог установлен 6670 А/м^2.

Вывод: при контроле данной зоны контроля в режиме СОН трещина не выявляется, т.к. отсутствует превышение градиента над порогом.

Напряженность поля Ht во внутреннем угле R55 составляет 344 А/м^2.

Градиент над дефектом (трещина) составляет 22800 А/м^2, порог установлен 11000 А/м^2 .

Вывод: при контроле данной зоны способом приложенного поля и при пороге 11000А/м^2 трещина выявляется, происходит четкое срабатывание дефектоскопа над дефектом.

Проведённые эксперименты выявили дефекты тягового хомута и боковой рамы, тем самым подтвердив, что данная оснастка применима для их контроля.

Предлагаемый подход соединил в себе положительные атрибуты оснастки МПК и ФЗК в одном технологическом процессе.

Своевременное обнаружение дефектов положительно влияет на надёжность, что снижает издержки и служит гарантией для безопасного движения подвижного состава.

Список литературы

1. www.rzd-partner.ru
2. Криворудченко В.Ф., Ахмеджанов Р.А. Современные методы технической диагностики и НК деталей и узлов подвижного состава ж.-д транспорта: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / В.Ф. Криворудченко/ Маршрут. Москва, 2005. 436с.
3. Иващенков Ю.М., Солдатов В.Г. Взаимосвязь механических свойств с эксплуатационными характеристиками стальных деталей ж.-д. транспорта. Литейное производство, 2008, №6. С.15-17.
4. Солнцев Ю.П. Литейные хладостойкие стали Ю.П.Солнцев, А.К.Андреев, Р.И.Гречин. М.:Металлургия, 1991 – 176 с.
5. Телеграмма № 3/2565А от 30.01.13г. ЦТЗ Маралов.

ОЧИСТКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВОДЫ

Мингажева Ю.Г.
Научный руководитель: Крымский В.В., д.ф.-м.н., профессор
Южно-Уральский государственный университет, 454080, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, д. 76
E-mail: energy-juliya@mail.ru

Вода – ценнейший природный ресурс. Она играет исключительную роль в процессах обмена веществ, биология дает впечатляющие примеры того, что именно вода является основой организации живых организмов. Общеизвестна необходимость ее для бытовых потребностей человека, всех растений и животных. Огромное значение вода имеет в промышленном и сельскохозяйственном производстве. Рост городов, бурное развитие промышленности, интенсификация сельского хозяйства, улучшение культурно-бытовых условий и ряд других факторов все больше усложняет проблемы обеспечения водой. Основными источниками загрязнения и засорения водоемов является недостаточно очищенные сточные воды промышленных и коммунальных предприятий, крупных животноводческих комплексов, отходы производства при разработке рудных ископаемых; воды шахт, рудников, обработке и сплаве лесоматериалов; сбросы водного и железнодорожного транспорта и т.д. По всем видам водоснабжения ежегодный расход воды на земном шаре составляет 3300-3500 км³. Уже сейчас одной из главных мировых проблем является дефицит пресной воды. На современном этапе определяются такие направления рационального использования водных ресурсов: более полное использование и расширенное воспроизводство ресурсов пресных вод; разработка новых технологических процессов, позволяющих предотвратить загрязнение водоемов и свести к минимуму потребление свежей воды.

Наиболее широко распространенные в мире методы очистки производственной воды и отработанных водных растворов основаны на моделировании природных процессов - фильтрации, сорбции, ионного обмена. Однако, установки в которых реализованы указанные процессы, нуждаются в регенерации и периодической замене основного рабочего элемента: фильтров, сорбентов, ионообменных смол. При этом возникают проблемы с утилизацией отработанных материалов, а также сохраняется необходимость восполнения их потерь путем производства из невозобновляемых сырьевых запасов новых материалов взамен отработанных. Очевидно, стратегия наименьшего экологического ущерба при сохранении достигнутого уровня жизни населения Земли или при его улучшении, должна быть основана на использовании технологий, позволяющих обеспечить минимально возможное вовлечение в производственно-хозяйственную деятельность человека природных минеральных сырьевых ресурсов, которые в естественном состоянии (месторождения полезных ископаемых) не представляют угрозы окружающей среде, но после серии различных технологических преобразований рассеиваются в виде растворимых в воде соединений. Одним из естественных процессов, имеющих самое широкое распространение в живой и неживой природе является электрохимическое преобразование веществ, т.е. окислительно-восстановительные реакции, связанные с удалением или присоединением электрона. Теоретические расчеты показывают, что потенциальные возможности электрохимического кондиционирования воды (очистки, умягчения, опреснения, обеззараживания и т.д.) более чем в 100 раз превосходят фильтрационные, сорбционные и ионообменные методы по экономичности, скорости и качеству. Кроме того, электрохимические реакции позволяют без дополнительных затрат химических реагентов преобразовать пресную или слабосолоноватую природную воду в высокоактивный технологический раствор, обладающий практически любыми необходимыми функциональными свойствами.

В прошлом десятилетии был предложен новый метод очистки воды воздействием наносекундных электромагнитных импульсов (НЭМИ)[1]. Очистка воды методом НЭМИ обеспечивает устранение вредных примесей и тяжелых металлов. Для этого предлагается воздействие на воду, находящуюся в накопительной или прямоточной системе водоснабжения, электромагнитных импульсов с продолжительностью каждого менее одной наносекунды. Частота генерации импульсов $\geq$ 1 КГц.

В этом случае мощность каждого электромагнитного импульса $\geq$ 3МВт. Такое мощное энергетическое воздействие ударного характера, продолжающееся несколько минут, позволяет изменить характеристики воды [2].

Для проверки воздействия НЭМИ на характеристики технических вод были проведены следующие эксперименты.

Сточная вода бралась на выходе очистных сооружений г.Челябинска после их биологической очистки. Облучение производилось в пластмассовой ванночке размером 250x140x120 мм, объём воды 3 л. Излучатель выполнен из двух графитовых

электродов 120х100х20 мм, расстояние между электродами 190 мм. Генератор типа GNP, время облучения 60 мин. В процессе облучения вода перемешивалась магнитной мешалкой и аэрировалась с производительностью насоса 90 л/час. Результаты анализов представлены в табл.1.

Контролируемые показатели	Исходная вода, мг/л	Облученная вода, мг/л
PO_4	4,8	4,2
HN_4	Не обн.	Не обн.
NO_3	15,6	14,6
NO_2	0,03	0,306
Zn	0,2	0,15
Cu	0,01	0,01
S^{2-}	Не обн.	Не обн.
SO_4	98,1	98,1
Cr^{+3}	0,003	0,003
Al	0,04	0,02
Fe	0,19	0,02
Ni	Не обн.	Не обн.
Взв.	10,0	2,0
$БПК_5$	5,5	3,7
СПАВ	Не обн.	Не обн.

Таблица 1. Результаты облучения производственной воды

Из таблицы видно, что значительно уменьшилось содержание железа, заметно уменьшение содержания алюминия и цинка, значительно уменьшилось содержание взвешенных частиц. Увеличение содержания NO2 можно объяснить окислением азота воздуха, который использовался для аэрирования [3].

Главные преимущества очистки воды с применением НЭМИ:

1. При более чем качественной очистке воды от всех типов загрязнений установка НЭМИ способна работать как в напорном варианте с приемлемой производительностью, так и в полевых условиях, как накопительная система.

2. Облучение воды НЭМИ занимает второе место по эффективности после паровой дистилляции, наряду с методом ЭХА (электрохимической активации). Обратноосмотические системы, к примеру, неспособны бороться с этим типом загрязнения.

3. Структура воды после обработки НЭМИ не является физиологически нездоровой, как это происходит при применении систем обратного осмоса.

4. Установка НЭМИ является безальтернативным вариантом для применения в полевых условиях при фильтрации воды из открытых источников. Помимо главной задачи (избавления от тяжелых металлов, живой и мертвой органики), НЭМИ чрезвычайно эффективно выводит и другие виды загрязнений.

5. Себестоимость получаемой воды с помощью НЭМИ по сравнению с другими методам самая маленькая.

6. Установка НЭМИ преобразует структуру воды в наиболее физиологически приемлемую форму – гексагональную [4].

Одна из наиболее важных проблем, требующих безотлагательного решения – это защита водных ресурсов от истощения и загрязнения и их рационального использования для нужд народного хозяйства. Одним из основных направлений работы по охране водных ресурсов является внедрение новых технологических процессов производства, переход на замкнутые (бессточные) циклы водоснабжения, где очищенные сточные воды не сбрасываются, а многократно используются в технологических процессах. Замкнутые циклы промышленного водоснабжения дадут возможность полностью ликвидировать сбрасывание сточных вод в поверхностные водоемы.

Существенное влияние на повышение водооборота может оказать внедрение высокоэффективных методов очистки сточных вод, в частности физико-химических, из которых одним из наиболее эффективных является применение НЭМИ. Использование НЭМИ для очистки производственных сточных вод не зависит от токсичности присутствующих примесей, что по сравнению со способом биохимической очистки имеет существенное значение. Более широкое внедрение этого метода как в сочетании с биохимической очисткой, так и отдельно, может в определенной степени решить ряд задач, связанных с очисткой производственных сточных вод.

Таким образом, охрана и рациональное использование водных ресурсов - это одно из звеньев комплексной мировой проблемы охраны природы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шабурова, Н.А. Воздействие наносекундных электромагнитных импульсов на расплавы цветных металлов / Н.А. Шабурова // Вестник ЮУрГУ, Серия «Математика, физика, химия». – 2006. – Вып. 7. – № 7(62). – С. 152–156.
2. Балакирев В.Ф., Крымский В.В., Батурин В.А., Грешняков А.П. Электроимпульсная обработка водных растворов.// Труды VI Международной конференции «Радиационно-термические эффекты и процессы в неорганических материалах».- Томск: Изд.ТПУ, 2008 г.-С.419-423.
3. Белкин В.С., Бухарин В.А., Дубровин В.К.; под ред. Крымского В.В. Наносекундные электромагнитные импульсы и их применение – Челябинск: Изд. Татьяны Лурье, 2001.– С.159 .
4. Организация очистки сточной и питьевой воды // НПО «НАНОТЕК». – Екатеринбург, 2012 г. – С.34-35.

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Миннигалиева Ж.Ф.
Научный руководитель: Сафин Э.В., к.т.н., доцент
Уфимский государственный авиационный технический университет,
450000, Россия, г. Уфа, ул. К.Маркса, 12
E-mail: engeltal@mail.ru

Прогресс в улучшении качества деталей машин в значительной мере определяется достижениями в области разработки и использования современных высокопрочных и легких материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками.

Перспективным для решения проблемы повышения эксплуатационных характеристик высоконагруженных деталей машин представляется использование прогрессивных технологических методов, сочетающих объемное и поверхностное упрочнение. С практической точки зрения наиболее эффективным направлением для получения высоких эксплуатационных свойств в материалах считается путь, сочетающий деформационное измельчение структуры с методами модификации поверхностных слоев, в том числе ионными пучками.

В настоящее время представляет значительный интерес разработка подходов по оценке качества в условиях промышленного предприятия ультрамелкозернистых (УМЗ) материалов для оценки возможности изготовления из них высоконагруженных деталей машин. Ультрамелкозернистые и нанокристаллические микроструктуры относительно малоизученны, промышленные металлы и сплавы с такими микроструктурами не подлежат обязательной сертификации и в связи с этим сложно провести дорыночную оценку качества таких материалов.

Вообще, под показателями качества материала понимают взаимосвязанную совокупность показателей, характеризующих его назначение, надежность, безопасность, эстетические свойства, уровень стандартизации и сертификации, экономические и другие параметры.

В общей совокупности показателей качества материалов выделяют единичные и комплексные показатели, характеризующие их свойства, а также обобщающие показатели, выражающие уровень их качества. Показатели качества материалов применяются для определения конкретных заданий по улучшению качества с учетом особенностей выпускаемой продукции и характера его производства. Они используются конструкторами и технологами при создании и освоении новых и модернизации ранее освоенных изделий, при техническом контроле их производства и в других целях [1].

Качество деталей определяется химическим составом, структурой, а соответственно и свойствами самих используемых материалов, параметрами процессов изготовления, а также параметрами изделия в эксплуатационных условиях. Проблема обеспечения надежности и безопасной работы деталей машин в различных эксплуатационных условиях (при разных температурах, динамических нагрузках, в присутствии коррозионной среды), наряду с совершенствованием конструкции, включает необходимость оптимизации режимов технологических процессов формирования микроструктуры в заготовке, обработки и упрочнения поверхности по критериям условий эксплуатации.

В настоящее время машиностроительные предприятия, рассматривающие перспективы применения УМЗ материалов как конструкционных для изготовления высоконагруженных деталей машин, испытывают затруднения в оценке качества этих материалов вследствие отсутствия комплексных подходов к решению этого вопроса. Зачастую решения о выборе материала для производства принимаются на основе субъективного мнения специалистов предприятий и/или по результатам единичных лабораторных экспериментов, связанных с определением отдельных механических характеристик, как правило, при статическом нагружении. Это приводит к большой вероятности ошибок и большим экономическим и временным потерям.

В ходе проведения анализа был выделен ряд наиболее важных параметров структуры УМЗ и субмикрокристаллических металлов и сплавов, влияющих на механические и эксплуатационные свойства, и, соответственно, на качество изделий из этих материалов [2-5]. К ним в первую очередь относятся: размер зерен и их фрагментов, плотность дефектов кристаллического строения, наличие металлических или неметаллических включений, пористости, текстуры, микротрещин, полосчатости и др. Типичным и общим дефектом УМЗ материалов является их микроструктурная неравномерность, вследствие чего возникают локальные зоны с пониженными механическими свойствами [5].

Управление фазовым составом, размерами зерен, плотностью дефектов наиболее эффективно обеспечивает заданное качество материала, для чего применяют деформационную, термическую, деформационно-термическую, термоциклическую, химико-термическую и другие методы обработки материалов.

В нашей работе оценивалась возможность повышения механических свойств титанового сплава ВТ6 путем формирования ультрамелкозернистых структур с различными средними размерами зерен и

применения технологии упрочнения поверхности ионными пучками. Для сравнения были получены три состояния УМЗ микроструктуры: 1) со средним размером зерен (фрагментов) 0,5 мкм; 2) со средним размером зерен 1,5 мкм; 3) со средним размером зерен α-фазы 5 мкм.

Были определены механические свойства сплава ВТ6, которые для состояния 1 составили: микротвердость по Виккерсу 377,0 HV; $\sigma_в$ = 1302 МПа; $\sigma_{0,2}$ = 1178 МПа; δ = 7,4 %; ψ = 60,1 %; KCU = 0,37 МДж/м^2; KCT = 0,08 МДж/м^2. В состоянии 3: микротвердость по Виккерсу 345,3 HV; $\sigma_в$ = 1064 МПа; $\sigma_{0,2}$ = 950 МПа; δ = 18,9 %; ψ = 42,9 %; KCU = 0,45 МДж/м^2; KCT = 0,24 МДж/м^2.

По сравнению с состоянием 3, в состоянии 1 наблюдается заметный рост характеристик прочности и твердости. Прочность сплава в состоянии 1 почти на 250 МПа выше прочности сплава в состоянии 3. Относительное удлинение в состоянии 1 ниже, чем в состоянии 3, но, с другой стороны, относительное сужение материала в состоянии 1 почти в 2 раза больше, чем состоянии 3. Однако ударная вязкость в состоянии 1 существенно ниже, хотя по параметру KCU она остается в пределах требований технических условий к сплаву ВТ6 (KCU более 0,35). В этой связи, практический интерес может представлять сплав с УМЗ микроструктурой в состоянии 2, микротвердость которого по Виккерсу составляет 362,0 HV, то есть чуть ниже, чем в состоянии 1, но существенно выше, чем в состоянии 3. Это позволяет прогнозировать повышенные характеристики прочности и сопротивления усталости по сравнению с более крупнозернистым состоянием 3.

Другая проблема заключается в сложности выбора эффективных методов и режимов упрочняющей поверхностной обработки ультрамелкозернистых титановых сплавов. В этих изначально объемноупроченных материалах с высокой плотностью дислокаций и большой протяженностью границ зерен сложно реализовать механизм дополнительного дислокационного упрочнения поверхности, то есть использование технологических методов поверхностного пластического деформирования практически не дает положительного результата, связанного с существенным повышением микротвердости поверхности и формированием в приповерхностном слое сжимающих остаточных напряжений. Поэтому все методы упрочнения поверхности УМЗ титановых сплавов должны быть связаны с изменением химического состава поверхности.

При этом в процессе поверхностной обработки следует избегать существенного нагрева материалов для сохранения УМЗ структуры. Практический интерес будут представлять методы обработки поверхности ионными пучками, а для защиты поверхности – методы нанесения различных покрытий при температурах до 200-400°С, причем чем меньше средний размер структурных составляющих сплава, тем ниже должна быть температура поверхностной обработки [2,3].

Результаты исследований показывают, что получение УМЗ структуры в полуфабрикатах из обычных конструкционных сплавов позволяет значительно повысить их прочность, сопротивление усталости, износостойкость. Однако практическое применение материалов со сверхмелким зерном сдерживает ряд недостатков, к которым в первую очередь следует отнести пониженную пластичность, термостабильность, ударную вязкость, циклическую трещиностойкость, повышенную чувствительность к концентраторам напряжений, а также порообразование при циклических нагрузках в зоне наибольших напряжений (приповерхностной зоне).

Таким образом, предлагаемый подход к оценке качества основывается на комплексном определении вышеуказанных свойств УМЗ материалов, учитывает разнонаправленное изменение их механических свойств при статическом и динамическом нагружениях и отражает наиболее важные взаимосвязи между этими характеристиками.

Список литературы:

1 Дурнев В.Д., Сапунов С.В., Федюкин В.К. Экспертиза и управление качеством промышленных материалов. – СПб.: Питер, 2004.

2 Жеребцов С.В., Салищев Г.А., Галеев Р.М., Смыслов А.М., Сафин Э.В., Мышляев М.М. Влияние субмикрокристаллической структуры на усталостную прочность титанового сплава ВТ6 // Перспективные материалы, 1999, № 6, С. 16 - 23.

3 Сафин Э.В., Смыслов А.М. и др. Перспективы промышленного применения титановых сплавов с нанокристаллической структурой в авиационной промышленности // Физикохимия ультрадисперсных систем. Сборник трудов VIII Всероссийской конференции, МИФИ, 2009, 284 с., С.268-272.

4 Малыгин Г.А. Пластичность и прочность микро- и нанокристаллических материалов // Физика твердого тела, 2007, Т. 49, № 6., С. 961 - 982.

5 Колобов Ю.Р., Голосов Е.В., Раточка И.В. Особенности субмикрокристаллической структуры и ее влияние на механические свойства титановых сплавов // Вопросы материаловедения, 2008, № 2(54), С. 43 – 50.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ СЕКЦИЙ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ

Никитенко М.С.
Научный руководитель: Кречетов А.А., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва,
65000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
E-mail: schum24@rambler.ru

Определение технического состояния оборудования и устройств опасных производственных объектов является одной из основных задач в современной промышленности. За рубежом, как правило, проводится постоянный мониторинг состояния опасных производственных объектов с использованием специализированного оборудования. При наступлении предельного состояния или при окончании назначенного срока службы выполняется замена отдельного узла или всего объекта. В отечественной промышленности такой подход широко не распространен в связи с его высокой стоимостью.

Предприятия, которые закупают иностранное оборудование, по мнению экспертов, входят в опасную зависимость от иностранных поставщиков запасных частей и комплектующих [1]. Кроме того, для повышения технического уровня продукции тяжелого машиностроения некоторые предприятия вынуждены приобретать зарубежные узлы и комплектующие, поскольку в России они либо не производятся, либо обладают низким качеством. В результате, стоимость конечной продукции предприятий тяжелого машиностроения растет и в настоящее время по ряду позиций уже превышает уровень цен зарубежных производителей [2].

Другие предприятия отказываются от иностранного оборудования в связи с его высокой стоимостью. В этом случае безопасность на объекте обеспечивается системами контроля надежности эксплуатации технологических объектов в сочетании с различными сигнальными и охранными системами, то есть аварийная ситуация не прогнозируется, а фиксируется, происходит аварийное отключение оборудование и т. д.

Учитываю горнодобывающую специфику регионального машиностроения Кемеровской области, речь идет о технической диагностике оборудования для добычи угля подземным способом. Согласно п. 41 Правил безопасности в угольных шахтах, предприятие должно быть оборудовано комплексом систем и средств, обеспечивающих решение задач организации и осуществления безопасного производства и информационной поддержки контроля и управления технологическими и производственными процессами. Технологическое оборудование, системы и средства обеспечения промышленной безопасности входят в перечень объектов контроля и управления. Состав систем безопасности на различных этапах жизненного цикла шахты определяется проектом многофункциональной системы безопасности угольной шахты, утверждаемым пользователем недр при наличии положительного заключения экспертизы промышленной безопасности. Основные технические характеристики многофункциональных систем безопасности в угольных шахтах и входящих в ее состав систем должны соответствовать требованиям технических регламентов или национальных стандартов по промышленной безопасности [3].

Таким образом, для повышения эффективности и безопасности производства, предотвращения аварийных ситуаций, связанных с перегрузкой оборудования в горнодобывающей промышленности, необходимо создание комплексной системы диагностики состояния оборудования угольных шахт в процессе эксплуатации для мониторинга равномерности и уровня воспринимаемых нагрузок.

В настоящее время на российском рынке таких систем не представлено. На большинстве угольных шахт техническое состояние такого оборудования, как секция механизированной шахтной крепи определяется в большей степени органолептическим методом, визуальным осмотром, контролем параметров давления в гидроцилиндрах секций крепи и периодической процедурой экспертной оценки технического состояния оборудования с остановкой производственного процесса.

Для предотвращения аварийных ситуаций, связанных с перегрузкой секций шахтных крепей и обеспечения безопасности персонала при работе с ними, специалистами одного из машиностроительных заводов разработан проект технического задания на создание системы контроля состояния конструкций секций крепей механизированных (далее по тексту - система). Назначение системы – обеспечение информацией о фактических данных напряженно-деформированного состояния в элементах конструкций секций крепи механизированной и информации о фактических давлениях в гидроцилиндрах гидропривода секций на месте эксплуатации в шахтах опасных по газу (метан) и угольной пыли [4].

На основе анализа технического задания и правил безопасности в угольных шахтах сформулированы общие функциональные и технические требования, предъявляемые к системе.

Система должна отвечать следующим требованиям [4]:

▪ **Многоканальность**. Общее количество секций крепи в лаве составляет до 300 шт. На одной секции крепи необходимое количество тензометрических преобразователей – ориентировочно 20шт., количество датчиков давления – 4шт. Для комплексного решения определения технического состояния группы объектов контроля требуется анализ множества точек, от ста, да нескольких тысяч. Для такого объема данных скорость опроса каналов должна быть не менее 1000 каналов в секунду.

▪ **Модульность и масштабируемость.** Система должна представлять собой локальную сеть, распределенную вдоль лавы на элементах секций механизированной крепи с возможностью передачи информации в диспетчерскую шахты на поверхность. Одиночным объектом контроля должна является одна секция крепи. При проектировании архитектуры системы значительное внимание должно уделяться возможностям масштабирования и оперативного расширения системы и проектироваться как система взаимосвязанных модулей.

▪ **Универсальность входов**. Основными элементами нижнего уровня системы должны быть тензометрические преобразователи, размещенные на конструкциях секции крепи в лаве и датчики давлений. Необходимость подключения различных типов датчиков на одном объекте контроля предполагает универсальность входов для анализа данных и возможности подключения различных типов датчиков с выходом по напряжению и по току.

▪ **Мобильность.** Система должна обеспечивать возможность контроля на секциях крепи, устанавливаемых в лаве на любом месте. Поэтому все элементы системы, включая первичные тензометрические преобразователи, должны иметь возможность устанавливаться многократно на новом объекте контроля (секции крепи) без снижения метрологических характеристик.

▪ **Применение съемных (переустанавливаемых) датчиков измерения деформаций.** Наклеивание высокочувствительных элементов на месте эксплуатации невозможно, также как и на заводе при изготовлении секций крепей. При транспортировке и сборке многотонных деталей существует большая вероятность их повреждения. Требуется использовать первичные преобразователи с возможностью многократного использования, менее подверженных влиянию неблагоприятных эксплуатационных условий по сравнению с тензорезисторами. Места установки тензометрических преобразователей на секциях крепи должно определять предприятие – изготовитель оборудования.

▪ **Беспроводная передача данных**. Объект контроля зачастую находится на достаточном отдалении от пункта диспетчеризации или условия не позволяют или затрудняют использование кабельных сетей передачи данных. В этой связи предпочтительна возможность беспроводной передачи данных между модулями для организации системы мониторинга, сбора и передачи данных по беспроводному каналу.

▪ **Архивация и защита данных.** Хранение данных о нагрузках, воспринимаемых объектом контроля в течение времени наблюдения при отсутствии свободного доступа к данным. Защита данных от изменений и их хранение/передача важна как для завода-изготовителя оборудования для отслеживания эксплуатационных условий, так и для независимых экспертов, если результаты мониторинга и данные о нагрузках могут заменить процедуру экспертной оценки.

▪ **Компактность.** Устройства, устанавливаемые на секции крепи, должны иметь габаритные размеры не более чем 200×200×100 мм (высота 100мм).

▪ **Взрывозащита и искробезопасность.** По уровню взрывозащиты и искробезопасности система должна быть выполнена по ГОСТ Р 52350.0, ГОСТ Р 52350.1, ГОСТ Р 52350.11, в климатическом исполнении УХЛ категории 5 по ГОСТ 15150 и со степенью защиты от пыли и влаги составных компонентов не ниже 1Р54 по ГОСТ 14254. Это связано с тем, что система должна нормально функционировать при воздействии следующих внешних факторов:

- температура окружающей среды: от минус 10 до плюс 40 ºС;
- относительная влажность воздуха при температуре 35ºС - до 100% включительно;
- механическая нагрузка при частоте вибрации от 5 до 45 Гц и амплитуде вибрации не более 0,6 мм;
- после полного затопления водой с секциями крепи в лаве.

Список литературы:

1.Закон Кемеровской области от 11.07.2008 № 74-ОЗ "Об утверждении стратегии социально-экономического развития Кемеровской области до 2025 года"

2.Приказ Минпромторга РФ от 09.12.2010 г. № 1150 «Об утверждении Стратегии развития тяжелого машиностроения на период до 2020 года»

3. Пб 05-618-03 «Правила безопасности в угольных шахтах» (в редакции Приказа Ростехнадзора от 20.12.10 № 1158

4.Проект технических требований на разработку системы контроля состояния конструкций секций крепей механизированных производства ООО «Юргинский машзавод», Юрга, 2010г.

ПРИБОР ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ДАВЛЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫЕ В АСУ ТП

П.А. Новосёлов, Н.А. Тимошенков
Научный руководитель: Кулешов В.К. д.т.н., профессор
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия,г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Petr.Novoseloff@yandex.ru

Быстродействие, простота восприятия результатов измерений и эргономичность стрелочного указателя являются главными факторами в пользу выбора стрелочных приборов для применения во многих видах современных измерений. В настоящее время, становится всё более актуальна задача интеграции манометров в автоматизированные системы управления. Для этого они должны быть оснащены интерфейсами. Обычно эта проблема решается цифровыми манометрами. Задача организации токового выхода в стрелочном приборе нами ранее была решена, такая разработка была сделана на ОАО «Манотомь» в 1996 году (ДМ 5001 С). Некоторые производители также, начали предлагать на рынке стрелочных манометров приборы, оснащённые токовым выходом (ЗАО «Вика», ЗАО «Метер», КБ «Агава»).

В рамках решения этой проблемы была выработана концепция единого универсального модуля, который сочетал бы в себе измерительную, цифровую-расчётную часть, сигнализирующую (коммутирующие внешние цепи при срабатывании уставок), цифровой интерфейс, универсальную токовую петлю, возможность автономной работы, установку модуля беспроводной связи и решал задачи интеграции в АСУ ТП.

При этом предложено использовать магнитный абсолютный энкодер (датчик угла поворота), показывающий текущую координату своего положения сразу при включении, без необходимости прохождения референтных отметок. Было опробовано два варианта энкодеров - магниторезистивных и основанных на эффекте Холла.

Первое решение - магниторезистивные пермаллоевые датчики, основаны на применение анизотропного магнитного эффекта, то есть на способности магниторезистивного материала изменять сопротивление в зависимости от взаимной ориентации вектора измеряемого магнитного поля и вектора преимущественной намагниченности доменов чувствительного материала. В результате работы был создан опытный образец стрелочно-цифрового прибора совмещённого с магниторезистивным датчиком угловых перемещений – KMZ41, имеющий на выходе два независимых синусоидальных сигнала, один идущий по функции cos(2□) и второй по sin(2□), и преобразователем данного сигнала – UZZ9001. Функциональная схема прибора приведена на рис.1.

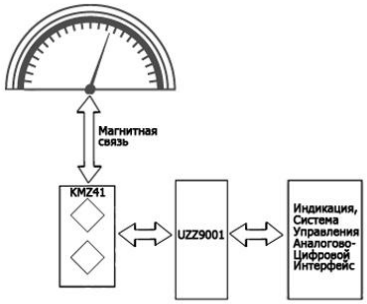


Рис.1: Функциональная схема прибора

Второе решение - энкодеры на эффекте Холла. Функцию слежения за угловым перемещением стрелочного указателя реализуется посредством микросхемы AS5043, производства Austriamicrosystems AG, которая представляет собой бесконтактный энкодер угла поворота с диапазоном 360^{o} и разрешающей способностью 10 бит, что позволяет отслеживать положение стрелки с точностью 0.35^{o}.

Массив элементов холла измеряет значение угла поворота магнитного поля относительно своей оси и имеющий на выходе два независимых синусоидальных сигнала, один идущий по функции cos(2□) и второй по sin(2□). Передаёт эти данные во встроенный процессор обработки сигналов DSP (Digital Signal Processing). DSP процессор передаёт обработанные данные в виде значения угла поворота в блок интерфейса SSI который посредством шины данных связывается с микропроцессором-обработчиком данных. Также блок SSI управляет 10 битным ЦАП, который формирует аналоговый сигнал пропорциональный данным о угле поворота магнитного поля. Это даёт возможность строить простые аналоговые устройства без схемы обработки цифровых данных.

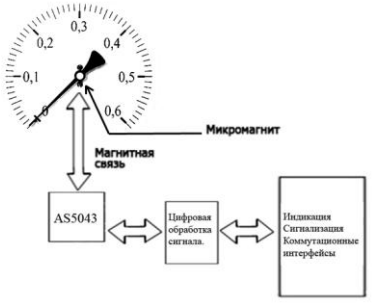


Рис. 2. Функциональная схема прибора.

На рис2. приведена функциональная схема прибора. Которая включает в себя прибор с установленным на ось стрелки магнит из материала NdFeB, энкодер AS5043, связанный со стрелкой прибора магнитной связью. Микропроцессор с

запрограммированной математической моделью шкалы для устранения возможной нелинейности шкалы. Блок сигнализации-коммутации с поляризованными реле, блок индикации и интерфейсный блок для интеграции в АСУ ТП. Использование поляризованных реле в блоке коммутации обуславливается их высокой скоростью переключения и тем, что энергия тратится лишь на переключение их из одного положения в другое, это позволяет значительно снизить энергопотребление прибора.



Рис. 3: Макетный образец прибора тяго-напоромера с бесконтактным датчиком положения стрелки

Данными модулями были оснащены следующие серийные стрелочные приборы - тяго-напоромера с магниторезистивным энкодером и шкалой 180^{o} рис. 3, НП-100 и МП-100 производства НПО «ЮМАС» и МП-ЗУ, ДМ-8008-ВУ-У2, ДМ-5012 производства ОАО «Манотомь».



Рис. 4: Внешний вид установки для проверки модуля.

Проверка модулей проводилась на установке (рис. 4) которая состоит из воздушного пресса, эталонного многопредельного прибора ДМ 5002, цифрового измерителя токовой петли ЦИ 5003 Б/1 и проверяемого модифицированного прибора с установленным энкодерным модулем. В ходе проверки и измерений, на прямом и обратном ходу были получены данные приведённые в таблице 1-2.

Таблица1. Результаты измерений, прямой ход.

Показания прибора в МПа									
ДМ5002	0,0004	0,2026	0,4002	0,6016	0,8023	1,0053	1,2025	1,4023	1,5996
ЦИ5003Б/1	0,0002	0,2024	0,3998	0,6010	0,8017	1,0044	1,2018	1,4020	1,5998
МП-100	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6
Приведенная погрешность к ВПИ	0,01%	0,01%	0,025%	0,037%	0,037%	0,05%	0,04%	0,018%	0,01%

Таблица 2. Результаты измерений, прямой ход.

Показания прибора в МПа									
ДМ5002	0,0004	0,2015	0,4012	0,6026	0,8020	1,0041	1,2023	1,4013	1,5996
ЦИ5003Б/1	0,0002	0,2013	0,4008	0,6021	0,8014	1,0033	1,2016	1,4011	1,5998
МП-100	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6
Приведенная погрешность к ВПИ	0,01%	0,01%	0,025%	0,03%	0,037%	0,05%	0,037%	0,01%	0,01%

Выводы: Процесс модернизации стрелочного прибора в электронный прибор, на сегодняшний день уже не представляет собой сложную задачу что и показывают результаты данных доработок. Потому что установка в прибор данного модуля требует от существующих приборов минимально доработки (стойки платы, интерфейсный разъём, увеличение высоты обечайки). Конечно конструкция самого модуля нуждается в дальнейшей проработке и модернизации в плане минимизации электроники и снижения энергопотребления, но и существующая конструкция уже способна успешно выполнять задачи интеграции стрелочных приборов в современные АСУ ТП.

Список литературы:

1. Перспективное направления развития отечественных электроконтактных манометров / журнал «Приборы» 2011. №3 (129)
2. Техническая документация AS5043.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ ЖЕЛЕЗО-НИКЕЛЬ, ЖЕЛЕЗО-ЦИНК, ЖЕЛЕЗО-КОРУНД

Пилюгин Г. А.
Научный руководитель: Петухов Р. А., ст. преподаватель
Политехнический институт СФУ, 660074, Россия, г. Красноярск, ул. Киренского, 26
E-mail: sfu_pi_pilyugin@mail.ru

Электрохимические железные покрытия имеют недостаточно высокую микротвердость, появление микротрещин при увеличении толщины покрытия и недостаточную устойчивость к трению. Добавление в электролит порошка корунда (окись алюминия Al_2O_3) позволяет получать более качественные покрытия. Твердые частицы окисла (микротвердость корунда 22-25 ГПа) увеличивает износостойкость электрохимических железных покрытий при работе сопряженных деталей в смазке. Также широкое применение получили хлористые электролиты, отличающиеся высокой концентрацией солей, интенсивностью наращивания осадка и возможностью получения покрытий большей толщины.

В состав электролита входит, хлористое железо $FeCl_2$ 700 г/л, окись алюминия (корунд М5) Al_2O_3 50-75 г/л, плотность тока 20-25 А/дм^2 , температура электролита составляет 40 ^{0}C.

Применение композиционных электрохимических покрытий железо-корунд уменьшает количество трещин в покрытии. Положительное действие частиц корунда особенно заметно в условиях образования хрупких покрытий (низкие температуры и высокие плотности тока).

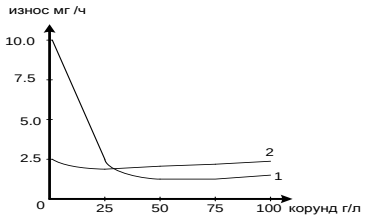


Рис. 1. Влияние концентрации окиси алюминия на скорость износа покрытия и сопряженного с ним чугуна при работе в масле, при удельном давлении 1,5 МПа: 1- износ покрытия, 2- износ сопряженного чугуна

Композиционные электрохимические покрытия железо-корунд обладают высокой износостойкостью и в то же время не чувствительны к ударным нагрузкам, т.е. нехрупкие. Получить такое покрытие позволяет сочетание пластической металлической матрицы и твердых частиц оксида. С увеличением концентрации частиц в покрытии увеличивается его износостойкость, которая достигает максимума при достаточном количестве частиц для восприятия нагрузки, а объем металлической матрицы (связки) еще настолько велик, что в состоянии удерживать частицы от выкрашивания. С дальнейшим увеличением концентрации частиц в покрытии, а следовательно, с уменьшением объема металлической связки частиц в покрытии становится так много, что они начинают соприкасаться, уменьшая до минимума влияние матрицы на прочность композиции. При чрезмерной концентрации частицы выкрашиваются даже при незначительных нагрузках. Выкрашиваясь, частицы в большом количестве попадают в зону трения, резко увеличивая износ. Твердые частицы окислов увеличивают износостойкость электролитических железных покрытий при работе сопряженных деталей в смазке загрязненной абразивными частицами. Покрытия железо - корунд, полученные из электролита с концентрацией добавки 50-100 г/л, при удельном давлении 1,5 МПа, износостойкость больше в 6,5 - 7,5 раза, чем чистое электролитическое железо. Износ чугунной буксы при этом уменьшился с 2,8 до 1,9 мг/ч. На Рис. 1. демонстрирует влияние концентрации окиси алюминия на скорость износа покрытия и сопряженного с ним чугуна. Опыты, проведенные при более высоких удельных давлениях (25; 50; 75 МПа), позволили выяснить, что оптимальной износостойкостью в данных условиях трения обладали покрытия, полученные из электролитов с 50 - 75 г/л Al_2O_3, у которых при нагрузке 25-50 МПа износостойкость была в 28 - 45 раза выше износостойкости чистого электролитического железа. Исследование износа покрытий при сухом трении показало большие преимущества композиционных электрохимических покрытий с окисью алюминия перед другими видами покрытий и чистым электролитическим железом (Рис. 2.). Так, при удельном давлении 8,1 МПа скорость износа чистого электролитического железа составляла 91 мг/ч, осадков железо - карбид бора - 29,4 мг/ч, а осадков железо - окись алюминия (50-75г/л) 5 мг/ч.

Схватывание и катастрофический износ мягких покрытий железо - карбид титана наступали уже на первых минутах работы при 4,0 МПа (Рис. 2., кривая 1). Первые признаки схватывания твердого электролитического железа, заключающиеся в колебании момента трения, наступали при 5,5 МПа (Рис. 2., кривая 3). Износ буксы при этом резко возрастал. Возможно, вследствие абразивного воздействия диспергированных частиц чугуна возрастал также износ покрытия. Но имевшийся на поверхности покрытия бурый налет окислов способствовал предотвращению интенсивного схватывания и задира поверхностей.

Электролитическое железо и композиционные электрохимические покрытия на основе железа по

истечению 20 минут сухом трении с сопряженной чугунной обкладкой, при удельном давлении 15 МПа, на поверхности покрытия появлялись задиры. Что приводило к значительному износу покрытия и сопряженной поверхности. Композиционное покрытие железо-корунд при сухом трении и удельном давлении 25 МПа не образовывало задиров.

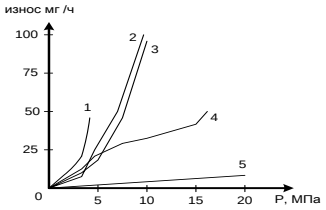


Рис. 2. Скорость износа композиционные электрохимические покрытия на основе железа при сухом трении: 1- железо-карбид титана 50 г/л, 2- железо-дисульфид молибдена 6 г/л, 3- чистое электролитическое железо, 4- железо-карбид бора 100 г/л, 5- железо-корунд 50-75 г/л

Для железнения применяются кислотные и щелочные электролиты. Щелочные электролиты не получили большого применения в связи со своими недостатками. Основными недостатками, которых является их нестабильность при высокой плотности тока и разряд ионов водорода. Из наиболее распространенных кислых электролитов, для процесса железнения, являются хлористые электролиты. Хлористый железомарганцевый электролит требует большего внимания при эксплуатации, более частой коррекции для поддержания в нем большей концентрации хлористого магния.

Состав хлористого железоникелевого электролита:$FeCl_2$ двухлористое железо 300 г/л; $NiCl_2$ двухлористый никель 15-20 г/л.

Хлористый железоникелевый электролит отличается высокой производительностью, стабильностью при высокой плотности тока. В этих электролитах разряд водородных ионов очень незначительный. За счет высокой рассеивающей способности электролита наносимое покрытие получается мелкозернистым и равномерным. Микротвердость полученного покрытия 6200 мПа.

Из наиболее распространенных щелочных электролитов для цинкования являются цианистые.

Состав цианистого электролита: ZnO окись цинка 40-45 г/л; NaCN цианистый натрий 80-90 г/л; NaOH натрий едкий 75-95 г/л; Na_2S сернистый натрий 0,1-0,3 г/л.

Катодная поляризация в цианистых электролитах весьма значительна, что является одной из причин, обуславливающих высокую рассеивающую способность. В цианистых электролитах наносимое покрытие имеет мелкозернистую структуру. Высокая рассеивающая способность цианистых электролитов позволяет их использовать для нанесения качественных покрытий на детали сложной формы. При высокой плотности тока цианистые электролиты неустойчивы. Для цианистых электролитов характерно значительное уменьшение выхода по току с ростом плотности тока, при катодной плотности тока до 5-6 А/дм^2 выход по току падает до 50%. С повышением плотности тока увеличивается время нанесения покрытия. Из наиболее распространенных кислотных электролитов для цинкования являются: сернокислый и аммиакатный.

Состав сернокислого электролита: $ZnSO_4$ сернокислый цинк 200-300 г/л; $Al_2(SO_4)_3$ алюминий сернокислый 30 г/л; Na_2SO_4 сернокислый натрий 50-100 г/л; Декстрин 8-10 г/л.

Выход по току в сернокислых электролитах, как правило, близок к 100%. Вследствие ускоренного протекания анодного процесса, т.е. растворения цинковых анодов, анодный выход по току более 100%. Сернокислые электролиты рекомендуются для покрытия изделий простой формы.

Состав аммиакатного электролита: ZnO окись цинка 10-17г/л; NH_4Cl хлористый аммоний 220-240 г/л; H_3BO_3 борная кислота 20-22 г/л; жидкое стекло 1-2 г/л.

Аммиакатные электролиты по причине хорошей рассеивающей способности применяют для покрытия деталей сложной формы. В этих электролитах разряд водородных ионов очень незначительный

Вывод: Исследования износостойкости композиционных электрохимических покрытий на основе железа, полученных из хлористого электролита с добавкой порошка корунда, показали, что при наличии 4-8% (массы) включений износ покрытии снижается более чем в 4-5 раз, а коэффициент трения-с 0,1 до 0,02. Оптимальные по износостойкости и пластичности покрытия, имеющие наибольшую область когерентного рассеяния, содержали 1-6% (масс.) корунда. Такие покрытия рекомендованы для производственного использования в целях восстановления и упрочнения деталей электрических машин. Отмечается повышенная величина блоков мозаики у композиционных электрохимических покрытий по сравнению с чистыми покрытиями и большое изменение микротвердости. Проанализировав свойства наиболее распространенных электролитов, применяемых для восстановления и упрочнения посадочных мест под подшипники электрических машин, сделан вывод: качество получаемого покрытия наиболее высокое при применении хлористого железоникелевого электролита для железнения, а для цинкования аммиакатного электролита.

Литература:

1. Сайфуллин Р. С., Комбинированные электрохимические покрытия и материалы., 1972, Химик , 193с.

2.Петров Ю. Н., Восстановление деталей электролитическим железом., 1983, Кишинев, Институт прил. Физики,115с.

3. Вячеславов П. М., Электрическое осаждение сплавов , 1977, Ленинград, Машиностроение, 94с.

ЭФФЕКТИВНАЯ ПРОГРАММА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ

Пилюгин Г. А.
Научный руководитель: Петухов Р. А., ст. преподаватель
Политехнический институт СФУ, 660074, Россия, г. Красноярск, ул. Киренского, 26
E-mail: sfu_pi_pilyugin@mail.ru

Почти 25 % силовых трансформаторов (около 1500 единиц), достигли нормированного срока эксплуатации – 25 лет или приближаются к нему. Речь идет о трансформаторах 110 – 500 кВ с уменьшенными размерами изоляции, на которые нельзя распространить оптимистический опыт эксплуатации конструкции 60-х и 70-х годов, находящиеся в эксплуатации более 40 – 50 лет [1].

Согласно ФЗ №116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» силовые трансформаторы также подлежат обязательной экспертизе промышленной безопасности как технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте, к которым мы обязаны относить и энергохозяйство.

В течении эксплуатации силовых трансформаторов необходимо проводить диагностику и обслуживание с целью безопасной и безотказной работы на протяжении всего «жизненного цикла» трансформатора (25 – 30 лет). В идеальном случае, диагностика и обслуживание должны показывать медленное и постепенное старение изоляции силовых трансформаторов, которая нормально происходит во время эксплуатации. Обнаружение дефектов в начальной стадии позволяет поддерживать трансформаторы в надежной работе, помогает в определении его «жизненного цикла» и облегчает планирование замены трансформатора в эксплуатации.

Отказы трансформаторов из-за старения не превышают 10 % от общего числа, причем возникают обычно либо из-за неудачной конструкции обмоток, либо из-за ненормальных режимов. Вместе с тем проблема надежности старых трансформаторов высших классов напряжения не только существует, но и становится в последние годы определяющей.

Анализ повреждаемости показывает, что ряд трансформаторов, особенно со сниженным уровнем изоляции без специальных мер может не только не прожить, но и не дожить до нормированного срока. Главными причинами отказов являются: снижение электрической прочности изоляции из-за увлажнения, загрязнения, накопления продуктов старения; деформация обмоток под действием токов КЗ, нарушение прессовки и крепления обмоток; снижение электрической прочности внутренней изоляции вводов (особенно при воздействии коммутационных импульсов), нарушение конструкционной изоляции остова, деградация поверхности контактов РПН и отводов, также одной из причин повреждаемости является снижение импульсной прочности изоляции, приводящее к перекрытию обмоток ВН при грозовых перенапряжениях [1].

Принятые методы и критерии диагностики зачастую оказываются недостаточными для оценки фактического состояния оборудования и, тем более, для предсказания уровня его надежности на несколько лет вперед.

На основании практических данных полученных в ходе проведения экспертиз промышленной безопасности силового маслонаполненного оборудования, на объектах относящихся к I категории надежности, были определены наиболее частые дефекты трансформаторов (Рис.1.).

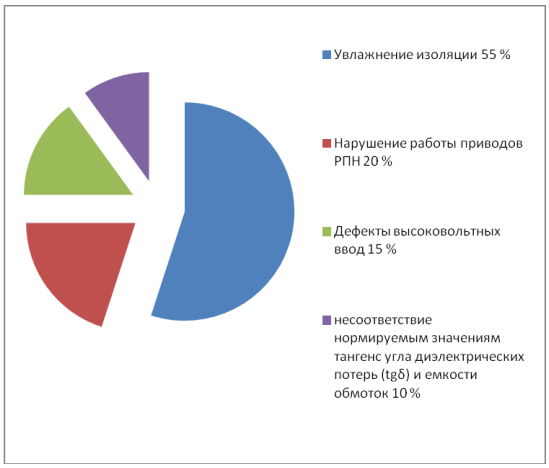


Рис. 1. Основные дефекты трансформаторов

При исследовании следующих типов трансформаторов ТДН-16000/110, ТДТН-16000/110/35, ТДН-10000/110, основными дефектами являются увлажнение изоляции, нарушение работы приводов РПН, дефекты высоковольтных вводов трансформаторов, несоответствие нормируемым значениям тангенс угла диэлектрических потерь (tg□δ) и емкости обмоток.

Эффективная программа диагностических испытаний позволяет снизить вероятность возникновения дефектов, вызывающих выход из строя силовых трансформаторов, к минимуму.

Опыт эксплуатации, а также результаты исследования моделей изоляции, в частности ее ресурсные испытания, привели к заключению, что главными факторами, определяющими надежность трансформаторов после длительной работы, является изменения обратимого характера, и для гарантированного продления срока службы прежде всего требуются диагностические испытания которые позволяют выявить дефекты и неисправности силовых трансформаторов: измерение сопротивления изоляции; измерение тангенса угла диэлектрических потерь (tg□□) изоляции обмоток; измерение емкости обмоток; измерение сопротивления обмоток постоянному току; проверка коэффициента трансформации; проверка группы соединения обмоток трехфазных трансформаторов; измерение потерь холостого хода; оценка состояния переключающих устройств; испытание бака на плотность; тепловизионный контроль состояния трансформаторов и вводов; испытание трансформаторного масла; испытание вводов; метод частичных разрядов.

Для выявления дефектов в периоды между испытаниями предлагается включить в состав эффективной программы предупредительную диагностику в реальном времени. Предупредительная диагностика позволяет постоянно оценивать состояние силовых трансформаторов, задача которой выявить увеличение избыточного давления внутри бака силовых трансформаторов [2].

Практически все повреждения трансформаторов, а в особенности повреждение изоляции и переключающих контактов РПН, вызывают образование разрядов внутри бака при работе. Разряды за счет высокой температуры разлагают изоляцию и увеличивают температуру масло в области горения, что приводит к увеличению давления внутри бака. Изменение давления при таких процессах незначительное по сравнению с короткими замыканиями внутри трансформатора, при которых резко увеличивается давление. Отследить незначительное изменение давления внутри бака силовых трансформаторов стандартными средствами газовой зажиты невозможно, ввиду их низкой чувствительности.

Для решения данной проблемы предлагается для диагностики развивающихся дефектов в реальном времени использовать индикатор давления масла встроенный в бак силового трансформатора. Принцип работы устройства для постоянного наблюдения за силовым трансформаторам основан на контроле давления масла которое определяется следующим уравнением:

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

где ρ – специфическая плотность масла;

g – гравитация;

h – высота столба масла.

Индикатор давления масла устанавливается на месте вентиля для слива трансформаторного масла.

Эффективная программа в комплексе с постоянным контролем позволяет снизить скорость последующего ухудшения состояния изоляции силовых трансформаторов, и свести вероятность выхода из строя к минимуму. В настоящее время силовые трансформатор занимают одно из первых мест, как оборудование без которого не возможно осуществлять работу энергохозяйства. С это точки зрения обязательная диагностика позволит контролировать состояние работы силовых трансформаторов на всем сроке службы. Задача плановой диагностики выявить состояние силового трансформатора, и в случае обнаружение дефектов провести работы по их устранить, а постоянный контроль позволит повысить эффективность контроля.

На основании выше сказанного можно сделать следующий вывод, что предложенная эффективная программа диагностики маслонаполненных силовых трансформаторов обеспечит надежную и бесперебойную работу оборудования, снизит эксплуатационные затраты, и позволит автоматизировать процесс контроля состояния оборудования.

Список литературы

1. Соколов В. В., Гурин В. В. Продление срока службы силовых трансформаторов: НИЦ – «ЗТЗ-Сервис», Запорожье, 1994.

2. Боянич Б, Поляк М.: Измерительные трансформаторы – диагностика как предпосылка надежной работы: Кончар – Электротехнический институт, Загреб.

3. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".

4. "Объем и нормы испытаний электрооборудования. РД 34.45-51.300-97. шестое издание" (утв. РАО "ЕЭС России" 08.05.1997).

ИМПУЛЬСНО-ПУЧКОВОЕ ОКИСЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ВОДЕ

С.В. Ротарь, Н.С. Ермоленко, Меринова Л.Р.
Научный руководитель: Кайканов М.И., м.н.с.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
E-mail: Kaykanov@mail.ru

В статье представлены результаты исследования деструкции органических загрязнений в воде посредством воздействия импульсным сильноточным электронным пучком.

В качестве объектов исследования выбраны модельные растворы метанола и фенола при различных концентрациях: концентрация метанола в воде – до 2000 мг/л, концентрация фенола – до 200 мг/л. Данные концентрации – минимальный уровень, до которого экономически эффективно производить экстракцию данных химических соединений из воды. Дальнейшая операция деструкции указанных органических загрязнений требует применения специализированных окислительных процессов. Метанол и фенол являются канцерогенными загрязнениями воды, следовательно, актуальными являются исследования по поискам новых методов воздействия на воду, обеспечивающих эффективное окисление их в воде при малых концентрациях.

Фенол и метанол применяются во многих отраслях промышленности [1]. При этом сточные воды предприятий, использующих данные химические соединения в технологических циклах, должны содержать очень невысокие их концентрации: ПДК для сточной воды для метанола составляет 200 мг/л, для вод хозяйственно-питьевого пользования концентрация метанола составляет 3 мг/л; для фенола в воде фенольный индекс составляет 0,25 мг/л [2].

Существуют различные способы деструкции органических загрязнений в водных растворах. Один из наиболее распространенных методов снижения их концентрации – биологическая очистка, которая позволяет снизить концентрацию органики до уровня ПДК для вод рыбохозяйственного водопользования. Однако биологическая очистка малоэффективна при повышенных концентрациях органических загрязнений в воде, поэтому она применяется как метод доочистки воды от органики.

При высоких исходных концентрациях фенола или метанола наиболее часто применяется способ каталитического окисления органики в сточных водах [3]. Температура каталитической деструкции органических загрязнений составляет 380-450 ^{o}C. Поэтому процесс является энергоемким, катализаторы, представленные соединениями меди, хрома, железа, алюминия и т.п., являются расходными материалами процесса.

В работе [3] для окисления метанола в воде предлагается использовать Xe_2- и KrCl-эксилампы барьерного разряда. В то же время, без добавления дополнительных химических реагентов изменения концентрации метанола зафиксировано не было.

Таким образом, создание ресурсоэффективной технологии окисления органических загрязнений в промышленных сточных водах предприятий не требующей применения повышенных температур и дополнительных химически- активных реагентов является актуальной.

В экспериментах, результаты которых представлены в данной статье, в качестве источника ионизирующего излучения использовался импульсный сильноточный электронный ускоритель «АСТРА-М» [4].

Параметры ускорителя: длительность импульса ускоряющего напряжения 300 нс, амплитуда ускоряющего напряжения 400÷450 кВ, длительность импульса тока выведенного электронного пучка 100 нс на полувысоте, амплитуда тока выведенного электронного пучка до 1,5 кА, энергия сформированного электронного пучка 10 Дж.

Воздействие импульсного сильноточного электронного пучка на водный раствор метанола приводит к радиолизу воды, в результате которого образуются химически активные соединения, основные из которых: гидратированный электрон e^-_{aq}, атомарный водород *H*, перекись водорода, гидроксильный OH*-радикал[5].

На рисунке 1 представлено изменение содержания метанола в растворе в зависимости от поглощенной дозы электронного пучка при исходной концентрации метилового спирта 750 мг/л.

Высокая степень деструкции метанола в воде происходит при дозе 1,5 Мрад. Далее скорость окисления снижается, но, тем не менее, достигает значения 10 мг/л при дозе 4 Мрад. Снижение концентрации до ПДК для сточных вод 200 мг/л наблюдается при дозе порядка 1 Мрад. При дозе 2 Мрад содержание метанола снизилось до 51 мг/л, что соответствует эффективности очистки 93 %. Величина максимально допустимой концентрации метанола в воде для применения биологической очистки 30 мг/л достигается при дозе порядка 3 Мрад. Следующий эксперимент был проведен при пониженной концентрации метанола в воде - 70 мг/л. На рисунке 3 представлены полученные результаты.

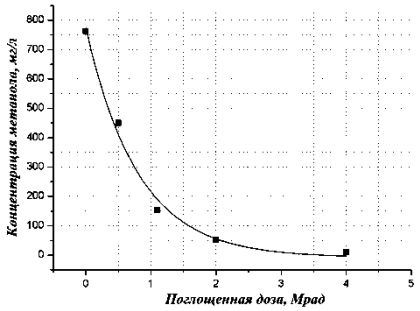


Рисунок 1. Зависимость концентрации метанола от поглощенной дозы при исходной концентрации 750 мг/л.

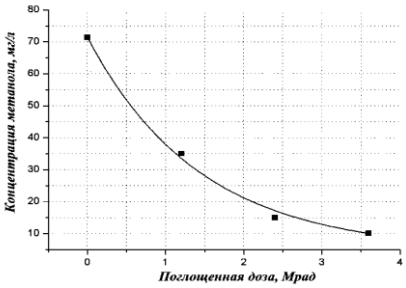


Рисунок 2. Зависимость концентрации метанола от поглощенной дозы при исходной концентрации 70 мг/л.

Пониженное содержание метанола в исходном растворе существенно не влияет на характер воздействия импульсного сильноточного электронного пучка: степень удаления метанола нелинейно зависит от поглощенной дозы. Содержание остаточного метанола в растворе после поглощения дозы 3,6 Мрад составило порядка 10 мг/л, что соответствует эффективности удаления метанола 86 %.

На рисунке 3 представлено изменение концентрации содержания фенола в воде при исходной концентрации 80 мг/л (1 моль/л). При изменении содержании фенола с 80 до 20 мг/л, что соответствует поглощенной дозе электронного пучка 0,5 Мрад, кинетика окисления фенола имеет псевдо-нулевой характер. Далее скорость реакции уменьшается, однако окисление фенола происходит до значений менее 0,1 мг/л при дозе 4 Мрад. Эффективное окисление фенола составила 94% при дозе 1,5 Мрад.

Повышение исходной концентрации фенола в воде до 200 мг/л (2,1 ммоль/л) приводит к повышению поглощенной дозы электронного

пучка (рис.4), необходимой для окисления имеющихся в воде субстратов. При дозе 1,5 Мрад происходит снижение концентрации фенола с 200 до 25 мг/л, что соответствует эффективности очистки 88 %.

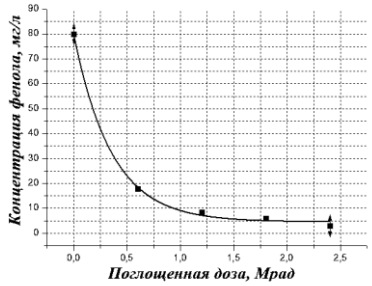


Рисунок 3. Зависимость концентрации фенола в воде от поглощенной дозы при исходной концентрации 90 мг/л.

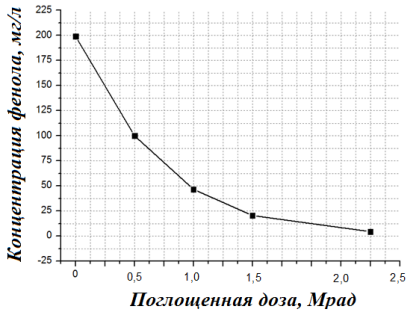


Рисунок 4. Зависимость концентрации фенола в воде от поглощенной дозы э при исходной концентрации 200 мг/л.

Заключение. В результате проведенных исследований показано, что посредством воздействия импульсного сильноточного электронного пучка на водные растворы органических соединений возможно проведение их интенсивного окисления без применения дополнительных химических реагентов, при повышенной температурой и высокой степенью эффективности.

Список литературы:

1. Р.В. Галиулин и др. Защита окружающей среды в газовой промышленности.// Вестник РАН.- 2009.- Т.79.- №11.- С. 996-999

2. Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно- питьевого и культурно бытового водопользования. - М.: Минздрав России, 1998 . - 126 с.

3. Медведев Ю.В. и др. Облучение метанольных растворов Xe2- и KrCl-эксилампами барьерного разряда.// Газовая промышленность.- 2005.- №2.- С. 63-65

4. Ремнев Г.Е. и др. Исследование генерации импульсного электронного пучка в частотном режиме работы ускорителя // Известия вузов. Физика. – 2011. – № 11/3. – С. 74 – 80

5. Пикаев А.К. и др. Импульсный радиолиз и его применение/ М.: Атомзидат. – 1980. – 280 с.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НА КИРПИЧНОМ ЗАВОДЕ

Терёхина Ю.В.
Научный руководитель: Котляр В. Д., к.т.н., доцент
Ростовский государственный строительный университет
Россия, г. Ростов – на – Дону, ул. Социалистическая, 162
E-mail: yuliya-2209@mail.ru

Система управления качеством продукции – это совокупность управляющих органов и объектов управления, взаимодействующих при управлении качеством продукции с помощью материально-технических и информационных средств.

Системное управление качеством продукции является основой для комплексного управления качеством и позволяет:

- установить прямую связь между технологией обеспечения качества и требованиями, предъявляемыми к качеству продукции (техническими, технологическими, информационными);
- определить и сформировать процедуры и органы управления, обеспечивая тем самым основу для уравновешивания требований и технологии;
- учесть весь комплекс взаимосвязанной деятельности по схеме «человек – машина - информация»;
- установить действие «обратной связи», на основе которой оценивается эффективность всей системы;
- определить структуру необходимой системы качества;
- обеспечить постоянный контроль работ системы качества.

Задачами системного управления качеством являются:

1) определение политики и конкретных целей в области качества;

2) ориентация на требования потребителя;

3) проведение необходимых мероприятий, обеспечивающих выполнение поставленных задач;

4) взаимоувязка всей деятельности предприятия;

четкая постановка задач перед каждым работником предприятия по достижению заданного уровня качества;

5) контроль поставщика и его продукции;

6) определение аппаратуры и средств для контроля качества;

7) обеспечение эффективных информационных данных о качестве и его контроле;

8) ориентация на производство продукции высокого качества, стимулирование качества и обучение работников;

9) сокращение расходов на качество;

10) определение показателей качества;

11) постоянный контроль за работой по обеспечению опережающей и обратной информации;

12) анализ результатов и их сопоставление со стандартами.

Современные системы управления качеством и эффективность их применения основываются на следующем:

- управлении качеством продукции, знании методологии и терминологии, связанных с управлением качеством;
- принципах технического регулирования, технических регламентов как нормативных документов, подтверждения соответствия и сертификации как документального удостоверения соответствия продукции требованиям технических регламентов;
- стандартизации, основных категориях и видах нормативно-технических документов, законодательной базе стандартизации и управления качеством продукции;
- метрологии, методах и средствах измерений и их метрологических характеристиках;
- принципах квалиметрии и методах оценки качества продукции;
- применении статистических методов контроля для управления качеством продукции;
- сертификации, ее законодательной базе, основных условиях и принципах сертификации [1].

В настоящее время при создании системы управления качеством на действующем кирпичном заводе ООО «Тандем-ВП» ориентируются на всё вышеперечисленное, а также акцент делается на следующие направления:

1) на обеспечение эффективности работы всего предприятия, а не только рабочих, непосредственно занятых в производстве кирпича;

2) на объединение усилий бизнеса, ученого и инженера в одном направлении;

3) на обеспечении позитивного подхода к проблемам потребления (недоучет роли потребителя неизбежно ведет к появлению новых диспропорций в системе «производство - потребление»);

4) на рациональное использование энергии и материалов, снижение отходов производства и более эффективное использование ресурсов;

5) на ориентирование на национальные рынки.

В условиях любого производства с целью выпуска продукции высокого качества необходимо эффективно управлять производственными процессами и обеспечить контроль пределов характеристик изделия, в рамках которых произведенная продукция удовлетворяет своему предназначению.

Система контроля качества (СКК) – это совокупность средств контроля и исполнителей, взаимодействующих с объектом по правилам, установленным соответствующей документацией.

Организация СКК базируется на следующих принципах:

- СКК является неотъемлемой частью производственного процесса и разрабатывается одновременно с разработкой технологии с обязательной фиксацией в утвержденных технологических процессах;
- СКК разрабатывается на основе системного подхода, т.е. применения взаимоувязанных между собой научных, технических, экономических и организационных мер, охватывающих все стадии от разработки до утилизации продукции и направленных на обеспечение качества продукции;
- органы СКК независимы от производственного персонала. Условия выполнения этого принципа – поддержка всех распоряжений начальника ОТК руководством предприятия;
- СКК должна обеспечивать активное воздействие на ход технологического процесса, чтобы исключать возможность получения и, особенно, повторения производственного брака;
- требования нормативных документов, регламентирующих уровень качества продукции, рассматривается как норматив, подлежащий безоговорочному исполнению всеми работниками предприятия;
- эффективность СКК обеспечивается постоянно действующей на предприятии системой стимулирования за выполнение показателей качества в виде материальных, административных и других мер [2].

Система контроля качества на предприятии состоит из следующих элементов:

1) актуализированная нормативная документация (ГОСТ, СНиП, ТУ, ТР);
2) испытательное оборудование и средства измерения;
3) квалифицированный персонал;
4) документация по качеству.

Организация системы контроля качества на ООО «Тандем-ВП» включает в себя:

- формирование штата заводской испытательной лаборатории и введение на производстве должности начальника лаборатории, лаборанта, инженера ОТК;
- строительство корпуса лаборатории;
- разработку нормативной документации, регламентирующей требования к качеству сырья, готовой продукции, методам испытаний;
- приобретение и поверку средств измерений, составление графиков поверки средств измерения, утверждение их в ФГУ Ростовском ЦСМ;
- покупку испытательного оборудования (приборов, приспособлений, обеспечивающих возможность проведения испытаний сырья, готовой продукции на соответствие требованиям нормативной документации);
- организация входного контроля сырья, операционного контроля производственных процессов, приемочного контроля готовой продукции;
- заключение договора о проведении приемосдаточных испытаний на морозостойкость и теплопроводность с аккредитованным испытательным центром.

Вся нормативная документация, используемая в работе предприятия, должна быть актуализирована и доступна для персонала.

При создании системы управления качеством при производстве кирпича керамического было составлено «дерево свойств» базового изделия для эффективной проработки мероприятий по организации и управлению контролем качества на ООО «Тандем-ВП», где были отражены показатели качества.

Показатель качества продукции – это количественная характеристика ее свойств, рассматриваемых применительно к определенным условиям создания и эксплуатации или применения продукции. В общей совокупности показателей качества продукции выделяют единичные и комплексные показатели, характеризующие ее свойства, а также обобщающие показатели, выражающие уровень ее качества.При оценке качества продукции используются следующие основные группы показателей качества:

- показатели назначения, характеризующие полезный эффект от эксплуатации и использования продукции и обуславливающие область ее применения;
- показатели надежности и долговечности, характеризующие свойства надежности и долговечности изделий в конкретных условиях их использования;
- эстетические показатели, характеризующие такие свойства продукции, как выразительность, оригинальность, гармоничность, целостность, соответствие среде и стилю и т.п.;
- экономические показатели, отражающие затраты на разработку, изготовление и эксплуатацию (или потребление) продукции, а также экономическую эффективность эксплуатации.

В настоящее время кроме перечисленных выше традиционных групп показателей при оценке технического уровня и качества продукции используются также экологические показатели, показатели безопасности и транспортабельности продукции, показатели однородности продукции [3].

Список литературы:

1. Бузов Б.А. Управление качеством продукции. Технический регламент, стандартизация и сертификация: учебное пособие для вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 176 с.

2. Ильенкова С.Д., Ильенкова Н.Д., Мхитарян В.С. и др. Управление качеством. Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 334с.

3. .Бурчакова М.А., Мизинцева М.Ф. Управление качеством - М.:РУДН,2004.-200 с.: ил.

ПРИБОР КОНТРОЛЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ИЗОЛИРУЮЩИХ РЕСПИРАТОРОВ

Н.А. Тимошенков. П.А. Новосёлов
Научный руководитель: Кулешов В.К. д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: bignik87@mail.ru

В определённых условиях человеческой деятельности при ликвидации техногенных аварий, пожаров, проведении спасательных работ необходимы приборы обеспечивающие безопасную работы человека в таких условиях и оперативное информирование спасателей о текущей обстановке в процессе работы.

В настоящее время при ликвидации аварийных ситуаций пожарными, горноспасателями, используются изолирующие средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) на сжатом воздухе, на сжатом кислороде, на химически-связанном кислороде.

В СИЗОД на химически-связанном кислороде существует острая необходимость в сигнальном устройстве, т.к. в качестве источника дыхания используется кислород, образованный из химических соединений, что, в свою очередь создаёт определённые сложности в контроле остаточного ресурса регенеративного патрона. Эта задача решена нами путём установкой в магистраль дыхания миниатюрного датчика отработки измеряющего интенсивность массового расхода и его интенсивность за единицу времени и вычислять остаточный ресурс регенеративных патронов изолирующих респираторов на химически связанном кислороде (РХ-90Т, ПДУ-3, СПИ-50 и т.д.), создавая минимальное сопротивление дыханию. Также такой датчик может контролировать наличие и интенсивность дыхания человека включённого в изолирующий респиратор на сжатом воздухе (Урал-10, АП Омега, Спироматик QS II и т.д.) и информировать человека о расчётном времени работы и остаточном ресурсе баллона респиратора.

Для решения задач контроля ресурса в респираторах на сжатом воздухе и кислороде в ОАО «Манотомь» было разработано устройство сигнальное УС-1 (рис.1). Применялось в составе респиратора изолирующего Урал-10. Состоит из основного блока (1) измеряющего давление в баллоне респиратора, выносного блока (2) индицирующего значение давления и заряда батарей питания, электромеханического датчика воздушного потока (3). Маркировка по взрывозащите «1ExdiaIICT4», время автономной работы до 10 часов, в режиме ожидания (режим пониженного энергопотребления) 720 ч (30 сут.), масса устройства с элементами питания 0,9 кг.

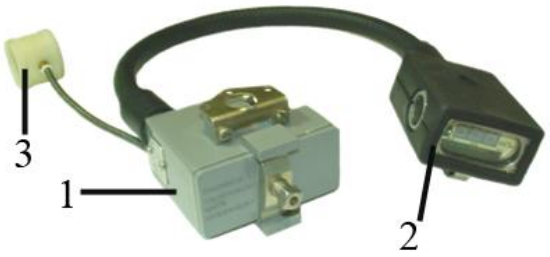


Рис.1. Устройство сигнальное УС-1.



Рис. 2. Макетный образец устройства сигнального УС-2

На замену УС-1 разрабатывается прибор УС-2 с функцией контроля остаточного ресурса СИЗОД на химически-связанном кислороде, беспроводной связью между блоками устройства. Электромеханический датчик дыхания заменён электронным, имеющим минимальное сопротивлению дыхания и лишенным движущихся частей (макетные образцы электронных датчиков отработки (рис.3)). Разработан беспроводной звуковой модуль (3), устанавливающийся непосредственно в защитную каску пользователя и осуществляющий голосовое информирование об остаточном ресурсе баллона респиратора и системных событиях. Основным блоком (1) осуществляется измерение значения давления в баллоне, контроль интенсивности и глубины дыхания. Беспроводной, выносной блок (2) отображает значения давления в баллоне респиратора, уровень заряда элементов питания. Осуществляется световое и звуковое информирование пользователя включенного в респиратор.

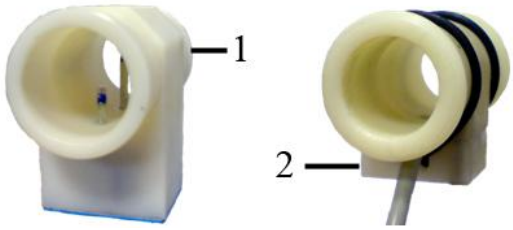


Рис.3. Макетные образцы датчиков дыхания-отработки.

Макетный образец резистивного датчика дыхания-отработки (1). Испытывался на производственной базе ОАО «Манотомь». Измерения проводились при температурах от -40^0 С до +70^0 С, для получения температурной и токовой зависимости нагревательного терморезистора. Измерения проводились только для нагревательного терморезистора (компенсирующий резистор закорочен) при изменение тока от 5 мА до 25 мА. Проводились измерения времени восстановления терморезистора при переключении с одного граничного тока на другой, для определения инерционности терморезистора.

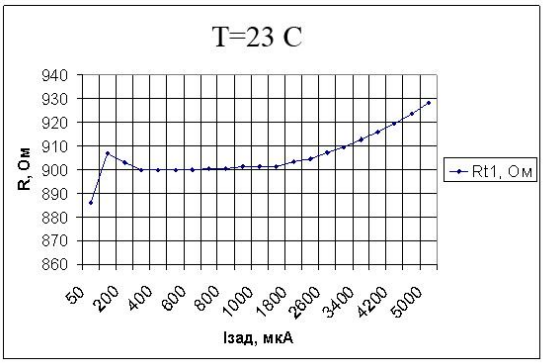


Рис.3. Зависимость сопротивлений терморезисторов от задаваемого тока при нормальных условиях Т=23 ^{o}С

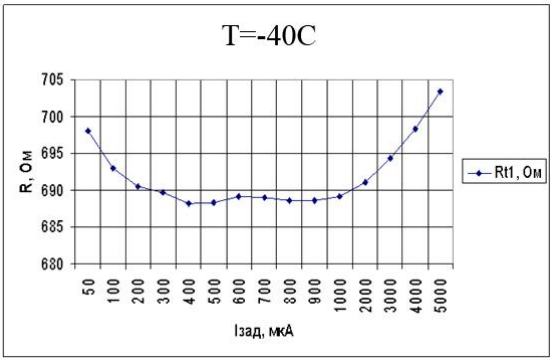


Рис.4. Зависимость сопротивлений терморезисторов от задаваемого тока, Т=-40 ^{o}С

Макетный образец бесконтактного датчика дыхания-отработки (2), прошёл предварительные испытания в ОАО «Росхимзащита» г. Тамбов. Результаты испытаний: масса датчика с электронным блоком 163 г., сопротивление датчика при легочной вентиляции 35 дм^3/мин составило 40 Па, при легочной вентиляции 70 дм^3/мин – 110 Па, калибровка и испытания датчика, на установке Quaestor automatic фирмы Dräger, при режимах лёгочной вентиляции от 10 до 70 дм^3/мин, показала, что датчик имеет достаточную чувствительность к изменению воздушного потока позволяющую суммировать значения лёгочной вентиляции при различных режимах работы (нагрузки), суммирование лёгочной вентиляции при всех тестовых режимах (от 10 до 70 дм^3/мин) за периоды времени 2 и 5 мин показало, что имеется погрешность в пределах 10 – 12 %. Изготовленные макетные образцы позволяют измерять наличие, интенсивность и глубину вдоха для расчёта остаточного ресурса регенеративных патронов изолирующих респираторов.

Также, в рамках исследований датчиков отработки была создана установка «Искусственные лёгкие» (рис. 5) для наработки, испытания и калибровки датчиков дыхания-отработки. Позволяет имитировать процесс вдоха-выдоха с диапазоном имитируемой лёгочной вентиляции от 30 дм^3/мин до 150 дм^3/мин. Имеет интерфейс RS-232 для связи с компьютером. Текущие значения измеряемых параметров индицируются на ЖКИ дисплее электронного блока.



Рис. 5. Установка «Искусственные лёгкие».

Список литературы:

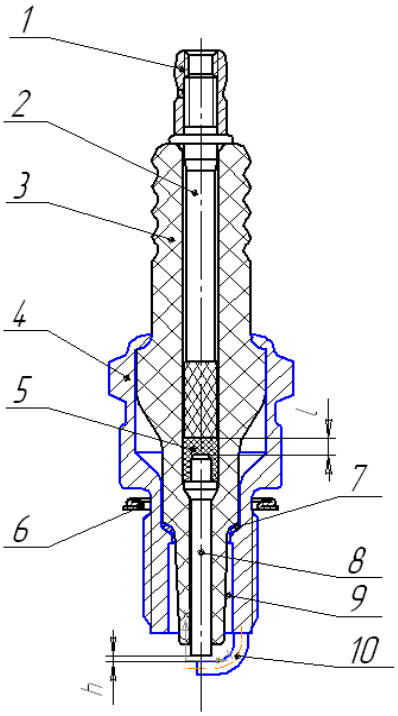
1) УС-1, руководство по эксплуатации.

2) Шумский И.А. «Умные» Сенсоры физических величин – ближайшее будущее // Контрольно–измерительные приборы и системы, 2000. № 2.

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ АВТОМОБИЛЬНЫХ СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ

Филонина Е.А.
Научный руководитель: Ильин А.Н., к.т.н., доцент
ФГБОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет,
450000, Россия, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12
E-mail: filonina.ea@gmail.com

Свечи являются важнейшим элементом систем зажигания двигателей внутреннего сгорания. Они предназначены для воспламенения горючей смеси в цилиндрах при помощи искрового разряда. При всем разнообразии конструкций, любая свеча зажигания (рис. 1) включает в себя керамический изолятор, металлический корпус, электроды и контактную головку для соединения с высоковольтным проводом.



1 – контактная гайка;
2 – контактный стержень;
3 – керамический изолятор;
4 – металлический корпус;
5 – резистивный стеклогерметик;
6 – уплотнительное кольцо;
7 – теплоотводящая шайба;
8 – центральный электрод;
9 – рабочая камера; 10 – боковой электрод;
h – искровой зазор; *l* – высота пробки герметика.

Рис. 1. Устройство свечи зажигания

Сердечник устанавливают в корпусе свечи так, что он соприкасается своей конической поверхностью с соответствующей поверхностью внутри корпуса. Между этими поверхностями устанавливают «теплоотводящую» шайбу из меди или стали.

Боковой электрод «массы» прямоугольного сечения приваривают к торцу корпуса и изгибают в сторону центрального электрода. На цоколь корпуса с упором в плоскую опорную поверхность устанавливают уплотнительное кольцо, предназначенное для герметизации соединения свеча–двигатель.

Центральный электрод устанавливается в канале изолятора, имеющем переменный диаметр. Головка электрода опирается на коническую поверхность канала изолятора в месте перехода от большего диаметра к меньшему. Закрепление электрода в канале изолятора и герметизацию этого соединения осуществляют с использованием стеклогерметика. Он представляет собой смесь специального технического стекла и порошка металла. Связкой в герметике является стеклофритта, она обусловливает герметичность. Основными элементами, обеспечивающими электрическое сопротивление, являются карбид бора и карбид кремния.

После остывания герметизирующая пробка приобретает электрическое сопротивление, величина которого подбирается конструкторами и технологами эмпирическим путем на стадии изготовления опытных образцов.

Электрическое сопротивление герметика необходимо контролировать на всех стадиях испытаний свечей зажигания, поскольку наблюдается его нестабильность в процессе производства. Поэтому выявление ее причин является актуальной задачей для управления качеством свечей зажигания и прохождения дальнейших сертификационных процедур.

В данной работе анализируются возможные причины проявления нестабильности свойств стеклогерметика в процессе серийного производства на стадиях проектирования и изготовления свечей зажигания. Для анализа использовались данные о конструкциях свечей зажигания, местах расположения герметика и его геометрии, а также технологический процесс изготовления свечей.

Анализ конструкторской документации показал, что наблюдаются колебания высоты пробки герметика *l* (рис. 1). Для выявления величины этих колебаний были изготовлены три образца свечей зажигания с использованием герметика одной партии с различными величной высотой пробки. Образцы были рентгенографированы в двух взаимно ортогональных проекциях (рис. 2 а, б). Измерение электрического сопротивления образцов позволило

выявить линейную зависимость сопротивления от высоты пробки герметика *l*. Этот факт дал основание полагать, что резистивный герметик можно рассматривать как сопротивление с точки зрения классической физики и электротехники, следовательно, к нему применима формула (1):

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (1)$$

где l – высота пробки стеклогерметика;

S – площадь пробки стеклогерметика;

ρ – коэффициент, обусловливающий резистивные свойства герметика в зависимости от состава входящих в него компонентов.

Поскольку

$$S = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (2)$$

где d – диаметр пробки стеклогерметика;

$$R = \frac{4\rho l}{\pi d^2}, \quad (3)$$

Таким образом,

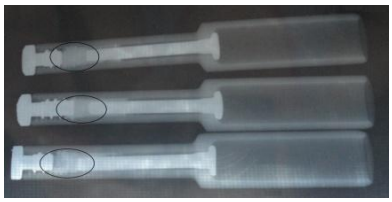
$$R = f(\rho; l), \quad (4)$$

Следовательно, электрическое сопротивление свечи зажигания зависит от высоты пробки резистивного герметика и его компонентного состава. Высота пробки герметика в нормативно-технической документации не регламентируется (*l=var)*, она устанавливается в результате расчета размерных цепей.

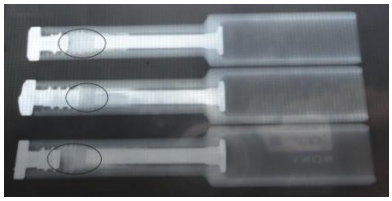
Для оценки влияния размера *l* на электрическое сопротивление *R* проведено рентгенографирование изготовленных образцов с различной высотой пробки (рис. 2) и выполнен замер активного сопротивления. Вычисление коэффициента ρ при известных значениях сопротивления, а также диаметра и высоты пробки герметика проводилось по формуле (5):

$$\rho = \frac{R\pi d^2}{4l}, \quad (5)$$

Как видно из рис. 2, высота расположения резистивного герметика относительно рабочего торца различна, что обусловливает различное температурное влияние при работе на одних и тех же двигателях. Свечи с более высоким расположением резистивного герметика будут находиться в более благоприятных условиях, т.е. будут менее термически нагруженными, следовательно, разброс (изменение) электрического сопротивления, вызванный температурным фактором будет меньшим. Таким образом, можно определить оптимальное месторасположение резистивного герметика в сердечнике.



а) проекция 1



б) проекция 2

Рис. 2. Рентгенографические снимки свечей зажигания
(на снимках отмечен резистивный стеклогерметик)

Стабилизация высоты пробки герметика является важной задачей. Если размер *l* стабилизирован (*l=const*), а *ρ=var*, то *R=f(ρ)*, а коэффициент ρ в свою очередь зависит от температуры. На стадии производства наблюдаются отклонения электрического сопротивления герметика *R* от заданного значения, что связано с колебаниями состава входящих в него компонентов. Отклонения сопротивления возрастают при изменении партии герметика, а также при изменении его компонентного состава. До настоящего времени необходимая величина электрического сопротивления резистивного герметика достигалась путем изменения его химического состава. Правильный выбор геометрических размеров пробки герметика позволяет снизить нестабильность электрического сопротивления.

Решение поставленной задачи позволяет прогнозировать свойства свечей, а также производить их своевременную корректировку, что является важным условием для успешного прохождения приемочных, периодических и типовых испытаний, регламентируемых нормативными документами данной отрасли.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 53842-2010. Детали автомобильные. Свечи зажигания искровые. Технические требования и методы испытаний. - Введ. 2010-09-15. - М. : Стандартинформ, 2010. - 43 с.

2. Басс Б. А. Свечи зажигания. Краткий справочник. – М. : ЗАО КЖИ «За рулем», 2002. – 120 с. : ил., табл. - ISBN 5-85907-320-8.

3. Свеча зажигания как решающий фактор оптимальной работы и надежной эксплуатации бензинового двигателя [Текст] // Автотранспорт: эксплуатация, обслуживание, ремонт. – 2011. – № 5. – С. 24-294 фот. – ISSN 2074-6776.

4. http://www.injector.ua/html

МОБИЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РУКОВОДСТВ

Хакимуллина А.С., Макарушкин Д.В., Халлыев И.А.
Научный руководитель: Богданов А.Н.
Казанский Государственный Энергетический университет, 420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51
E-mail: kete-chan@mail.ru

Электронное представление информации об изделии уже давно стало нормой. Еще в начале 80-х годов в автоматизированных системах эксплуатации изделий сложной техники появились программно-методические комплексы, называемые интерактивными электронными техническими руководствами (ИЭТР) и предназначенные для обучения обслуживающего персонала, проведения регламентных работ, диагностики неисправностей и т.п.

Интерактивные электронные технические руководства (ИЭТР) - это программные продукты, в которых представлен структурированный комплекс взаимоувязанных технических данных, содержащих сведения по устройству, описанию принципов работы, правилам использования, обслуживания и ремонта, а также другую информацию.

В настоящее время разработка ИЭТР для изделий является актуальной задачей. Это обусловлено количеством и сложностью оборудования. Насыщенность изделий средствами автоматизации, электронно-вычислительной техникой и т.д. требуют повышенного внимания к квалификации обслуживающего персонала. Еще одной особенностью вопроса создания ИЭТР придает то обстоятельство, что отечественные производители высокотехнологичных изделий, поставляющие свои изделия на внешний рынок, вынуждены сопровождать ее электронной версией документации, выполненной по международным стандартам. Очевидно, что поставка за рубеж готового изделия с большим объемом традиционной бумажной документации существенно снижает его конкурентоспособность, поскольку делает невозможным взаимодействие с автоматизированными системами материально-технического снабжения.

ИЭТР включает в себя базу данных (БД) и электронную систему отображения (ЭСО).

База данных ИЭТР это хранилище всей информации об изделии. Она имеет структуру, позволяющую пользователю быстро получить доступ к нужной текстовой и графической информации, а также данным в мультимедийной форме (аудио- и видеоданные).

ЭСО необходима для визуализации данных и обеспечения интерактивного взаимодействия с пользователем. Информация в ИЭТР может быть дана в виде текста, графических изображений, 3D-моделей, анимации, аудио- и видеороликов. Использование аудио- и видеоданных позволяет наглядно показать выполнение любой операции, по обслуживанию или ремонту изделия. При помощи анимации можно увидеть работу систем и механизмов, недоступную на видео. В этом случае возможно автоматическое обновление информации в базе данных ИЭТР, связанное с изменением самого изделия или технологии его эксплуатации, непосредственное получение консультаций в сервисных центрах изготовителя, а также заказ запасных частей и комплектующих.

Активное развитие мобильных платформ и информационных технологий создало возможность электронного сопровождения процессов запуска в работу, обслуживания и ремонта оборудования в режиме реального времени. Благодаря этому персонал сможет получить всю необходимую информацию с любого мобильного устройства с установленным приложением или с доступом к интернету, отбрасывая необходимость обращения к отдаленному компьютеру.

С каждым годом количество продаж различных мобильных устройств (телефонов, смартфонов, карманных компьютеров, планшетов) неумолимо растет (рис. 1).

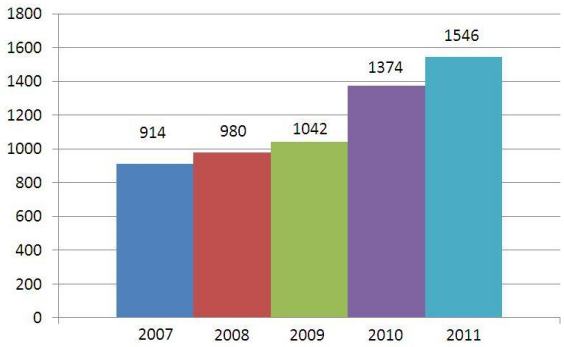


Рис. 1. Мировой объем продаж мобильных телефонов, млн. штук.

В последние годы наибольшей популярностью пользуются смартфоны с продвинутыми операционными системами (табл. 1), дающие возможность создания и использования приложений на разных языках программирования.

Используемые программы для разработки приложений для различных операционных систем:

1. Google Android:
   - Плагин Android Development Tools (ADT), предназначенный для Eclipse версий;
   - дополнение к ADT – Android Native Development Kit (NDK) – поддерживает языки программирования C/C++;

- IntelliJ IDEA – поддерживает языки программирования Java, JavaScript, Python, CoffeeScript, Groovy, HTML/XHTML/CSS, XML/XSL, ActionScript/MXML, Ruby/Jruby, SQL, PHP;
- NetBeans IDE – поддерживает языки программирования Java, JavaFX, Python, PHP, JavaScript, C++, Ада и ряд других.

2. Apple iOS:

- Xcode (поддерживает языки C, C++, Objective-C, Objective-C++, Java, AppleScript, Python и Ruby с различными моделями программирования, включая Cocoa, Carbon и Java) для Mac;
- Codea для iPad.

3. BlackBerry:

- BBX-OS (поддерживает языки C/C++ и HTML5);
- BlackBerry WebWorks;
- Native SDK.

4. Bada:

- Основной язык разработки приложений – C++, имеется поддержка Java.

5. Windows Phone:

- .NET Framework поддерживает создание программ, написанных на разных языках программирования;
- Windows Phone SDK – единственный поддерживаемый язык программирования C#.

6. Symbian OS:

- Основной язык разработки приложений – C++, имеется поддержка Java.
- библиотеки PIPS для портирования приложений с других ОС.

Таблица 1. Соотношение проданных смартфонов на определенных ОС за периоды в процентах

Платформы	4 кв. 2007	4 кв. 2008	4 кв. 2009	4 кв. 2011	3 кв. 2012
Apple (iOS)	5,2	9,6	15,1	23,8	13,9
Google (Android)	—	0,5	4,7	50,9	72,4
Microsoft (Windows Phone)	11,9	13,9	8,8	1,9	2,4
Nokia (Symbian OS)	62,3	52,4	47,2	11,7	2,4
RIM (BlackBerry OS)	10,9	16,5	20,8	8,8	5,3
Samsung (Bada)	—	—	0,1	2,7	3,0
Прочие (Palm OS, Maemo, Openmoko, LiMo)	9,6	7,2	3,4	0,8	0,97

Так же, как и новейшие платформы (например, Apple) имеют так называемые магазины приложений, ИЭТР могут иметь собственную базу, доступ к которой будет обеспечиваться через интернет. Каждое предприятие будет иметь свою собственную базу – это будет обеспечивать защиту информации. Таким образом, имея в мобильном устройстве доступ к интернету и право доступа к определенной базе, можно скачать необходимое руководство.

В настоящее время портирование ИЭТР на мобильные устройства имеет только опытный характер. На данный момент существует лишь пара простых образцов, один из них – модель строения человека (рис. 2).

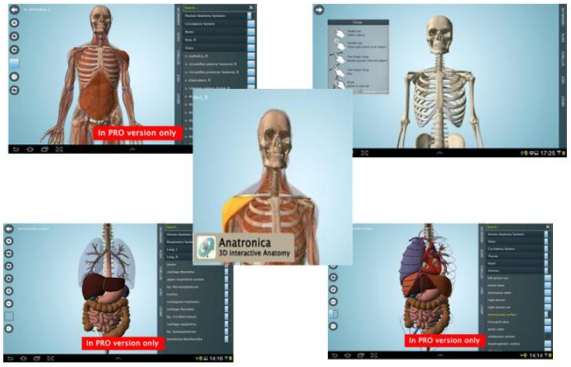


Рис. 2. Anatomy 3D - Anatronica

Преимущества использования ИЭТР обусловлены самой логикой научно-технического развития: новая форма технических руководств - это реакция на постоянно увеличивающуюся сложность технических средств. Развитие мобильных устройств и приложений, доступность интернета открывают новые перспективы для технических руководств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. К.В. Балдин, С.Н. Воробьев, В.Б. Уткин. Управленческие решения – М.: Дашков и К, 2006. – 496 с.

2. Войнов И.В., Пудовкина С.Г. ,Телегин А.И. Моделирование экономических систем и процессов – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 392с.

3. Дик В.В. Информационные системы в экономике – М.: Финансы и статистика, 2007. – 452с.

4. Корнеев И.К., Ксандопуло Г.Н., Машурцев В.А. Информационные технологии в управлении – М.: 2009. – 224 с.

5. Орлова М.В. Информационные системы в экономике: учебное пособие – Воронеж: 2005. – 32с.

6. С.Н. Колесников, Стратегии бизнеса: управление ресурсами и запасами – М.: Статус-Кво 97, 2009 - 402с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ РАЗРЫВОВ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВЕРХОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Е.С.Хапова, Е.А.Халдина
Научный руководитель: В.А.Перминов, д.ф-м.н., доцент
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
E-mail: ekaterinakhapova@mail.ru

Лесной пожар — это стихийное, неуправляемое распространение огня по лесным площадям. В зависимости от того, где распространяется огонь, пожары делятся на низовые, верховые и подземные. В результате лесных пожаров ежегодно в Российской Федерации гибнет около 1 млн. га леса. Возникновение и распространение лесных пожаров зависят от различных условий (климатических: скорости ветра, температуры окружающей среды, состояния атмосферы и т.д.) рельефа местности и других факторов. Наиболее опасным видом пожаров являются верховые. На их долю приходится до 70% выгоревшей площади. Ежегодно проводится комплекс мероприятий, в том числе и профилактических, направленных на предупреждение, снижение пожарной опасности, своевременное обнаружение и ликвидацию лесных пожаров.

К таким мероприятиям можно отнести создание в лесу просеки шириной до 20 м, очищенной от горючих материалов, с минерализованной полосой или дорогой с целью организации препятствий на пути распространения лесных пожаров и создающий условия для их тушения. Это и есть так называемый противопожарный разрыв, который предназначен для остановки распространения верховых и сильных низовых лесных пожаров.

Тушение лесных пожаров требует больших затрат сил и средств, и, в подавляющем большинстве случаев, малоэффективно или невозможно. Экспериментальные методы изучения лесных пожаров являются дорогостоящими и не позволяют проводить полное физической моделирование данного явления. Представляют интерес теоретические методы исследования. Поэтому изучение данного явления с помощью метода математического моделирования помогает разработать профилактические меры по предотвращению и определению возможности возникновения лесных пожаров. Как показали исследования, метод математического моделирования позволяет адекватно описывать состояние лесного биогеоценоза и приземного слоя атмосферы при лесных пожарах.

В данной работе приводятся результаты расчетов возникновения и распространения верхового лесного пожара по осредненной по высоте полога леса двухмерной постановке, полученной на основе математической модели пожаров [1,3]. Этот метод основывался на численном решении уравнений Рейнольдса для турбулентного течения с учетом уравнений диффузии для химических компонентов и уравнений сохранения энергии для газовой и конденсированной фаз и уравнения состояния. Для получения дискретных аналогов использовался метод контрольного объема [4].

В результате численного интегрирования получены поля массовых концентраций компонентов газовой фазы, температур, объемных долей компонентов твердой фазы и других функций в расчетной области в различные моменты времени. В ходе выполнения работы исследуется такой параметр лесного массива, как размер противопожарных разрывов различного рода (просеки, дороги, поляны и т.д.). Были проведены численные расчеты для определения значений ширины разрыва, при котором пожар переходит его либо не преодолевает данный разрыв. Рассмотрены два различных вида разрывов: бесконечных размеров (дорога, просека и т.д.) и конечных размеров (например, поляна и др.).

На рисунках 1-2 представлены распределения температур, массовых концентраций кислорода и летучих продуктов пиролиза для первого типа разрыва(дорога, просека и.т.д). По данным распределениям можно сделать вывод о распространении или прекращении горения. Форма контура и динамика распространения лесного пожара определяется по значениям изотерм. В работе рассмотрены следующие случаи:

1) Пожар преодолевает разрыв.

Фронт пожара по оси X_2 в окрестности разрыва остается неизменным, а далее, преодолев разрыв, расширяется в перпендикулярном направлении (по оси X_2). На рисунках 1 -3 изображены:

а) Изотермы газовой фазы

$\bar{T}(\bar{T} = T / T_B, T_B = 300K)$:1 – 4; 2 – 3,5; 3 – 3; 4 – 2,6; 5 – 2,0; 6 – 1,5.

б) Изолинии концентрации кислорода

$\bar{C}_1$ ($\bar{C}_1 = C_1 / C_{1B} = 0{,}23$):1 – 0,1; 2 – 0,5; 3 – 0,6; 4 – 0,7; 5 – 0,8; 6 – 0,9.

в) Изолинии концентрации продуктов пиролиза $\bar{C}_2$ ($\bar{C}_2 = C_2 / C_{1B} = 0{,}23$): 1 – 0, 1; 2 – 0,05; 3 – 0,01.

2) Пожар не преодолевает разрыв.

Изотермы газовой фазы и изолинии концентраций кислорода и продуктов пиролиза равномерно распределены только до разрыва.

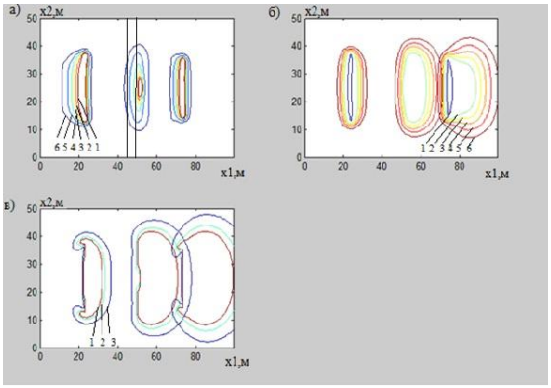


Рис.1 Распределения изолиний для случая преодолевания разрыва фронтом пожара

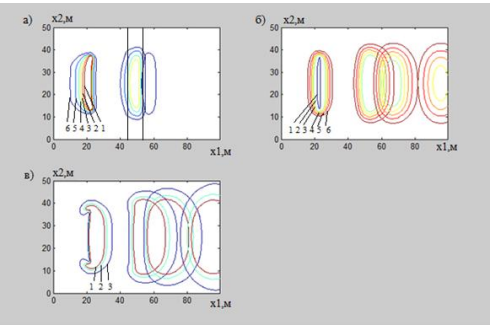


Рис.2 Распределения изолиний в случае затухания пожара

На рисунке 3 показаны результаты расчетов при распространении пожара вокруг разрыва конечных размеров (поляна и т.д.) при скорости ветра 5 м/с. Направление ветра совпадает с направлением оси X_1. Изначально источник пожара имеет форму прямоугольника. Изотермы деформируются под действием ветра, и контур лесного пожара имеет форму полумесяца (рис.3а, кривые I). Когда пожар (изотермы II на рис.3а) движется вокруг лесной поляны, он делится на две части. Но после этого два фронта пожара объединяются в единый огонь (изотермы III на рис.3*a*).

На рисунках 3*b* и 3*c* представлено распределение концентраций кислорода и горючих летучих продуктов пиролиза в этом случае.

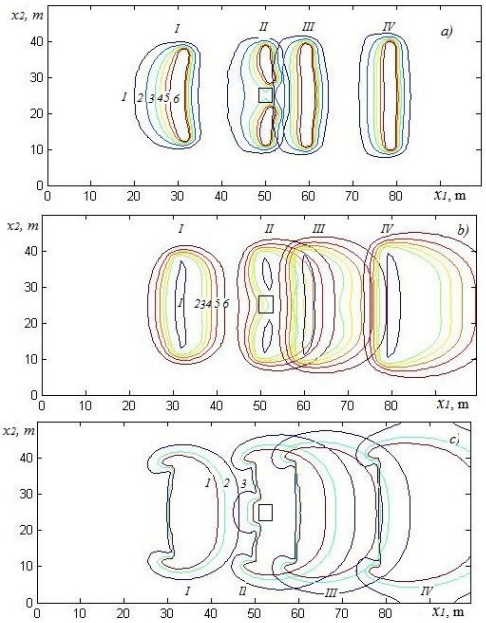


Рис.3 Распределение изотерм газовой фазы (*a*), изолиний кислорода (*b*) и летучих продуктов пиролиза (*c*).

Предложенная в работе методика может быть использована для оценки размеров противопожарных разрывов в зависимости от характеристик лесных массивов и типичных метеоусловий, реализуемых в данной местности.

Список используемой литературы

1. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. - Новосибирск: Наука, 1997-. 408 с.

2. Гришин А.М.. Грузин А.Д., Зверев В.Г. Математическая теория верховых лесных пожаров // Теплофизика лесных пожаров. - Новосибирск: ИТФ СО АН СССР. 1984. - С.38-75.

3. Perminov V. Numerical Solution of Reynolds equations for Forest Fire Spread // Lecture Notes in Computer Science. - 2002. -V.2329. -P.823-832.

4. Патанкар С.В. Численные метода решения задач теплообмена и динамики жидкости. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 152 с.

ВЛИЯНИЕ МАСШТАБНОГО ФАКТОРА НА ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТКЛИКА ПРИ УПРУГОМ УДАРНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ БЕТОНА

Чеховских С.И.
Научный руководитель: Фурса Т.В., д.т.н.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: astax8828@gmail.com

Бетоны широко используются в инженерных сооружениях, которые эксплуатируются в условиях воздействия значительных механических напряжений, температуры и влажности, что приводит к образованию и развитию дефектов. Поэтому существует необходимость текущего контроля дефектности сооружений в процессе их эксплуатации, что позволит избежать аварийных ситуаций. Известные механические и ультразвуковые методы обладают невысокой точностью и чувствительностью к внутренним дефектам.

Для решения задачи дефектоскопии может быть использовано явление механоэлектрических преобразований [1,2]. Перспективность использования параметров электрического отклика на упругое ударное возбуждение материалов для контроля дефектности бетона подтверждена результатами проведенных ранее исследований [3].

Целью данной работы являются исследования, направленные на адаптацию предложенных ранее алгоритмов и методик для контроля дефектности изделий из бетона любого геометрического размера.

Исследования выполнены с помощью лабораторного комплекса, позволяющего производить импульсное механическое возбуждение материалов и регистрацию электрического сигнала. Импульсное механическое возбуждение образцов производится с помощью электромеханического ударного устройства с нормированной силой удара. Удар производился через металлическую пластину, закрепленную на корпусе ударного устройства. Металлическая пластина и сферический наконечник ударного элемента изготовлены из закаленной стали одинаковой твердости для создания упругого удара. Для регистрации электрической составляющей переменного электромагнитного поля, возникающего при импульсном механическом возбуждении образцов, используется дифференциальный электрический датчик. Измерительный приемник располагается на расстоянии 2 мм от поверхности образца, а компенсационный параллельно измерительному на высоте 30 мм от него. Сигналы с электрического датчика регистрируются с помощью многофункциональной платы ввода-вывода «NI PCI-6251», совмещенной с ЭВМ, позволяющей осуществлять оцифровку временной реализации электрического сигнала.

На данном этапе были проведены исследования на моделях, у которых было одинаковое поперечное сечение, и изменялась только длина. Для этого были изготовлены четыре партии образцов тяжелого бетона размерами: 100x100x100 мм; 100x100x200 мм; 100x100x300 мм и 100x100x400 мм. Каждая партия содержала по 3 образца одинакового размера.

На рисунке 1 приведены типичные электрические отклики из описанных выше образцов. Измерение электрических откликов производилось при ударе по центру наибольшей плоскости образцов.

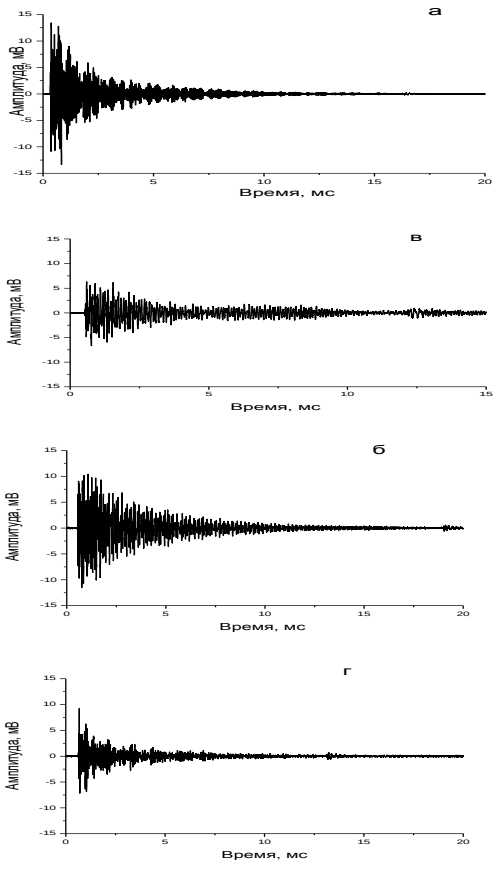


Рисунок 1. Электрические отклики из образцов тяжелого бетона размером: а – 100x100x100 мм; б – 100x100x200 мм; в – 100x100x300 мм и г – 100x100x400 мм.

Как видно из рисунка величина электрических сигналов при увеличении размера образцов не претерпевает значительных изменений. То есть используемое нами ударное

устройство позволяет регистрировать надежные электрические отклики из образцов достаточно больших размеров.

Суть явления механоэлектрических преобразований состоит в том, что при воздействие акустических волн на источник механоэлектрических преобразований возникает переменное электрическое поле. Акустические волны формируются в образце конечных размеров при его ударном возбуждение. Электрическое поле возникает за счет появления зарядов на гранях пьезокварца, содержащего в мелком и крупном заполните (речном песке и гравии), при его деформации и за счет смещения этих зарядов и зарядов двойных электрических слоев, расположенных на границах компонентов в гетерогенном материале, относительно электрического приемника. Электрический измерительный приемник располагается непосредственной близости от образца, и находиться в зоне действия этого поля. Поэтому с одной стороны параметры электрического сигнала определяются упругими характеристиками объекта исследования, а с другой стороны количеством и эффективностью источников механоэлектрических преобразований.

Изменение величины и характера затухания электрических сигналов с изменением длины образцов связано с условиями отражения акустических волн от границ образца и формированием в соответствии с этим разной волновой картины при ударном возбуждении образцов различной геометрии.

Изменение величины сигналов и характера затухания к трансформации амплитудно-частотных характеристик электрических откликов из образцов разной геометрии.

На рисунке 2 приведены спектры электрических откликов из этих же образцов.

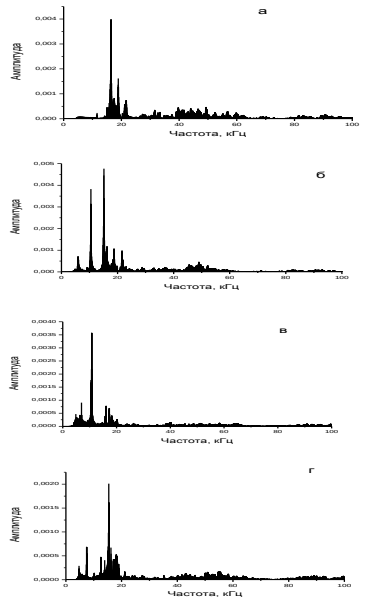


Рисунок 2. Амплитудно-частотные характеристики электрических откликов из образцов тяжелого бетона размерами: а – 100х100х100 мм; б – 100х100х200 мм; в – 100х100х300 мм; г – 100х100х400 мм.

Как видно из рисунка спектр электрических сигналов при изменении длины модели претерпевает изменения в исследованном нами диапазоне частот.

В рамках предыдущих исследований на образцах бетона размером 50х50х100 мм был разработан критерий оценки дефектности. В качестве критерия было предложено использовать максимальный коэффициент взаимной корреляции спектра зарегистрированного электрического сигнала с эталонным спектром. В качестве эталонного спектра хорошо моделирующего спектр сигнала из бездефектного образцов было предложено использовать спектр сигнала свободно затухающих гармонических колебаний. Для того, чтобы оценить возможность использования этого же подхода для испытания изделий из бетона других геометрических размеров были рассчитаны максимальные коэффициенты корреляции для нашей партии образцов (рисунок 3)

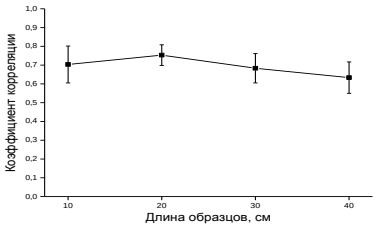


Рисунок 3. Изменение коэффициента корреляции спектра сигналов с эталонным спектром в зависимости от длины образцов.

Из рисунка видно, что коэффициент корреляции из исследованных бездефектных образцов при изменении их длины от 100 до 400 мм при неизменном поперечном сечении имеет близкие значения (от 0,64 до 0,76).

Список литературы.

1. Фурса Т.В. О механизме механоэлектрических преобразований при ударном возбуждении композиционных материалов на основе цементного вяжущего. - ЖТФ, 2001, т.71, вып.7, с.53-56.

2. Суржиков А.П., Фурса Т.В. Механоэлектрические преобразования при упругом ударном возбуждении композиционных диэлектрических материалов. – ЖТФ, 2008, т. 78, № 4, с. 71-76.

3. Фурса Т.В., Осипов К.Ю., Данн Д.Д. Разработка неразрушающего метода контроля прочности бетона с дефектной структурой на основе явления механоэлектрических преобразований. - Дефектоскопия, 2011, № 5, с. 39 – 47.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА УГЛЯ НА ПРИМЕРЕ ОАО «ВАХРУШЕВСКИЙ УГОЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ» Г. КИСЕЛЕВСКА

Шлякова Н.Н.
Научный руководитель: Янушевская М.Н., ст. преподаватель
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E–mail: Shlnn@bk.ru

Уголь – один из самых ценных минералов на планете. Добыча и переработка угля – основные составляющие угольной промышленности. Это не только базис современной энергетики, но и химической промышленности, фармацевтики и других сфер производства. Способ добычи угля зависит от глубины его залегания. Разработка ведется открытым способом, если глубина залегания угольного пласта не превышает 100 метров. Нередки и такие случаи, когда при большем углублении угольного карьера далее выгодно вести разработку угольного месторождения подземным способом. В обоих этих случаях, готовая продукция представляет собой обогащенный уголь марок ССПК, ССО с содержанием золы 6–7 процентов, отгружаемый на экспорт, и смесь отсева необогащенного с отсевом, полученным после сортировки малозольных углей (средняя зольность 20 %) – поставляется для нужд энергетики. [1]

Прежде чем отправить уголь на экспорт, он должен пройти отдел технического контроля. Который, в свою очередь следит за выполнением необходимых требований к качеству угля, занимается изучением его качества и опробованием. В своем составе имеет химическую лабораторию производящую определение показателей качества угля: зольности, влажности, удельного веса теплоты сгорания угля и т.п. Продукция Вахрушевского угольного разреза – уголь энергетический марок СС и ДГ (влага до 7,9–9,5 %, зола до 8,0–11,2 %, сера – 0,3 %, теплота сгорания 6400–7000 Ккал/кг).

Марка ДГ – это угли длиннопламенные газовые представляют собой угли с показателем отражения витринита от 0,4 до 0,79% с выходом летучих веществ более 28–30% при порошкообразном или слабоспекающемся нелетучем остатке. Эти угли являются переходными между углями марок Д и Г. От длиннопламенных углей они отличаются наличием спекаемости (толщина пластического слоя 6–9 мм), а от газовых с аналогичной спекаемостью – более незначительной хрупкостью и повышенной механической прочностью.

Угли марки ДГ также относят к группе энергетических углей. Для участия в коксовых шихтах они малопригодны, т.к. образующийся кокс отличается низкой механической прочностью и повышенной реакционной способностью.

Уголь марки СС – угли слабоспекающиеся, характеризуются показателем отражения витринита в пределах 0,7–1,79%, толщиной пластического слоя менее 6 мм и выходом летучих веществ, характерным для хорошо коксующихся углей марок Ж, КЖ, К, КС и ОС.

Влажность добытого угля достигает 8–9%. Зольность колеблется от 8 до 45%. Содержание серы обычно не превышает 0,8%. Содержание углерода колеблется от 74 до 90%, водорода от 4,0 до 5,0%.

Применяются главным образом на крупных электростанциях, в промышленных котельных и коммунально–бытовом секторе. В ограниченном количестве отдельные разновидности углей марки СС применяются в шихтах коксохимических заводов. [2]

Определение влажности угля

В связи с тем, что молекулы воды могут быть связаны с поверхностью угля силами разной природы (абсорбция на поверхности и в порах, гидратирование полярных групп макромолекул, вхождение в состав кристаллогидратов минеральной части) при разных способах выделения влаги из угля получаются различные величины его обезвоженной массы и, соответственно, разные значения влажности.

Масса угля с содержанием влаги, с которым он отгружается потребителю, называется рабочей массой угля, а влага, которая выделяется из нее при высушивании пробы до постоянной массы при 105С, называется общей влагой рабочей массы угля. Если пробу угля высушивают до постоянной массы при комнатной температуре, то выделяющаяся влага называется внешней, а проба приводится к воздушно–сухому состоянию. Масса такой пробы называется аналитической массой угля, если она размельчена до 0,2мм. Влага, содержащаяся в ней – связанная влага угля, которая удерживается на его поверхности сорбционными и капиллярными силами. При удалении последней из пробы при 105С остается сухая масса угля. При более высоких температурах начинается разложение кристаллогидратов минеральной части, и происходит выделение гидратной влаги силикатов и гипса WM.

Содержание влаги в горючем ископаемом характеризуется его влажностью. Эта величина выражается отношением массы выделившейся при температуре обезвоживания влаги к массе анализируемого образца. Влажность обозначается буквой W (Wasser). Тогда общая влажность:

$$W_i = \frac{m' - m^d}{m'} \times 100$$

влажность, обусловленная внешней влагой:

$$W_{ex} = \frac{m' - m^a}{m'} \times 100$$

и обусловленная связанной (гигроскопической) влагой:

$$W_h = \frac{m^a - m^d}{m^a} \times 100$$

Во всех уравнениях m – масса навески угля (г), определенная при различных условиях анализа. Показатели, относящиеся к рабочей массе угля, обозначаются верхним индексом r, к аналитической а и сухой массе d. В таком случае, если общая влага является простой суммой количеств внешней и связанной влаги, то соответствующие влажности не могут суммироваться, и связаны более сложным соотношением, что следует из приведенных выше выражений Wex и Wh.

Влага угля снижает полезную массу при перевозках, на ее испарение тратится большое количество тепла при сжигании топлива, кроме того, зимой влажный уголь смерзается.

Большая влажность антрацитов связана с тем, что для них характерны более мелкие поры, в которых сорбция воды происходит эффективнее, чем в сравнительно крупнопористых каменных углях.

Определение выхода летучих веществ

Летучие вещества – паро и газообразные продукты, выделяющиеся при разложении органического вещества твердого горючего ископаемого при нагревании в стандартных условиях. Выход летучих веществ обозначается символом V (volativ), выход на аналитическую пробу Va, на сухое вещество Vd, сухое и беззольное Vdaf. Эта характеристика важна для оценки термической устойчивости структур, составляющих органическую массу угля. Анализ проводят в закрытом тигле при температуре муфельной печи 850°C, причем образуются летучие вещества и твердый остаток NV (нелетучий остаток).

Выход летучих веществ Vdaf падает в ряду гумусовых углей с ростом степени углефикации, а у сапропелитов эта связь не столь однозначна, иногда Vdaf у них даже возрастает. Выход летучих веществ при прокаливании послужил основой для одной из классификаций углей по маркам. Выход летучих веществ связан со степенью углефикации, но смешивать это понятие с маркой нельзя. Марка угля основана на его технологических свойствах, а степень углефикации связана с геологическими и физико–химическими условиями формирования данного угля.

Определение теплоты сгорания угля

Теплота сгорания – это основной энергетический показатель угля. Она определяется экспериментально путем сжигания навески угля в калориметрической бомбе или расчетным путем по данным элементного анализа.

Различают высшую теплоту сгорания угля Qs как количество теплоты, выделившееся при полном сгорании единицы массы угля в калориметрической бомбе в среде кислорода и низшую удельную теплоту сгорания Qi как высшую теплоту сгорания за вычетом теплоты испарения воды, выделившейся и образованной из угля во время сгорания.

Высшая теплота сгорания часто определяется на беззольное состояние угля Qsaf, а низшая на рабочее состояние Qir.

Д. И. Менделеевым была предложена формула для расчета высшей теплоты сгорания по данным элементного анализа (кКал/кг):

Qsaf=81C+300H–26(O–S),

где C, H, O, S – массовая доля элементов в веществе ТГИ, %.

Эта формула дает приблизительную оценку величины Qsaf, причем наиболее точна она для малозольных топлив. [3]

Высшая теплота сгорания основных твердых топлив:

Торф	5500–5700 кКал/кг	23–24 МДж/кг
Бурый уголь	6100–7700	26–32
Каменный	7700–8800	32–37
Антрацит	8000–8500	34–36

Характеристики угля зависят от условий в которых формировался уголь, они необходимы для выбора вида и марки угля соответствующего условиям применения. Кузбасские угли уникальны по своему качеству. Они представлены практически всеми технологическими марками и группами от бурых до антрацитов. Но самое главное их природное преимущество перед углями других бассейнов мира - это сочетание выше представленных качественных показателей.

Не зная показателей качества угля, можно и в домашних условиях определить его пригодность. Внимательно осмотрите упаковку (при покупке в магазине). Она должна быть целой и сухой. Уголь во влажной упаковке наверняка хранился в не самых подходящих условиях, так что для создания уюта он вряд ли подойдет. При сгорании уголь должен давать легкий натуральный аромат. Уголь должен быстро накаляться, но не давать открытого пламени. Высокая теплоотдача - также показатель хорошего качества.

Список использованных источников:

1. Официальный сайт компании ОАО «Кузбассразрезуголь» (материнская компания разреза ОАО «Вахрушевский») [электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.kru.ru/ru/ , свободный.
2. ГОСТ 25543-88. Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.
3. ГОСТ Р 51591-2000. Угли бурые, каменные и антрацит. Общие технические требования. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2000.

EXPEREMENTAL DETERMINATION OF IMAGE PLATE FOR COMPUTED RADIOGRAPHY ALUMINIUM ALLOY.

S.G. Evsevleev, T.A. Mishurova
Scientific advisor: Associate professor U.V. Alhimov
Linguistic advisor: G.V. Shvalova
Tomsk Polytechnic University , 634050, Russia, Tomsk, Lelin Avenue, 30
E-mail: evsevsergej@yandex.ru

Radiographic Testing or industrial radiography is a nondestructive testing method. It provides the material inspection for hidden flaws by using the ability of short X-rays and gamma rays to penetrate various materials. The vast majority of radiography concerns the testing and grading of welds on pressurized piping, pressure vessels, high-capacity storage containers, pipelines, and some structural welds. Several exposure arrangements used for the inspection purposes, including weld inspection.

The specimen to be inspected is placed between the source of radiation and the detecting device, usually the film in a light tight holder or cassette, and the radiation is allowed to penetrate the part for the required length of time to be adequately recorded. The result is a two-dimensional projection of the part onto the film, producing a latent image of varying densities according to the amount of radiation reaching each area. It is known as a radiograph [1].

Computed radiography (CR) uses a very similar equipment to conventional radiography except that in place of a film to create the image, an imaging plate (IP) made of phosphor is used. Thus instead of taking an exposed film into a darkroom for developing in chemical tanks or an automatic film processor, the imaging plate is run through a special laser scanner, or CR reader, that reads and digitizes the image.

This research aim is to experiment the definition optimum parameters of control and choice detector for radiographic control of aluminum alloy. The task is to make experiment using three image plates (Fuji, Kodak HR, Kodak SO-170). All of them have different characteristics. One should determine the image plate with better control sensitivity.

The work presents the specimen made from aluminum 33 mm thick. The radiation source is X-ray generator. The device based on the pulse-frequency method of the X-ray radiation creation with the square-similar high-voltage pulses and the frequency near 1 kHz. Advantages of this method of the radiation generation are high X-ray output, low weight and wide radiation parameters adjustment. The device's X-ray tubes have a small focal stain size with a high radiation output. It consists of two blocks: radiator and control panel.

Standard practice is to place the image quality indicators (IQIs) on the side of the specimen facing the radiation source [2]. The IQI indicates that a specified amount of change in material thickness will be detectable in the radiograph, and that the radiograph has a certain level of definition so that the density changes are not lost due to unsharpness [3]. Wire IQIs consist of a set of seven wires arranged in order of increasing diameter and encapsulated between two sheets of clear plastic (Fig.1).



Fig.1. The specimen with IQIs.

Also shutters are user in a form steel plate with a hole. It can help limit the radiation beam, thereby decreasing scatter radiation by narrowing and decreasing beams to a specific location.

The next stage is to control parameters choice. The three main adjustable controls regulate the tube voltage in kilovolts, the tube amperage in milliamperes, and the exposure time in minutes and seconds. These parameters were chosen: 100 kV, 3.5 mA, 25 s.

The first image plate, which was used, was Fuji. This plate has average sensitivity. All image plate was scanned by using special scanner; scanning step is 25μm. Fig. 2 shows the specimen image after image plate scanning.



Fig.2. Radiograph of specimen.

Using special software image,the image of IQI was edited to see and determine sensitivity (fig.3).

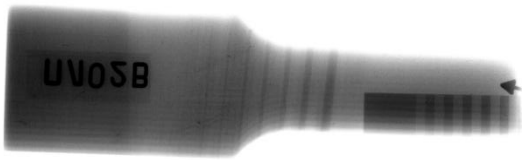


Fig.3. Radiograph of specimen.

On the image it is possible to see all of seven wires including the thinnest, which has 0.8 mm diameter. Sensitivity of radiography control equals:

$$S = \frac{\text{diameter of thinnest discernible wire}}{\text{penetrated thickness of specimen}}$$

Thus sensitivity of control is 2.4%.

The second image plate is Kodak HR, which has also average sensitivity. Fig. 4 shows scanning image.

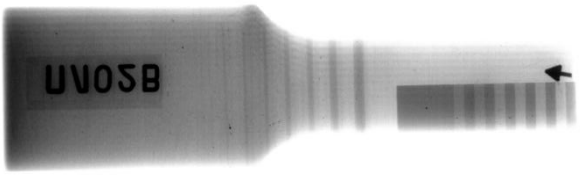


Fig.4. Radiograph of specimen.

This image can show also seven wires of IQI, therefore sensitivity will be the same.

The third experement was carried out with the image plate, which has high sensitivity. Consequently paramenters of control were changed, patticularly exposure time was decreased by 5 s. The result is on fig.5.

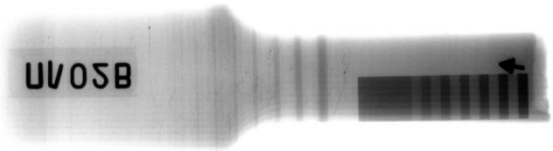


Fig.5. Radiograph of specimen.

This image shows all wires and has the same sensitivity of contol. But at this image the seventh wire is better discernible. It means that this image plate used better for radiographic control of aluminum alloy, then the other two. By the other hand, for more accurate result it is necessary to use other wire IQI with thinner wires.

Image plates in comparison with radiographic films have a lot of advantages. Firstly, image plate may be used repeatedly. Also exposure time and radiation dose can be decreased in several times. It is possible to save and process images by using computer.

Referenses.

[1]. Kapustin V.I., Maximova T.N., Staceyev V.G. et al. The Main Trends of Radiographic Testing Method standardization // Flaw Detection.2001.№12.

[2]. Ron Halmshaw, Tom Kowol. IE-NDT. Image quality indicators in industrial radiography. Technical information//2001.

[3]. NDT- Resource Center// http://www.ndt-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Radiography/AdvancedTechniques/Real_Time_Radiography/ImageQualityIndicators.htm

THE MODERN METHODS OF QUALITY ASSURANCE

Zharkaya V.V.
Scientific adviser: ShilnikovaE.V.
Language adviser: Novikova V.S.
National Research Tomsk Polytechnic University, 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30
E-mail: zemlianichka2210@mail.ru

Quality control is an important issue in manufacturing, and using expert tools and techniques for measuring quality can ensure the product is well-received by your customers and passes any necessary government inspections. Techniques can vary depending on your type of business, but the goal of all the tools is production of a high-quality product. Consider the standard methods used by the enterprises

Inspection

Inspection is a critical part of measuring quality, and for small operations, random product testing can be an effective technique. Statistical sampling, a method using mathematics and the science of probability, is the best for large-volume production where you have enough samples to compare to the whole. Many software programs and other tools are available for doing this type of inspection. The product can be evaluated to see if it conforms to predetermined criteria, perhaps by going over a checklist of required functions and physical attributes.

Testing

One type of product testing is failure testing where the product is tested to its limits and beyond to evaluate where it will stop functioning as intended. These usually include stressing the mechanical properties of the product such as material strength, elasticity and impact resistance. Tests for vibration and temperature might also be conducted. Which tests to use are determined by the product, its use and the time and financial constraints of the business.

Process Control and Ownership

Everyone involved in the manufacturing of the product or in providing the service should be encouraged to take ownership of a part of the process. Businesses can take this concept even further and get the entire company on board with the concept of quality control. Given the responsibility, employees will take more pride in their work and strive to have a successful outcome to the job for which they are responsible. Managers, employees and vendors need to provide firm commitments for deliveries and completion of milestones. The process flow can be monitored by a project manager who will coordinate the involved parties and ensure deadlines are met, or that the process is running smoothly. For large operations, software tools are available that incorporate Statistical Process Control methods.

Control Charts

Charts can be an effective tool when it comes to evaluating your product's quality. The use of the two basic types of statistical charts---univariate and multivariate---depends on the number of characteristics you will be measuring. The univariate chart displays one characteristic and the multivariate chart is used when multiple characteristics need to be evaluated. Other types of charts that can be useful include trend charting, Pareto bar charts that allow you to prioritize quality improvements and a scatter diagram that can show the relationship between an actual product and the standard [1].

Modern quality management, on the other hand, goes far beyond assessment of whether current processes are correctly performed. Its strength is its ability to disclose the weak parts of the overall process and to estimate the value of the process itself. However, this can be effective only when all input elements are checked for validity. In this view, modern quality management should assess actual quality on the basis of specifications for desired quality. Furthermore, it should provide tools that allow practitioners to anticipate future quality needs in an early stage.

Businesses continually strive to use quantitative data to find ways to ensure product quality and to improve processes. However, some quality control measures inhibit creativity and managerial judgement, so modern businesses have scaled back numbers-focused quality control, instead of focusing on the expertise of professionals most associated with the process [2]. The modern quality assurance methods include the following features:

1. Multi-Functional Teams

Some companies use multi-functional teams to solve problems in the workplace, relying on workers' knowledge. Workers use flow charts to visualize how

products and services move through a variety of steps. By having process flows, businesses can identify the non-valuable steps and eliminate them. For example, workers might notice that certain machines cool off sooner than expected and that they can shorten the waiting time before using an overheated machine.

2. Six Sigma

Six Sigma focuses on getting data on the effects of various areas of production, service and administration. Then, managers can determine which variables lead to positive results and which variables should be scrapped. After analyzing statistical data, businesses can create charts that clearly demonstrate the causes and effects of the variables. For example, businesses might identify that a certain font tends to reduce responses in business-to-business mail. By improving processes, businesses can eliminate defects in workflow and products. Eliminating defects in products helps keep customers from leaving [3].

3. Emphasis on Expertise

Some businesses found that Six Sigma can have detrimental effects when the research required overwhelms the store management, preventing management from efficiently handling day-to-day operations. Some companies have scaled back Six Sigma so managers can have more control over decisions they make regarding the day-to-day store operations. Six Sigma also inhibits right-brain activity that encourages creativity, which can reduce company innovation.

4. Brecker Methodology

Brecker Associates implemented older aspects of quality control with Six Sigma and created the Brecker Six Sigma methodology in which businesses locate opportunities, plan solutions, redefine processes and implement changes. For example, businesses can notice that some of the design features make a product inaccessible to the elderly, implement changes to the product, redefine the processes for making the product to factor in the new niche and implement these process changes. Businesses not only implement most effective changes, but select the changes that will have the greatest impact.

5. Design and Operation Teams

Improving products requires that teams have informed understanding of how the products work. Design and operation teams made up of engineers examine the products in detail and search for ways to improve products such as reducing the steps needed to set up the product, increasing the design safety, reducing weight and unnecessary parts and lowering the cost of manufacturing.

References:

1. Douglas C. Montgomery «Introduction to Statistical Quality Control». - Wiley India Pvt. Limited, 2007. – 818p.

2.. Amitava Mitra «Fundamentals of Quality Control and Improvement». - Published by John Wiley & Sons,Inc.,Hoboken, New Jersey,2008. - 700 p.

3. Peter S. Pande; Lawrence Holpp; Larry Holpp «What Is Six Sigma?». - McGraw-Hill, 2011. – 90 p.

STANDARDIZED WORK OF PRODUCTION PROCESS OF LED LAMPS (ON THE EXAMPLE OF JSC "FIZTEHENERGO")

Medvedeva K.V.
Scientific director: Moiseenko M.V ,teacher
Chudinova A.I., teacher
Tomsk Polytechnic University, 634050Tomsk, Russia, Usova, 9/4
E-mail: MedvedevaKseniaV@yandex.ru

In today's world every successful company understands the importance of standards. Standards are rules and regulations regulating the production processes, product quality, the actions of the workers, customer relations, etc. If the company implements standardized work methods it says a lot about the production activities of the enterprise. It means mostly that the company is practicing techniques of continuous improvement as the use of standardized work in production is the key element in elimination of losses, minimization reserves and also achievement of balanced and synchronized production.

What is standardization? In GOST (All-Union State Standard) 1.1 - 2002 the following definition of standardization is given: activities aimed at the achieving the optimum degree of order in a given area through the establishment of provisions for common and repeated use in the existing or potential problems. Consequently, a standardized work is exactly executed sequence of operator`s actions in the given time period with a well-defined equipment, accessories, tools and materials according to the documented procedure. [2].

Standardized work reveals which methods and procedures are optimal for a given process. That is this work improves the efficiency by minimizing losses in each operation. [2].

It should be understood that standardized work it is not rough "labor standards" established once and for everybody. Vice versa, standardized work allows to reveal the optimal level of load for workers and equipment that most closely meets consumer demand. This level is determined by careful calculations that allow to carry each operation at every workpost in accordance with the takt time. [2].

In other words, standardized work is the kind of production efficiency diagnostic which allows identifying problems and promoting further improvements. The use of standardized work helps to standardize the execution of processes and eliminate their losses. [2].

The main purpose of standardized work is improving productivity and minimizing the amount of work in progress. The following tasks are done to achieve it [3]:

1. Developing a the standard of operator work (optimizing the workplace);
2. Operator training in standardized work.

This work was carried out for the company "FiztehEnergo", Tomsk manufacturing plant which produces LED lighting lamps and spotlights under the brand name Diora. Optimization jobs on the assembly projector "Diora street 90" has been done for the area assembly № 1 of the enterprise. Optimization had several stages.

1. Determination of the sequence of actions performed by operators in the workplace.

It was found that the assembly of this type of projector is running on a production line in 5 tables, i.e. the assembly of projector includes in 5 stages:

Stage 1 (assembly table 1): preparing the body;

Stage 2 (assembly table 2): assembling power supply unit;

Stage 3 (assembly table 3) preparing of the printed circuit boards;

Stage 4 (assembly table 4): assembling printed circuit boards;

Stage 5 (assembly table 5): final assembling.

In this paper the first stage of the assembly process, namely 'preparing the body" (Figure 1) for editing table 1 was considered in details (Figure 2).



Fig. 1 Appearance of body

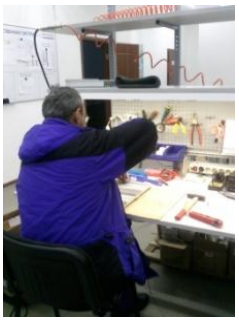


Fig. 2 Workplace

The stage "preparing the body" was divided into the elements (parts of the operation which make a complete sequence of the operator with the product).

2. Conducting process descriptions (elements).

Description of the processes carried out for the purpose of planning, provisioning, management and improvement, i.e. the purpose of the regulation and optimization. Each part of the process was carefully studied. Each part of the process has been carefully studied and described. On the basis drawn up of

descriptions has been developed operating map, which reflects the detailed sequence of the operator to perform a certain task.

3. Determination of raw materials and components in the workplace.

On the basis description of the stages (paragraph 2) identified the tools and equipment necessary to perform the operation "prepare the body" (based on a unit of production): sanding disc, punch, screwdriver, screw tap M4, hammer, oil, housing (1 pc.), retaining ring (1 pc.), power supply (1 pc.), screw 4x6 (1) (4 pcs.).

This stage is carried out to minimize the backlog in the workplace. Minimum backlogs reduce the amount of 'dead' operating assets of the enterprise but require the clear organization of delivering materials and components to the workplace. The smaller the reserve the more often it needs to be replenished.

4. Chronometration of the operation.

Chronometration is the method for examining the costs of working time to perform operations (elements) by measuring the duration and conditions of the analysis of their performance to identify the existing problems and assess the impact of the carried out improvements. [3]

10 measurements of run-time elements and transition duration of the operation done by the same operator were made.

5. Execution and analysis of chronometration.

The results of chronometration shown in Table 1.

Таблица 1 – The results of chronometration

Name	Formula	Result, sec
Maximum cycle time	$T_{\max} = \max(T_1 ... T_{10})$	227
Minimum cycle time	$T_{\min} = \min, 2(T_1 ... T_{10})$	200
Oscillations cycle time	$T_{os} = T_{\max} - T_{\min}$	27
Duration ideal cycle	$\sum t_{\min} = \sum_{i=1}^{10} t_{i\min}$	187
Tentative oscillation time	$\sum t_{os} = \sum_{i=1}^{10} \left(t_{i\max} - t_{i\min} \right)$	63
Tentative cycle time	$\sum t_{tent} = T_{\min} - \sum t_{\min}$	46
The regulated cycle time	$t_{reg} = t_{\min} + \frac{t_k \cdot t_{tent}}{\sum t_{os}}$	200

6. Description of action

After analyzing the stage "preparing the body" of the assembly process for projector "Diora street 90" the areas of loss of time were identified and the plan for improvement was created:

- Increase the convenience of the location of materials and components at the working place: to increase the height of pallets and remove the unnecessary tools, add the necessary ones;
- Create the single form of signing containers for storing small parts and arrange the form in the systematic order;
- Provide the complete set of materials and tools for the working day for the objects to be assembled.

The work on standardization of the assembly process is actively going on at the time. The further description of the actions:

- Create the map of the standardized work;
- Implement the improvements
- Train the operator to work with the new standard;
- Evaluate the results of the implementation of the measures for improvement (by chronometration and its analysis);
- Implementation of standardized work at the next stages

References

1. GOST 1.1 – 2002 Interstate System for Standardization. Terms and definitions. – Moscow: Publishing House of the IEC standards, 2002 – 36 p.

2. Standard Work for the Shopfloor/ A group of developers publishing Productivity Press. – Moscow: Institute for Complex Strategic Studies, 2007 – 152 p.

3. Shepelev V. L. Methodical material for the course "Lean Production" – Tomsk: Publishing TPU, 2012 – 131

A NEW APPROACH TO ESTIMATE CUSTOMER SATISFACTION

Khasenova A.B, Kolesnikova M.A.
Supervisor: Stukach O.V., Doctor of Technical Sciences, professor;
Chudinova A.I, teacher
Tomsk Polytechnic University, 634028, Russia, Tomsk, Savinih, 7
E-mail: Khasenova_Aya@mail.ru

Customer focus - one of the basic principles of quality management. The strategic focus on consumer is necessary for each organization and every company operating in a competitive market. It should accordingly be provided organizationally, methodologically and technically.

In accordance with the standard ISO 9001:2008 (ISO 9001-2008) the consumer should be in the center of the management system. One of the main objectives of the quality management system is to improve customer satisfaction [1].

There are a lot of methods to get feedback, reflecting the opinion of consumers about the quality of the goods offered (services). These include personal or telephone interviews, research using web-site, e-mail, mailing lists, surveys, and mixed (complex) methods. The most appropriate method is selected by analyzing the advantages and disadvantages of these methods [2]. The purpose of this work is to present a new approach to the evaluation of customer satisfaction, which is characterized by its convenience and simplicity.

Questionnaires are used as a method of obtaining data. The form should be composed of 3 parts:

1) Introduction. It includes name, greeting, description who and what conduct the surveys, the rules filling the form, etc.

2) The main part of questions. It may contain questions that offer some answers and questions without answers.

3) The final part. It typically includes an open question on the wishes and suggestions, information about the respondent, gratitude, etc [3].

Compiled form must consider the importance of each criterion and the degree of satisfaction. Otherwise, we can not know with sufficient reliability the relative importance of consumer demand.

After conducting research that assesses customer satisfaction processing of results and making decisions is an important stage. The simplest and the most commonly used measure is the average of estimates, namely the arithmetic mean. The arithmetic mean is calculated as for the importance and for the satisfaction. This figure is easily transmitted and understood, it is evident.

For evaluation with the arithmetic mean need to:

1) Calculate the arithmetic mean of the estimates for each criterion for significance.

2) Calculate the mean value estimates for all the same criteria for satisfaction.

3) Next, use Table 1 to determine what color zone includes the criterion. In accordance with it we can conclude about further work.

Table 1 - Color zone

		ESTIMATION OF SATISFACTION				
ESTIMATION OF IMPORTANCE		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

The criteria for which estimate of the importance and estimate of the satisfaction are equal fall into the black zone. Black Zone is a zone of the normal range. The parameters of criteria that fall into these zones must be maintained.

The criteria for which the satisfaction is more than the importance are the light gray zone. Light gray is a zone of excessive costs. It`s necessary to assess the costs allocated to support performance against these criteria. And reduce them in case when the cost is excessive.

The criteria for which the importance is more than the satisfaction come in the dark gray zone. Dark gray zone is the problematic area. Indicators on the criteria themselves in these areas need to be improved [2].

Thus, in accordance with the standard ISO 9001:2008 it is necessary to estimate customer satisfaction. It will give us the opportunity to [4]:

- ✓ Accurately determine the needs of consumers and the relative importance of these requests.
- ✓ Identify the priorities for improvement - the areas in which improvement in performance will give the largest increase in customer satisfaction.
- ✓ Set goals to improve services and to monitor the improvement of customer satisfaction factors.
- ✓ Increase profits by increasing customer loyalty and conservation.

Calculation of satisfaction

Overall satisfaction rate is a weighted average of satisfaction. The calculation of this evaluation is carried out in two stages. The calculation of the overall coefficient of satisfaction is presented to the analysis of feedback questionnaires seminar participants (V. Repin "System implementation process management"), held on the 26-27 of April 2012 in TPU.

1) Calculation of weights

For the calculation of weights the estimates of the importance are used. For example, in the second column in Table 2 the average estimates of the importance of criteria are showed.

Table 2 - Calculation of weight coefficient

Criterion	Estimation of importance	Weight coefficient, %
The level of teaching in general	4,8	11,4
Demonstration of theoretical material on examples	4,6	10,9
Availability of material	4,7	11,2
Working with the audience	3,5	8,3
Technical Equipment	4,0	9,5
Handouts	3,7	8,8
Coffee - break	4,0	9,5
The possibility of practical application of knowledge	4,3	10,2
Ease of schedule	3,8	9,0
Overall assessment of the course	4,6	10,9
Sum	**42**	

To calculate the weight of factors it is necessary to add up all the estimates of importance. In this example it will be 42. Then it is necessary to express each as a percentage of this sum. For example, for the "the level of teaching in general" 4.8 divided by 42 and multiplied by 100%. We will have the weight equal to 11.4%.

2) Calculation of satisfaction

The second step is to multiply each of the satisfaction scores for the corresponding weighting coefficient. The data for the second column of Table 3 show the average satisfaction scores.

Table 3 - Calculation the coefficient of satisfaction

Criterion	Estimations of satisfaction	Weighted estimate
The level of teaching in general	4,2	0,5
Demonstration of theoretical material on examples	4,6	0,5
Availability of material	4,3	0,5
Working with the audience	4,3	0,4
Technical Equipment	3,3	0,3
Handouts	2,6	0,2
Coffee - break	4,5	0,4

Continuance of table 3

Criterion	Estimations of satisfaction	Weighted estimate
The possibility of practical application of knowledge	4,0	0,4
Ease of schedule	4,8	0,4
Overall assessment of the course	3,9	0,4
Weighted average		4,1
The coefficient of satisfaction	81,4 %	

The weights calculated above in Table 2. We will take the example of "the level of teaching in general." Satisfaction scores 4.2 multiplied by weighting 11.4%. We will have the value of the weighted estimate of 0.5. Full weighted estimate is obtained by addition of all the weighted ratings. In this example, the sum is equal to 4.1. Thus, the weighted average satisfaction estimation is 4.1 out of 5. Typically, this estimate is converted into percentages. Then the coefficient of satisfaction is 81.4%.

In this way, in Table 1, we will define what color zone includes each of the criteria. After the analysis of V. Repin`s seminar "System implementation process management" it can be concluded that for five of the ten criteria the assessment of importance is more than of satisfaction. The indicators for these criteria must be improved. The area in the test for extra cost-effectiveness includes three out of ten criteria. Therefore it is necessary to revise the cost of supporting these indicators. The zone of normality indicators that should be maintained gets two criteria out of ten.

Thus, we have demonstrated the new approach to the evaluation of customer satisfaction. It is the improved version of the existing methods. This approach is characterized by its simplicity, convenience and high level of reliability of the results.

References

1 N. Hill, B. Selphie, G. Roche. Measuring customer satisfaction ISO 9000: 2000. Edited by Stacia AK - Moscow: Publishing House "Technology", 2004 - 192 p.

2 O.L. Novikova, A.B. Khasenova, A.Y. Zabolotnov. Evaluation of customer satisfaction / / materials of XVI International Scientific-Practical Conference "Quality - Strategy XXI Century" - Tomsk: Publishing TPU, 2011 - 158 p.

3 Questionnaires and rules of composing [Electronic resource]. URL: http://mass-pr.ru/2009/10/17/анкеты-и-правила-их-составления/ (date accessed: 03/02/2013)

IMAGING PLATES APPLICATION AS ALTERNATIVE TO FILM RADIOGRAPHY

Mihailenko M.A.
Scientific advisor: U. Alkhimov, associate professor, TPU, Russia
Linguistic advisor: G.V. Shvalova
Tomsk Polytechnic University, 634050Tomsk, Russia, Usova, 9/4
E-mail: poorgen@sibmail.com

The physical methods of non-destructive testing represent a big interest for industry. One of the most all-purpose and informative methods is radiographic testing. This method preoccupies the main position of non-destructive testing of some materials and manufactures.

Radiation flow detection is a totality of quality control methods based on irradiation of object by the different types of radiation.

The method of radiographic testing discovered before Second World War where radiographic film was used. Such films are required accurate utilization and definite condition in processing and data acquisition. It is the main disadvantage of film radiography. Eventually, in comparison to radiographic film it becomes possible to avoid the use of obsolete radiographic films by using of filmless radiography allowing receiving qualitative digital image. [1].

The main constituents of method execution are radiation source, object of inspection and detector of radiation, which presented in figure 1. Every part seriously influences to the final result.

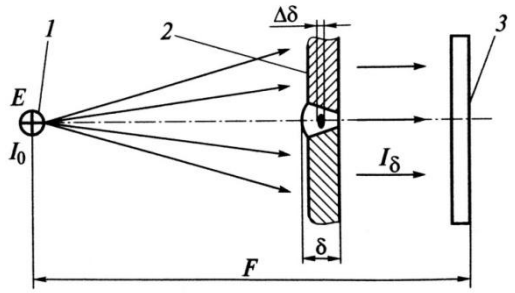


Figure 1. Structure elements of radiographic inspection
1 – Source of radiation; 2 – object of inspection (weld);
3 – detector of radiation; E – radiation power; δ – material thickness; I_0, I_δ – intensity of incident and transmitted radiation; Δδ – defect size;
F – focus length. [2].

Test control depends on many parameters: radiation energy, exposer dose, the resolution of the film, geometric conditions of radiography, the size of the local spot source, focal length, scattered radiation etc. [1].

Digital or filmless radiography is based on the application of imaging plates. These plates employ storage phosphors which capture and retain a latent image in direct proportion to an exposure of ionizing radiation. This latent image is subsequently read out by scanning with a red laser, which stimulates the emission of blue light, in a phenomenon known as photo stimulated luminescence.

The imaging plate can be loaded into a flexible cassette and used with metal screens of appropriate thickness. They offer the flexibility of film without the need for wet processing, so you can capture and read images quickly and easily, both in the field and in the lab.

Imaging plates have its features. It is high testing productivity, digital data processing and defect auto-search system, low light sensitivity.

One of the manufacturers of imaging plates is Kodak. Such plates have the next characteristics:

• Flexible—Wrap around most shapes.

• Sharp—Better resolution than high-speed films, and a suitable replacement for many applications.

• Available in Multiple Sizes—To cover a wide range of applications.

• Portable—With a KODAK INDUSTREX Digital System, image capture in remote areas is easier than ever.

• Versatile—Use in a rigid or flexible cassette.

• Efficient—Phosphor plates can be erased and reused thousands of times, require less exposure than film, and provide faster image access. [3].

The main purpose of the researching is to gain digital radiographic images and compare this way of getting control object images with classic film radiography.

For this purpose the next equipment was utilized:

1) Imaging plates such as Kodak SO 170, Fuji and Duerr NDT;
2) Portable digital radiographic scanner Duerr HR-CR 35 NDT;
3) X-ray apparatus Y.XPO 225 with control unit.



Figure 2. Portable digital radiographic scanner Duerr HR-CR 35 NDT



Figure 3. X-ray apparatus Y.XPO 225 with control unit

The digital radiography scheme is similar with film radiography as shown in figure 1. Therefore imaging plate is installed instead of the radiographic film. In conclusion of our experiment the next digital radiographic images were obtained:

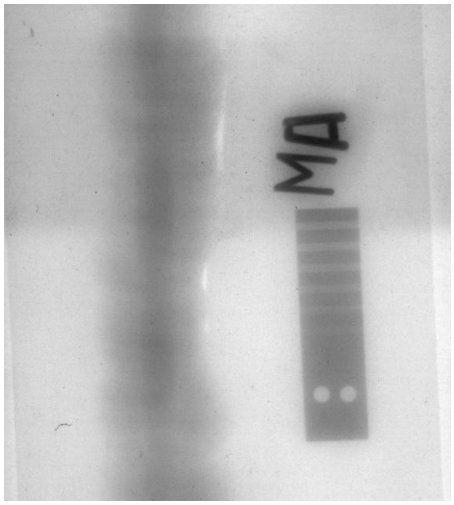


Figure 4. Kodak imaging plate image

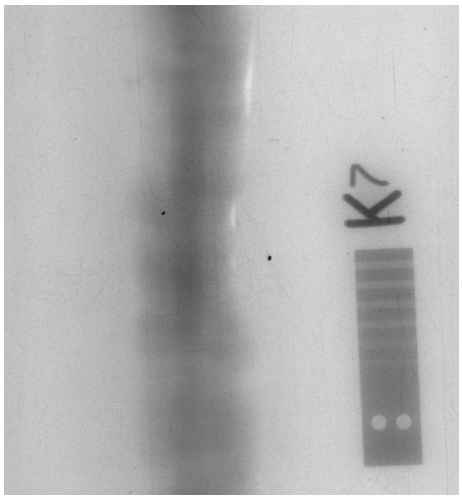


Figure 5. Fuji imaging plate image

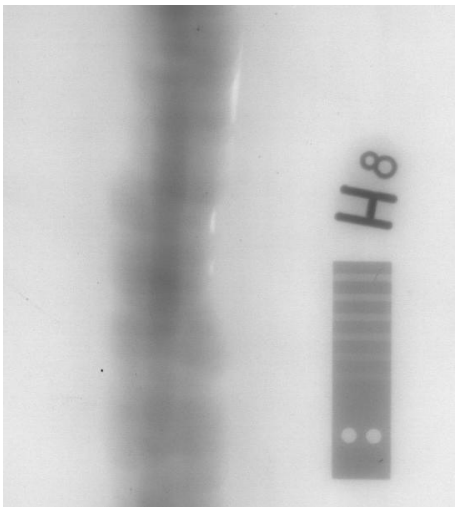


Figure 6. Duerr NDT imaging plate image

To sum up an experiment one can say that every digital weld joint image has required sensitivity because it is possible to see all the penetrameter grooves. Thus, such imaging plates and method have good properties for nondestructive testing.

References:

1) M. Mikhaylenko. Diploma work «Development of Methods of Pipe Control by Filmless radiography», 2012, 70 p.
2) Artemyev B.V., Bukley A.A. Radiographic testing: tutorial / edite by. V.V. Kluev. M.: «Spektr», 2011. – 192p.
3) KODAK. KODAK INDUSTREX Digital Imaging Plates. Technical data / non-destructive testing. –2006. – TI-2632. – P. 3 URL http://www.newcoinc.com/Download/File/Kodak_Digital%20Imaging%20Plates%20MSDS.pdf

MAGNETIC NONDESTRUCTIVE TESTING. SENSITIVITY OF MAGNETIC PARTICLE INSPECTION

Stadnyuk E.I.
Scientific advisor: Tolmachev I.I., Associate Professor TPU, Russia
Linguistic advisor: Shvalova G.V., senior teacher TPU, Russia
National Research Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk
E-mail: Lenusik_ST@vtomske.ru

Abstract

The article provides the information of magnetic testing method for solving various problems in the field of nondestructive testing. The article shows the inexpediency efficiency estimation of magnetic particle control with the use of conditional sensitivity level.

Key words: non-destructive testing, magnetic particle inspection, method, flux leakage, flux lines flowing, sensitivity, magnetic particles, conventional sensitivity level.

Introduction

Non-destructive testing has gained significant importance in modern industrial processes with its primary aim at reducing down time and enhancing safety and productivity. NDT is a wide group of analysis techniques used in science and industry to evaluate the properties of a material, component or system without causing damage. Common NDT methods include ultrasonic, magnetic particle, liquid penetrant, radiographic, remote visual inspection, eddy-current testing, and etc. The aim of the article is to consider one of the most applied ND method. It is a magnetic particle inspection.

The magnetic particle inspection (MPI) is a nondestructive method for locating surface and near-surface to defect ferromagnetic (iron or steel) parts, by magnetizing the parts and indicating any flaws present using finely divided magnetic particles. The method isn't applied to color details, such as copper, brass, aluminum, the titan, austenitic stainless steel, or any of precious metals.

Today, the method is avaliable in every type of metalworking plant, either in process control, final inspection, or both. It is used on all types of ferrous castings, forgings, and fabrications during manufacture. Because of its tremendous ability in locating fine shallow surface fatigue cracks, the method is also used in preference to all others for overhaul or maintenance of machinery.

Basic Theory

During magnetic particle inspection the following operations should be carried out:

- test object surface preparation;
- test way and schedule choice;
- tested object magnetization;
- magnetic indicator application;
- test results assessment;
- flaw location marking;
- object demagnetization (if it is necessary).

MPI is used to highlight defects that are not necessarily visible to the human eye. The process involves the magnetizing a component during which time ferromagnetic particles either suspended in a fluid or in a powder form are applied. Usually particles are suspended in fluid commonly treated water which provides mobility to the particles in migrating to the crack edges, thus the particles are aligned along the crack. The contrast between the component surface is the background and the particles along the crack is high; therefore the human eye easily sees the defects.

In MPI, a magnetic field is induced in a test piece. Magnetic fields are composed of flux lines that flow through the magnetized specimen; they can deflect and leak out in the vicinity of a flaw. The magnetic flux leakage attracts particles, which cluster to form an indication.

The magnetic field orientation plays a greater role in the defect detection. Test sensitivity is affected by the angle between the induced magnetic field and the defect orientation. Maximum flux leakage occurs when the magnetic field lies perpendicular to the discontinuity. Defects lying parallel to the magnetic flux will not form indications.

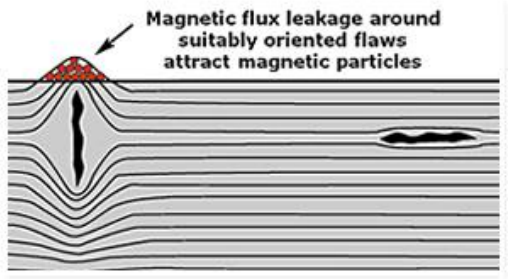


Fig. 1. Flux lines schemes flowing past both a perpendicular and parallel defect, and flux leakage occurring around the perpendicular flaw.

Depending on the application, this method can be performed using either dry powder or a powder suspended in a liquid. Particles of different colors are chosen to provide good visibility against the specimen surface. Dry powder particles may be gray, red, or black, and are viewed with white light. Wet fluorescent particles require an ultraviolet light (UVA) to view the indication.

Sensitivity

Under the magnetic powder sensitivity a control method usually understands its ability to reveal defects of the corresponding size. Sensitivity characterized the extent of revealed minimum defect on the concrete checked object. It has to be established not by the registration of the fact detection established the size, and by the defect search of the

minimum size which else can be found under existing conditions with the set probability.

Magnetic particle sensitivity method is characterized by:

- saturation magnetic induction Bs;
- remnant magnetic induction Br;
- coercive force Hc;
- tested object surface roughness;
- magnetizing field strength;
- nonmagnetic coating thickness;
- shape, size and orientation of the defect;
- orientation of the magnetizing field with respect to flaw detection devices;
- the object surface illumination.

There are three conventional sensitivity levels, characterized by minimal width of the opening and length of conventional flaw [1]. They depend on sizes of surface discontinuity. A conventional flaw means a surface flaw in the shape of a flat opening with parallel walls oriented perpendicularly to a tested surface and a magnetic field direction. Conventional sensitivity levels [2] are given below (table 1).

Table 1. Conventional sensitivity levels

Conventional sensitivity level	Width of flaw opening, micrometer	Flaw length, millimeter	Surface roughness, micrometer
А	2,0	≥ 0,5	$R_a \leq 2.5$
Б	10,0	≥ 0,5	$R_a \leq 10,0$
В	25,0	≥ 0,5	$R_a \leq 10,0$

Magnetic powder sensitivity control and reliability of its results objectively defined by joint action of all factors. They influence the sensitivity control of a sample variously. The change of one factor changes the extent influence on sensitivity and reliability of control other factors. Therefore it is impossible to determine sensitivity by the conditional level of control. Hence its use in the control is useless and impractical.

The long-term experience showed that application of conditional sensitivity levels on magnetization modes [2] in some cases leads to non-detection of dangerous defects.

Supervising, for example, on conditional sensitivity level A, non-destructive testing inspectors consider that automatically cracks with disclosure of 2 microns have to come to light. However, it is so.

The typical reasons of the defects admission on the objects supervised on conditional sensitivity levels are:

- control analysis purpose the of the chosen magnetization scheme isn't carried out;
- magnetic field distribution and degaussing factor on a checked detail isn't considered;
- the magnetic indicator choice carried out without control problems, modes and ways of magnetic powder control.

Other factors influencing the control efficiency aren't enough analyzed also.

From the above said one must say the developing technology of magnetic powder control used of conditional sensitivity level is inadmissible. It is necessary to determine the real sensitivity of the control process of this object by a way of the analysis and the calculating all factors influence the efficiency of control [3].

Developments and researches in this area are conducted. Real and limit sensitivity of magnetic powder control is regarded. The solution of statistical tasks is estimated. The set of samples with defects of various configuration and sizes is used in the experiment. Figure 2 shows the crack on one of a sample with disclosure of 3,67 microns. Axio Observer A1m made by means of a microscope.

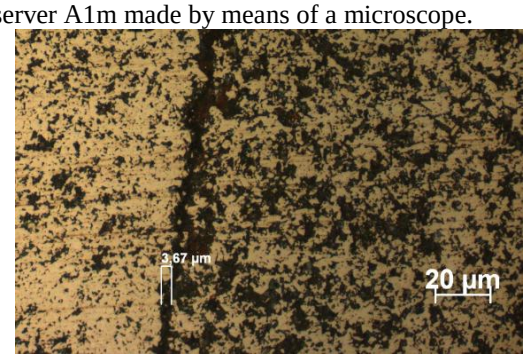


Fig. 2. The crack was made by the microscope Axio Observer A1m.

References

1.Tolmachev I.I. Physical Fundamentals and Technology of Magnet Powder Control: Study aid. Tomsk: Publishing House. TPU, 2008- 124 p.

2.GOST 21105–87 National Industrial Standard. Testing Nondestructive Magnetic. Magnetic particle inspection.

3.Lisitsyn V.I., Shelikhov G.S., Glazkov Y.A. To a question of an assessment of sensitivity of magnetic particle inspection. (article). – 2005.

4.Gorbash V.G., Delendick M.N, Pavlenko P.N. Nondestructive Testing in Industry. Magnetic Testing. (article). – 2011.

5.Kanevskey I.N., Salnikova I.N. Nondestructive methods. Study aid. Dalnevostochny State Technical University.2007.

6.Klyuev V.V. Nondestructive Testing and Diagnosis.Manual. – M.:Mechanical Engineering, 2003-656 p.

7.GOST 24450-80. Testing Nondestructive Magnetic. Terms and definitions

THE IMPLEMENTATION OF THE THERMAL WAVE TECHNIQUE IN PRODUCTS FROM COMPOSITES

Fomintseva J. V.
Scientific: Nesteruk D.A., Associated Professor
Linguistic advisor: Shvalova G.V.
Tomsk Polytechnic University
634050 Russia, Tomsk Lenin st,30
E-mail: yulchikfom@mail.ru

KEY WORDS: composites, active thermal non-destructive testing, pulse technique and a thermal wave technique, heating, temperature.

ABSTRACT
The article describes the active heat, its methods and its application to composite materials.

Traditional materials meet modern requirements of engineering practice not always completely; this fact resulted in need of new materials creation. Composites became this material.

Composite materials are materials made from two or more constituent materials with significantly different physical or chemical properties. When materials combined, form a material with characteristics different from the individual components. The main advantage of these materials consists in specifying necessary properties by varying of the matrix composition and filler (their relationship), using special agents and etc. Figure (1) presents the general formation scheme of the composite material

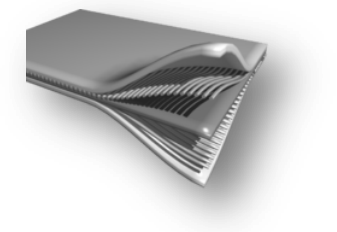


Fig 1. The general scheme of the composite material formation

Typical engineering composite materials include:

- composite building materials such as cements, concrete;
- reinforced plastics such as fiber-reinforced polymer;
- metal composites;
- ceramic composites (composite ceramic and metal matrices).

Composites can have various defects like any other materials. The most often met defects:

- scratches;
- stratifications;
- exfoliation;
- cracks.

In addition, during the exploitation of aggregations with honeycomb filler there is moisture accumulation, which can cause the following defects:

- corrosion;
- honeycomb filler destruction when water is freezing in cold time of day or at big heights;
- exfoliation of casing on the considerable areas and etc.

Some types of testing are applied to detection of above-mentioned defects. One of which is active thermal non-destructive testing. The essence of this method consists in preliminary heating of unit under test. The scheme of active thermal non-destructive testing is submitted in figure (2). The investigational sample is subjected to thermal action by means of heat source on a front surface (concerning heat source). Thermal energy extends in all the directions in a firm body at the expense of diffusion process. Thermal streams in a sample redistributed because of the existence of the latent defects that leads to the emergence on a front and back surface of sample of specific temperature anomalies. Temperature anomalies (signals) are observed and recorded by measuring devices or temperature visualization (for example, the infrared image converter). Amplitude, shape and change in time of the temperature signals serve as informative parameters which allow the operator or automatic system to find those defects (non-destructive testing) and to estimate their parameters (defectometry).

The most widespread procedures of active thermal non-destructive control are a pulse technique and a thermal wave technique.

The pulse technique means the sample heating by pulse of thermal energy and temperature recording on a front surface, back surface or lateral surface of a sample during the currency pulse. As a rule, the sample heating at this control method do by means of the pulse laser or a pulse lamp.

The thermal wave technique means periodic (harmonious) heating, as a result in sample thermal waves present. As a rule, the sample heating at this method done by means of incandescent lamps.

Thus, the implementation of the thermal wave technique in sample from composites is carried out by period influence of the incandescent lamp. As a result the sample heating defects heat up and take useful temperature signal. This signal is recorded the infrared image converter. As a result, it turns out a special thermo gram which reports about the existence or the lack of defect.

For realization of a method of thermal waves in the experiment we used the following things:

- the incandescent lamp;
- a metal sheet with the defective side
- infrared image converter.

The metal sheet from zero-defects side was exposed by period influence of the incandescent lamp. Change of temperature of a surface of the sheet are shown on graphic (figure(3)). As it seen from figure (3), at the moment of the lamp inclusion the temperature of a surface sharply increases, after shutdown of the lamp there is an insignificant decrease of temperature. Concurrent with a lamp worked the infrared image converter which fixed temperature change on a sheet surface. Thermogram of the metal sheet shown in figure (4). The data obtained during experiment were processed by the special program. In figure (5) shows the thermogram after processing by Fourier transform. White spots in the image indicate the presence of a defect. Unfortunately, the identification of defects is not possible, because the data are not sufficient for this. The experiment proceeds.

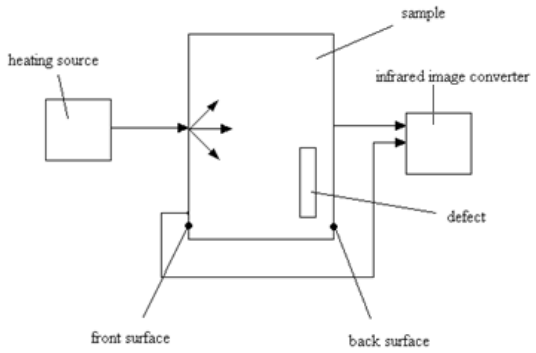


Fig. 2 The scheme of active thermal non-destructive testing sheet.

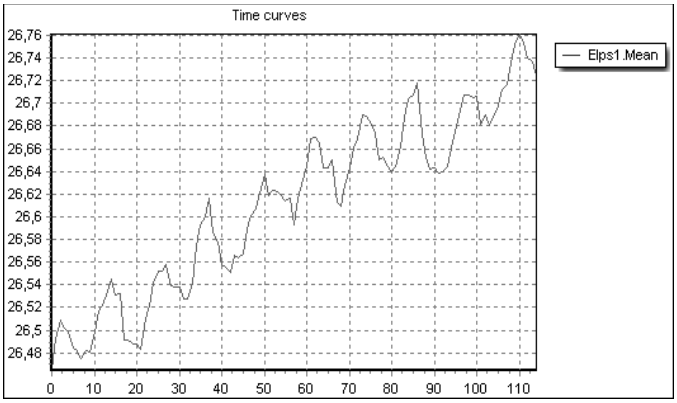


Fig. 3 Change of temperature of a surface of the

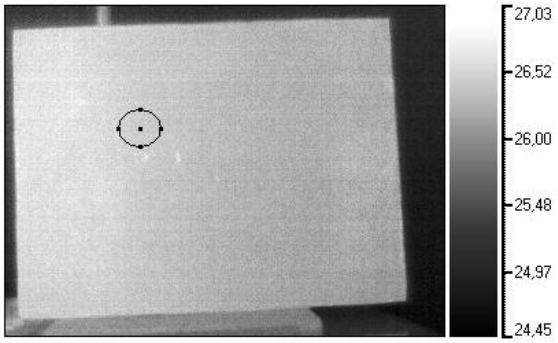


Fig. 4 The thermogram of the metal sheet.

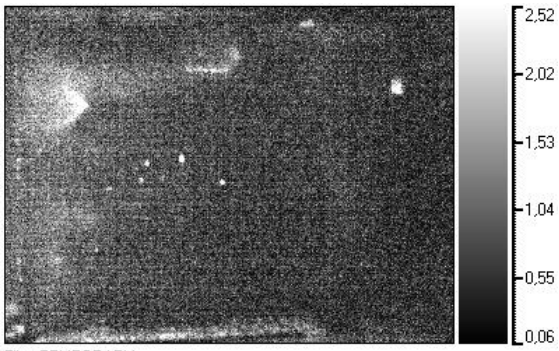


Fig. 5 The thermogram after processing by Fourier transform.

REFERENCES

1. D.A.Nesteruk, V.P. Vavilov. Heat Control and Diagnostics. Study aid for preparing specialists of I, II, III levels. Tomsk:2007-104p.
2. V.P.Vavilov Thermal/Infrared Nondestructive Testing.-NDT Handbooks series,
Vol. 5, Moscow, «Spectrum» Publisher, 2009. — 485 p.
3. G.L.Rivin. Repair of designs from polymeric components of materials of aircraft. Ulyanovsk, 2000 – 75p.

THE STUDY OF AIR POLLUTION EXHAUST CAR FUMES IN TOMSK

Frianova K., Gerbel D.
Tomsk Polytechnic University 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30
Supervisor: Kagirov Arthur G., the Assistant of Department of Ecology and Life Safety
Linguistic adviser M.E. Nakonechnaya, senior teacher of TPU
E-mail: kof1@tpu.ru

Worldwide, a quarter of a million people die on the roads every year and ten million are injured, a scale equivalent to war. Motor vehicles are the single biggest source of atmospheric pollution.

Motors contribute the following to the cocktail entering people's lungs:

- 75 per cent of nitrogen oxides
- 83 per cent of benzene
- 53 per cent of volatile organic compounds
- 29 per cent of carbon dioxide
- 97 per cent of carbon monoxide.

Road traffic is the fastest growing source of pollution and in some countries more people are dying as a result of this air pollution than are being killed in accidents.

A new report by the World Health Organization (WHO) showed long-term air pollution from cars in Austria, France and Switzerland triggered an extra 21,000 premature deaths per year from respiratory or heart diseases, more than the total number of annual traffic deaths in the three countries.

Air pollution from traffic at the levels we have today does cause a major health impact.

The air pollution from cars caused 300,000 extra cases of bronchitis in children, 15,000 hospital admissions for heart disease and 162,000 asthma attacks in children in the three countries.

We all breathe the air that our tailpipes pump pollution into, but the pollutants are diluted because the volume of air they occupy is larger than the volume of air in our immediate breathing space. When there was only one car on the planet, the amount of air pollution it produced was irrelevant to the cleanliness of the total volume of air. At some point, as more and more cars were added, the cumulative amount of air pollution they produced got to be enough that even when diluted in the larger volume of air in a given region, the air-pollution levels started being high enough to cause health problems. Emission standards were enacted, and air pollution levels started falling again. But as we keep adding more and more cars—with lower-mileage, higher-polluting vehicles comprising a larger portion of them—and as we continue driving more miles per person—advances in air-pollution-control technology have started losing some of their effectiveness in terms of how clean the air is overall.

The Ingredients of Air Pollution

Air pollution is associated with the full life-cycle of cars and trucks. This includes air pollution emitted during vehicle operation, refueling, manufacturing, and disposal. Additional emissions are associated with the refining and distribution of vehicle fuel. Motor vehicles cause both primary and secondary pollution. Primary pollution is emitted directly into the atmosphere; secondary pollution results from chemical reactions between pollutants in the atmosphere. The following are the major pollutants from motor vehicles:

Particulate matter (PM). These particles of soot and metals give smog its murky color. Fine particles, PM that is less than one-tenth the diameter of a human hair, pose the most serious threat to human health as they can penetrate deep into lungs. In addition to direct emissions of fine particles, automobiles release nitrogen oxides, hydrocarbons, and sulfur dioxide, which generate additional fine particles as secondary pollution.

Hydrocarbons (HC). These pollutants react with nitrogen oxides in the presence of sunlight to form ground level ozone, a primary ingredient in smog. Though beneficial in the upper atmosphere, at the ground level this gas irritates the respiratory system, causing coughing, choking, and reduced lung capacity.

Nitrogen oxides (NOx). These pollutants cause lung irritation and weaken the body's defenses against respiratory infections such as pneumonia and influenza. In addition, they assist in the formation of ground level ozone and particulate matter.

Carbon monoxide (CO). This odorless, colorless, and poisonous gas is formed by the combustion of fossil fuels such as gasoline and is emitted primarily from cars and trucks. When inhaled, CO blocks the transport of oxygen to the brain, heart, and other vital organs in the body. Fetuses, newborn children, and people with chronic illnesses are especially susceptible to the effects of CO.

Sulfur dioxide (SO2). Power plants and motor vehicles create this pollutant by burning sulfur-containing fuels, especially diesel. Sulfur dioxide can react in the atmosphere to form fine particles and poses the largest health risk to young children and asthmatics.

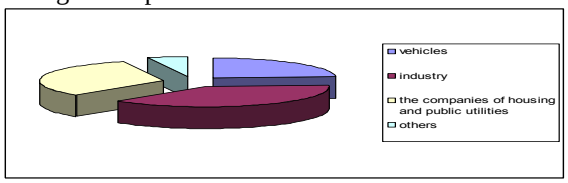
Hazardous air pollutants (toxics). These chemical compounds, which are emitted by cars, trucks, refineries, gas pumps, and related sources, have been linked to birth defects, cancer, and other serious illnesses. The Environmental Protection Agency estimates that the air toxics emitted from cars and trucks account for half of all cancers caused by air pollution. Benzene, acetaldehyde, and 1,3-butadiene are examples of toxic air pollutants associated with motor vehicle emissions.

Greenhouse gases. Motor vehicles also emit pollutants, such as carbon dioxide, that contribute to

global climate change. The transportation sector currently accounts for over a quarter of all greenhouse gas emissions.

In the settlements of Tomsk region air pollution is caused by industrial enterprises, housing and public utilities and vehicles. The amount of exhaust emission of the total emissions of pollutants in Tomsk region was 23.5%in 2010(including private cars).The problem of vehicular pollution is particularly important in the central city of the region - in Tomsk.

Fig.1. Air pollution in human settlements



The total number of vehicles, according to the Main Directorate of the State inspectorate for traffic security in Tomsk region was 131,770 in 2008. There are 512,000 people in our city. Therefore, it means that every fourth resident of the town owns a personal vehicle.

Over the last couple of years the number of cars increased by 7.8 thousand units in Tomsk region, which amounts 2.5% of the total number of vehicles. In January, 2009 277,000 vehicles were registered in Tomsk region; by January 1, 2010, the number increased by four thousand.

Table 1.Exhaust car emissions in Tomsk region in 2008

substance	emissions of one car per year, kg	total number of cars	emissions per year, kg
COx	800	131770	105416000
NOx	40		5270800
hydrocarbons	200		26354000

Table 2.Exhaust car emissions in Tomsk region in 2009

substance	emissions of one car per year, kg	total number of cars	emissions per year, kg
COx	800	277000	221600000
NOx	40		11080000
hydrocarbons	200		5540000

Table 3.Exhaust car emissions in Tomsk region in 2010

substance	emissions of one car per year, kg	total number of cars	emissions per year, kg
COx	800	281000	224800000
NOx	40		11240000
hydrocarbons	200		56200000

Calculate the concentration of carbon monoxide in the central area of Tomsk by the formula

Cco=(0,5+0,01N*Ct)*CA*Cy*Cc*Cb*Cp, where

0.5 - background air pollution of non-vehicle origin mg/m3;

N - the total intensity of the vehicles on the urban road, cars / hour;

Ct–a coefficient of carbon monoxide emission toxicity of cars;

CA – a coefficient implying aeration of the region;

Cy – a coefficient considering the change of air pollution by carbon monoxide versus the longitudinal slope;

Cc – a factor considering changes of carbon monoxide concentration due to wind velocity;

Cb – a factor considering changes of carbon monoxide concentration due to atmosphere relative humidity;

Cp – a factor of air pollution increase by carbon monoxide at crossings.

Table 4. The results of the calculation of carbon monoxide concentration

district of Tomsk	N, cars per hour	Cco
Irkutsk highway	1560	12.56
Lenin Avenue	2145	17.09
suburban trace (from Tomsk to the airport Bogashevo)	906	7.4

MPC of carbon monoxide emissions of cars is equal to 5 mg/m^3.

- Near Irkutsk highway the concentration of carbon monoxide is exceeded by 2.5 times.
- In Lenin Avenue the concentration of carbon monoxide is exceeded by 3.4 times.
- In the suburbs of the Tomsk city, the concentration of carbon monoxide is exceeded by 1.5 times

Zero-emissions vehicles already exist in two types: battery-powered vehicles and hydrogen fuel-cell vehicles. These designs, however, still have enough kinks to be worked out that they are not practical for widespread implementation at this time. Still, we now see that our goal of garnering a tremendous reduction in vehicular air pollution is possible, given technology, time, and will.

References:

1. Адам А.М. и др. Томская область. Устойчивое развитие: опыт, проблемы, перспективы. – М.: Институт устойчивого развития Общественной палаты РФ/Центр экологической политики России, 2011. p.26-64

2. Давыдова СП. Автотранспорт продолжает загрязнять окружающую среду //ЭКиП. – 2000.– № 7. – p. 40-41.

3. Roorda-Knape MC, Janssen NAH, De Hartog JJ, van Vliet PHN, Harssema H, Brunekreef B: Air pollution from traffic in city districts near major motorways. Atmospheric Environment 1998, 32:1921-1930

4. Waldron G, Pottle B, Dod J: Asthma and the motorways – One district's experience. Journal of Public Health Medicine 1995, 17:85-89.

СЕКЦИЯ 10

Теплоэнергетика

SECTION 10

Heat and Power Engineering

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ГОРЕЛОЧНОГО УСТРОЙСТВА ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ БЕСПЛАМЕННОГО ГОРЕНИЯ.

Абдрафиков Е.Ш., Долгов С.В*.,
Научный руководитель: Долгих А.Ю., старший преподаватель
Томский Политехнический Университет, 634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина 30
*ООО «Энергонефть Томск», г. Стрежевой
E-mail: ShuraD@tpu.ru

В последнее время в связи с развитием новых технологий получения чистых и сверхчистых веществ и материалов, углубением нефтепереработки, перспективностью использования водорода, в качестве высокоэффективного экологически чистого топлива наблюдается устойчивый рост его потребности, при условии снижения затрат на производство газа. Это обстоятельство вновь привлекло внимание к неравновесным процессам конверсии углеводородов в синтез-газ и водород, а также получения ацетилена из угля и природного газа на основе этих процессов [1]. Однако, водород и ацетилен является легко воспламеняемыми и взрывоопасными видами топлива. Для снижения возможности возникновения опасной концентрации газо-воздушной смеси в процессе подачи ее в топку котла, было принято решение спроектировать горелочное устройство беспламенного горения в которой процесс сжигания будет происходить во встроенном в конструкцию лабиринте (из неметаллических и негорючих материалов) с предельно малыми проходными сечениями. При такой конструкции отсутствует открытое пламя факела, а передача тепла происходит за счет инфракрасного излучения от раскаленного потока высокотемпературных продуктов сгорания выходящих из горелки [1].

Прообразом такой горелки является туннельная горелка[2].

Простейшая схема туннельной горелки представлена на рисунке 1.

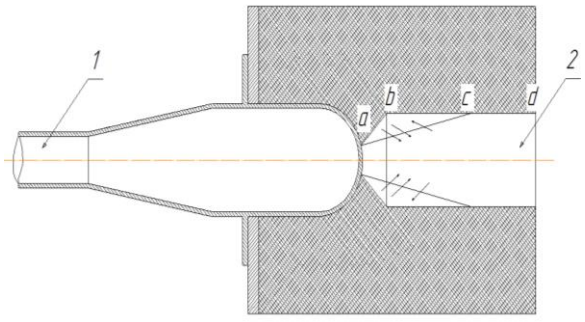


Рис. 1 Тунельная горелка.

Принцип действия тунельной горелки: газовоздушная смесь по каналу 1 подается в тунель 2 диаметром 60-80 мм, где и сгорает с тепловым напряжением порядка 30-55 Мвт/м^3. Вытекающая из канала 1 газовоздушная смесь увлекает газ из окружающего струю пространства *abc*, в результате чего в этих местах создается зона разрежения, которая вызывает приток продуктов сгорания высокой температуры из зоны горения к устью канала. За счет этого там создаются вихревые зоны продуктов сгорания высокой температуры, из них продукты сгорания расходуются, увлекаемые струей, и при одновременном притоке горячих газов. Увлеченные в струю продукты сгорания нагревают газовоздушную смесь и тем самым подготавливают ее к воспламенению. Кроме того, на стенках туннеля, на участке*cd*,благодаря шероховатостям керамики образуется застойная пленка продуктов сгорания, которая также способствует лучшему зажиганию смеси. Таким образом, эффект беспламенного горения в туннельной горелке объясняется развитым зажиганием смеси за счет застойных вихревых зон высоконагретых продуктов сгорания, и за счет застойной пленки продуктов сгорания у стенок туннеля [2].

Разработанная горелка представляла собой корпус, в который смонтирован каркас из прутков металла, удерживающий на себе сетчатую насадку-излучатель. Рабочая зона горения была полностью обтянута металлической сеткой вторичного излучения и заполнена криптолом. В центре рабочей зоны был установлен топливный эжектор, а воздушные эжекторы были расположены вокруг него по окружности с шагом 120^0[1].

Созданное устройство благополучно прошло испытания и показало достойные результаты в сравнении с горелками с керамической насадкой или так называемыми тунельными горелками.

Однако, в ходе проведения испытаний были выявлены некоторые недостатки. Первым, что лежало на поверхности, являлись достаточно большие габариты горелки, что в свою очередь влекло за собой больший расход материалов и неудобность обращения в процессе испытания. В результате, было достигнуто уменьшение размеров примерно в 2-2,5 раза.

Второй момент заключался в том, что при достаточно небольшом времени эксплуатации, сетчатая насадка-излучатель, которой обтянута вся рабочая зона горения, достаточно быстро приходила в негодность, что не позволяло качественного и длительного использованя спроектированной модели. Новым решением в данной ситуации стало изменение системы подачи воздуха. Если в первоначальном варианте воздух подавался снизу по трем линиям, с равномерным их расположением по окружности горелочного устройства, то в данной ситуации было решено осуществлять подачу через боковые стенки горелки,с двух сторон, на разных уровнях высоты. Логика решения заключалась в том, что при подаче воздушной смеси сбоку, она до попадания в криптоловую засыпку,охлаждала бы металлическую сетку, что в свою очередь давло бы ей возможность работать на достаточно продолжительном интервале времени.

Таким образом, после проработки конструкции горелочного устройства инфракрасного излучения, мы получили новую, более усовершенствованную модель горелки, изображенную ниже, на рисунке 2.

Новое горелочное устройство состоит из трех элементов, собираемых между собой с помощью двух резьбовых соединений. Центральным элементом является цилиндр, длиной 200 мм. В цилиндре имеются два выхода для линий подачи воздушной смеси, а также четыре отверстия для подключения термопар, чтобы иметь возможность для определения температуры рабочей среды в различных точках горения.

Непосредственно к цилиндру, с помощью резьбового соединения, присоединяется, так называемая, нижняя часть горелки. Она состоит из металлической перфорированной трубки и также перфорированного цилиндра, которые приварены к основанию. В данной ситуации, в пространство между трубкой и цилиндром насыпается пористая засыпка (в нашем случае криптол, как материал, представляющий собой чистый углерод, что позволяет ему работать при достаточно высоких температурах, до 800 ^{0}C без видимых повреждений структуры довольно длительное время), в которую в процессе горения подается, сжигаемое топливо и воздух. Подача воздуха происходит, с помощью компрессора и игольчатого вентиля, через отверстия в центральном элементе, сквозь перфорации в цилиндре нижней части горелки.

Последним элементом горелочного устройства является его верхняя составляющая выполняющая функцию направляющего аппарата выходящего потока продуктов сгорания, которая включает в себя цилиндр, с вмонтированной в него сетчатой насадкой и отводную трубу, для проведения газового анализа.

Планируется провести эксперименты для подтверждения работоспособности конструкции и отсутствия недостатков которые были выявлены в предыдущей конструкции. Также планируется определение основных физических характеристик происходящих процессов – температура, давление и т.д.), эти данные в дальнейшем потребуются для составления математической модели.

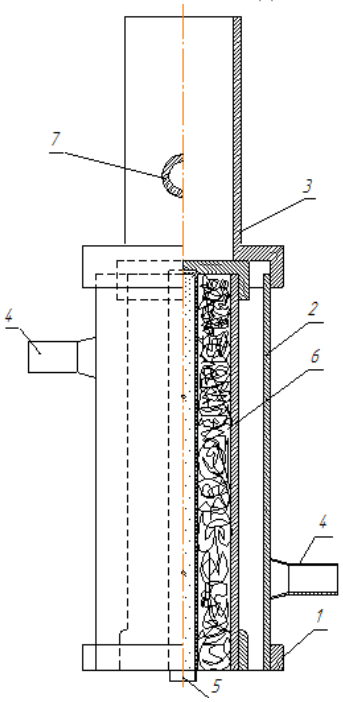


Рис. 2 Конструктивная схема горелочного устройства инфракрасного излучения беспламенного горения: 1- нижняя часть горелочного устройства; 2- центральная часть горелочного устройства; 3- верхняя часть горелочного устройства (направляющий аппарат); 4- линии подачи воздуха; 5- линия подачи топлива; 6 - криптоловая засыпка; 7- отводная труба для проведения газового анализа.

Список литературы.

1. С.В. Долгов, А.Ю. Долгих, А.А. Макеев. Испытания горелочного устройства инфракрасного излучения беспламенного горения. // Теплофизические основы энергетических технологий: сборник научных трудов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Томск, 4-6 Октября 2012. - Томск: Изд-во ТПУ, 2012 - с. 150-154.

2. Д.М. Хзмалян, Я.А. Каган. Теория горения и топочные устройства / под ред. Д.М. Хзмаляна.- М.: «Энергия», 1976.- 486с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Афанасьев К.Ю.
Научный руководитель: Молодежникова Л.И., ст. преподаватель
Томский политехнический университет, 634050, Россия, Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: afalina1@sibmail.com

Большинство промышленных предприятий являются крупными объектами водопотребления и одновременно сбрасывают большой объем сточных вод в городские или районные системы канализации, а также в собственные пруды-накопители шлама.

В частности, сточные воды энергетических и нефтеперерабатывающих предприятий высокотоксичны и при существующих объемах водоотведения представляют собой серьезную экологическую опасность. Очистка этих стоков до параметров, предусмотренных действующими в настоящее время нормативными требованиями, традиционными способами ведет к использованию крупномасштабных физико-химических и биолого-химических очистных сооружений, при этом некоторые стоки все равно не удается экономически эффективно очистить до уровня, при котором становится возможным их использование в системах оборотного водоснабжения. Это создает предпосылки для поиска более компактных и эффективных методов очистки сточных вод. В связи с этим является необходимым реконструкция существующих очистных сооружений или строительство новых с использованием нестандартных подходов.

В целях защиты окружающей среды работа предприятий нефтехимии, энергетики и многих других должна быть организована так, чтобы образующиеся отходы перерабатывались в новые продукты. Таким образом, безотходная технология является наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия [1].

При разработке новых систем утилизации сточных вод должны быть учтены такие факторы как:

- эффективное и рациональное использование топливно-энергетических ресурсов;
- максимальное использование вторичных энергоресурсов (ВЭР);
- эффективное использование территории промышленных объектов без неконтролируемого разрастания полигонов для отходов производства;
- рациональное использование водных ресурсов.

Наиболее сложными для очистки стоками на упомянутых ранее, предприятиях являются сточные воды электрообессоливающих (ЭЛОУ) и водоподготовительных установок, применяемых на нефтеперерабатывающих завода (НПЗ) и теплоэнергетических станциях соответственно.

Сточные воды, содержащие эмульгированную нефть и большое количество растворенных солей (по преимуществу хлористый натрий), поступают от электрообессоливающих установок и сырьевых парков. Содержание нефти в этих стоках сильно колеблется и достигает до 30–40 г/л, что связано с негерметичностью технологического оборудования и недостаточно квалифицированной эксплуатацией технологических установок. Содержание хлоридов составляет 10–15 г/л. Высокий солевой состав этих вод не позволяет использовать их в оборотном водоснабжении [2].

Если избавление от эмульгированной нефти путем механического и физико-химического методов не представляет труда, то снижение концентрации истинно-растворенных примесей должно сводиться к биолого-химическим методам с последующей доочисткой, что приводит к резкому увеличению затрат и времени на очистку, а также площади очистных сооружений. Подобная проблема характерна и для стоков водоподготовительных установок, которые имеют высокое содержание сульфата и хлорида натрия.

Из анализа стало ясно, что при обессоливании сточных вод, в которых содержание анионов сильных кислот превышает 5 мг экв/кг, термическое обессоливание экономически выгоднее химического обессоливания [3]. Данную закономерность можно увидеть на рисунке 1.

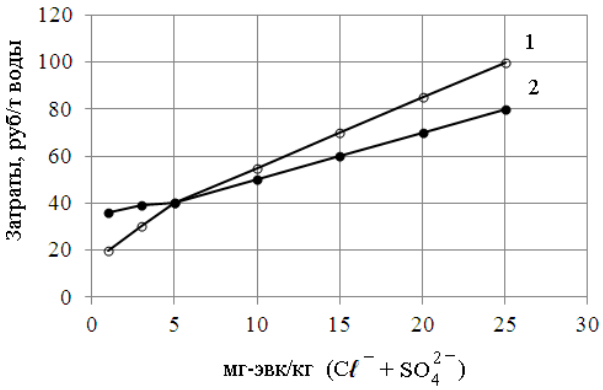


Рисунок 1 Сравнение затрат на химическое (1) и термическое (2) обессоливание

Дополнительным плюсом к применению термического обессоливания стоков ЭЛОУ на месторождениях по средствам использования выпарных аппаратов является возможность утилизации в них попутного нефтяного газа (ПНГ). Этот факт является весомым, в силу вступления ужесточающих мер согласно постановлению

правительства «О мерах по стимулированию сокращения загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания попутного нефтяного газа на факельных установках».

Наиболее подходящие для выпаривания сточных вод испарительные установки условно можно разделить на те, в которых раствор контактирует и не контактирует с поверхностью нагрева. В установках первого типа образуются отложения солей с соответствующим снижением плотности теплового потока и производительности установок. При этом неизбежны периодические остановки на чистку поверхности нагрева, снижающие технико-экономические показатели и усложняющие эксплуатацию установок. Степень концентрирования в них существенно ограничена из-за резкого увеличения отложений с ростом концентрации раствора [4]. В установках второго типа, к которым относятся аппараты погружного горения (АПГ), данные проблемы отсутствуют.

Таким образом, выбор того или иного выпарного аппарата зависит от той концентрации раствора, которую мы хотим получить и от конечного содержания воды в растворе, соответственно, эффективно и экономично получить высококонцентрированный насыщенный продукт можно только в аппарате погружного горения с последующей сушкой. Также стоит отметить эффективность применения установок мгновенного испарения для концентрирования раствора до 5-10%, учитывая, что работать они могут на низкотемпературных вторичных энергоресурсах [5].

В ходе работы были разработаны и проанализированы несколько схем для обезвреживания рассмотренных сточных вод. Наиболее эффективные из них представлены на рисунках 2 и 3.

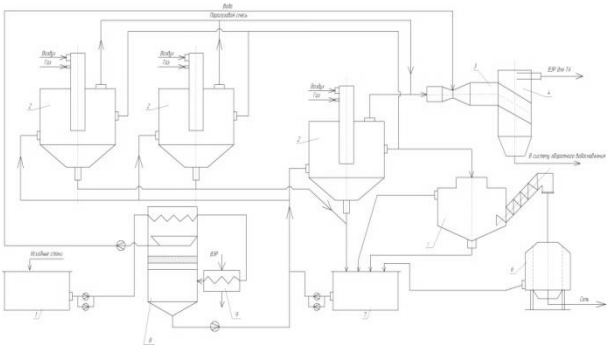


Рисунок 2 Принципиальная технологическая схема извлечения солей из стоков ЭЛОУ

Выбор системы газоочистки производился с целью достижения наиболее интенсивного тепло- и массообмена для утилизации теплоты парогазовой смеси, эффективного пылеулавливания, а также малой металлоемкости, в результате чего были рассмотрены различные виды скрубберов и конденсаторов и выбран скоростной газопромыватель, состоящий из скруббера Вентури и циклона-каплеуловителя.

Для повышения качества получаемых вторичных материальных ресурсов предложено использовать барабанную сушилку, источником теплоты для которой будут служить уходящие газы АПГ, это позволит получить экономический эффект при реализации сульфата и хлорида натрия.



Рисунок 3 Принципиальная технологическая схема извлечения солей из стоков водоподготовительных установок

Все предложенные решения позволят эффективно использовать вторичные энергоресурсы и территорию промышленных предприятий без бесконечного роста прудов-накопителей шлама, рационально использовать водные ресурсы, а значит, повысят экологические и технико-экономические показатели производства.

Список литературы

1. Защита биосферы от промышленных выбросов: учебное пособие / А. И. Родионов, Ю. П. Кузнецов, Г. С. Соловьев. — М.: КолосС: Химия, 2005. — 387 с.
2. Методические указания по санитарной охране водоемов от загрязнения нефтью № 141776.
3. Водоподготовка в энергетике: учебное пособие для вузов / А. С. Копылов, В. М. Лавыгин, В. Ф. Очков – М.: Изд-во МЭИ, 2006. — 309 с.
4. Таубман Е. И. Термическое обезвреживание минерализованных промышленных сточных вод. — Л.: Химия, 1975. — 208 с.
5. Афанасьев К. Ю. Сравнительный анализ методов обессоливания стоков водоподготовительной установки ТЭЦ // СТТ: Тр. XVIII Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Т. 3 / Томск: ТПУ, 2012. С. 155 – 156.
6. Афанасьев К.Ю. Вариант термического обезвреживания сточных вод водоподготовительной установки АЭС. // Известия вузов. Физика. 2012. №2/2. С. 148 – 150.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СХЕМЫ КОЛЬСКОЙ АЭС

Болтунов А. Е., Матвеев А. С.
Научный руководитель: Матвеев А. С., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ArtemBoltunov@mail.ru

Атомная электростанция (АЭС) – ядерная установка для производства энергии в заданных режимах и условиях применения, располагающаяся в пределах определенной проектом территории, на которой для осуществления этой цели используются ядерный реактор и комплекс необходимых систем, устройств, оборудования и сооружений с необходимым персоналом [4].

Энергоблоки АЭС спроектированы с большим запасом по основным критическим параметрам, безопасности и надежности эксплуатации. Накопленный опыт эксплуатации необходимо эффективно использовать для улучшения технико-экономических показателей энергоблоков, в том числе благодаря повышению номинальной мощности реакторной установки (РУ) [3].

Существует три основных варианта увеличения мощности АЭС:

1. Повышение точности измерения параметров (можно получить до 2 % прироста мощности), которое достигается внедрением усовершенствованных методов расчета мощности реактора и использованием современных и точных приборов измерения расходов питательной воды и пара;
2. Расширение пределов повышения мощности при соблюдении проектных пределов безопасной эксплуатации (обычно позволяет увеличить ее на 2...7 %); при этом изменяются установки контрольно-измерительных приборов и не предусматривается больших объемов работ по модификации АЭС;
3. Повышение мощности на 7…20 % требует значительной модификации основного неядерного оборудования: турбин высокого давления, насосов и электродвигателей на линии конденсатно-питательного тракта, главных электрогенераторов и/или трансформаторов [1].

Особенностью эксплуатации турбин АЭС, работающих на влажном паре, является наличие 12…15 % влаги на выходе из цилиндра высокого давления. Для поддержания надежности и экономичности проточной части турбоустановки и всего блока в целом вода должна удаляться в сепарационных устройствах, а пар перегреваться в пароперегревателях.

На конечную производительность турбоустановки большое влияние оказывают следующие показатели работы:

- Влажность пара после сепаратора;
- Температура нагреваемого пара после первой ступени промежуточного перегрева;
- Температура нагреваемого пара после второй ступени промежуточного перегрева;
- Недогрев основного конденсата (питательной воды) в подогревателях.

Увеличение недогрева пара в одном из подогревателей на 5 °С может привести к снижению электрической мощности порядка турбоустановки 1 МВт [2].

Учет недогревов для подогревателей разной конструкции может быть произведен на стадии проектирования эксплуатационной схемы.

В данной работе предусматривается анализ работы существующей схемы Кольской АЭС и ее дальнейшая работа по ее модернизации.

Турбины Кольской АЭС работают на влажном паре в условиях интенсивного коррозионного износа. Применение надежных сепарационных устройств и подогревателей системы промперегрева и регенерации с минимальными значениями недогрева является залогом надежной работы данной АЭС.

В качестве базового режима работы была принята принципиальная тепловая схема турбоустановки К-220-44 при работе в конденсационном режиме при эффективности в 107 %.

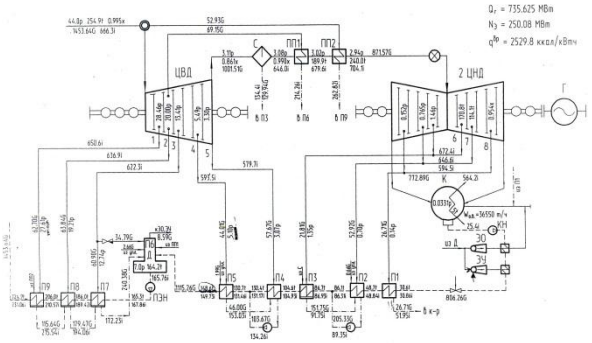


Рис. 1. Принципиальная тепловая схема турбоустановки К-220-44 при работе в конденсационном режиме

Для анализа работы существующей принципиальной тепловой схемы, величины недогревов для каждого из подогревателей, показателей тепловой экономичности турбоустановки была написана программа в пакете Mathcad с применением функций программы WaterSteamPro.

Написанная программа представляет собой последовательность уравнений для теплового расчета турбоустановки и расчета изменения расхода пара по проточной части турбины.

Приведем некоторые фрагменты программы:

1. Начальные параметры пара:

Исходные данные:

$P01 := 44\ \frac{кгс}{см^2}$ $t0 := 254.9\ C$ $G0 := 1453.64\ \frac{т}{ч}$

$X0 := 0.995$ $G := G0 \cdot \frac{1000}{3600} = 403.8\ \frac{кг}{с}$

Расчет проесса расширения пара в турбине К-220-44:

Параметры свежего пара

$P0 := P01 \cdot \frac{98.0665}{1000} = 4.31\ МПа$

$h0 := \frac{wspHPTX(P0 \cdot 10^6, t0 + 273.15, X0)}{10^3} = 2799.2\ \frac{кДж}{кг}$

$S0 := \frac{wspSPTX(P0 \cdot 10^6, t0 + 273.15, X0)}{10^3} = 6.038\ \frac{кДж}{кг \cdot К}$

Параметры свежего пара после дросселирования в СРК:

Потери давления в стопорном и регулирующих клапанах: $\delta P := 6.05\ \%$

Давление за регулирующим клапаном:

$Pрк := P0 \cdot \left(1 - \frac{\delta P}{100}\right) = 4.05\ МПа$

Температура пара за регулирующим клапаном (определяем при условии h=const):

$tрк := wspTPH(Pрк \cdot 10^6, h0 \cdot 10^3) - 273.15 = 251.2\ C$

Степень сухости пара за регулирующими клапанами: $Xрк := 0.994$

Энтрапия пара за регулирующими клапанами:

$Sрк := \frac{wspSPTX(Pрк \cdot 10^6, tрк + 273.15, Xрк)}{10^3} = 6.045\ \frac{кДж}{кг \cdot К}$

Рис. 2. Определение начальных параметров пара

2. Определение энтальпии в отборах:

Определение энтальпий

Расчет ЦВД:

Определим энтальпию в первом отборе:

$P11 := 28\ \frac{кгс}{см^2}$

$P1 := P11 \cdot \frac{98.0665}{1000} = 2.75\ МПа$

Определим теоретическое значение энтальпии h1t:

$h1t := \frac{wspHPS(P1 \cdot 10^6, Sрк \cdot 10^3)}{10^3} = 2714.7\ \frac{кДж}{кг}$

Определим теоретический теплоперепад ступени:

$H1t := h0 - h1t = 84.5\ \frac{кДж}{кг}$

Определим действительный теплоперепад ступени:

$\eta oiCT1 := 0.9006$

$H1 := H1t \cdot \eta oiCT1 = 76.1\ \frac{кДж}{кг}$

Определим действительное значение энтальпии первого отбора:

$h1 := h0 - H1 = 2723.1\ \frac{кДж}{кг}$

Рис. 3. Определение энтальпии в отборах турбины

Определение энтальпий последующих отборов и энтальпий системы регенерации пара осуществляется аналогично.

Дальнейший расчет сводится к определению изменений расхода пара по проточной части и нахождению основных экономических показателей турбоустановки.

Данная математическая модель позволит наглядно проанализировать влияние температурного напора на эффективность турбины.

Причинами повышенного температурного напора могут быть:

- Снижение коэффициента теплоотдачи из-за загрязнения поверхности теплообмена с водяной и паровой сторон или неудовлетворительной работы системы отсоса воздуха из парового пространства;
- Уменьшение рабочей поверхности подогревателя из-за заглушки части труб или затопления трубной системы при повышенном уровне конденсата греющего пара в корпусе подогревателя;
- Тепловая перегрузка подогревателя при пуске через него питательной воды (конденсата) с пониженной температурой [5].

Выводы:

Таким образом, анализируя литературу, можно выбрать основные направления снижения недогрева в поверхностных подогревателях:

- Изменением водно-химического режима (морфолиновый ВХР), что позволит повысить вывод железа с продувкой;
- Применение материалов трубок, стойких к эрозионным и коррозионным воздействиям;
- Применение смешивающихся подогревателей, что позволит производить дополнительную деаэрацию основного конденсата и работать с нулевым недогревом.

1. Прироста в мощности можно достичь путем повышения температуры на входе в питательный насос при увеличении давления в деаэраторе, что позволит отказаться от одной ступени ПВД и снизить вынос железа в тракт [6].
2. Программа является основой для дальнейшего расчета и оптимизации технологического процесса турбоустановки К-220-44.

Дальнейшая работа будет сводиться к оптимизации основных параметров турбоустановки и поиску решений по снижению недогрева в подогревателях, что приедет росту коэффициента полезного действия энергоблока в целом.

Список литературы:

1. Игнатов В. И., Шутиков А. В., Рыжков Ю. А. Повышение номинальной мощности энергоблоков российских АЭС с ВВЭР-1000 // Теплоэнергетика. – 2009. - № 11. – С. 63-66.
2. Давиденко Н. Н., Соломеев В. А. Совершенствование технико-экономических показателей технологического оборудования действующих АЭС // Теплоэнергетика. – 2008. - № 1. – 15-16.
3. Стерман Л. С., Лавыгин В. М., Тишин С. Г. Тепловые и атомные электрические станции // Учебник для вузов. – 2008. – М.
4. Википедия – свободна энциклопедия // ru.wikipedia.org.
5. Энергетика // http://foraenergy.ru.
6. Трифонов Н. Н., Святков Ф. А., Ковынев И. В. Совершенствование системы регенерации турбины К-200(225)-12.8 // Теплоэнергетика. – 2012. - № 3. – С. 26-30.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ С КОНИЧЕСКИМ КАНАЛОМ

Быков Н.В.
Научный руководитель: Зеленцов В.В., к.т.н., доцент, зав. кафедрой.
Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана,
105005 Москва, 2-ая Бауманаская, д. 5.
E-mail: bykovnv@bk.ru

Первые теоретические исследования и опытные образцы орудий с коническим каналом предлагались еще в 70-е гг. XIX века. При этом рассматривались как схемы с конусом по всей длине ствола, так и цилиндроконические стволы, которые состоят из двух цилиндрических участков (первый обычно нарезной, а второй - гладкий) различных диаметров d_1 и d_2 ($d_1 > d_2$) и сопрягающего их гладкого конического участка. Простейшее рассмотрение и расчет внутренней баллистики конических стволов на основе термодинамических моделей изложен в [1].

Существенным вопросом при стрельбе из стволов с коническим каналом является выбор конструкции снаряда. Исторически предлагались в основном конструкции с поясками-юбками (пуля К. Пуфа, пуля Г. Герлиха). Эти снаряды достаточно сложны, испытывают большие силы сопротивления при прохождении конического канала и, кроме того, не используют конический канал максимально эффективно. Для устранения этих недостатков можно использовать специальную конструкцию снаряда с деформируемым поршнем, который может легко сжиматься при прохождении конического участка. Типовая конструкция такого снаряда для d_1 = 30 мм показана на рис. 1.

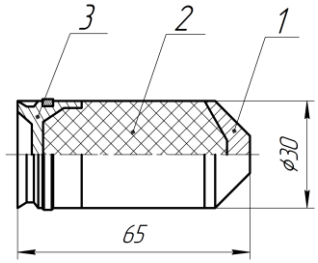


Рис. 1. Схема снаряда с пластическим поршнем

Здесь 1 – это метаемый компактный поражающий элемент, 2 – пластический поршень, 3 – инерционный поддон. В качестве материалов для пластического поршня могут использоваться полиэтилен высокого давления, пластичные металлы (медь, свинец) и даже жидкости. Полная масса разгоняемого снаряда (сборки) складывается при этом из масс всех элементов, в то время как метается только масса 1.

Резкое увеличение скорости достигается при проходе пластического поршня через конус за счет «гидродинамического эффекта» - ускорения пластического материала при уменьшении поперечных размеров. Такой эффект аналогичен ускорению газа в сужающейся части сопла ракетного двигателя.

Поскольку рассматриваемый эффект зависит от положения и длины конического участка, а также включает в рассмотрение дополнительную среду в виде пластического поршня со своим уравнением состояния, описание внутренней баллистики при помощи термодинамической модели в данном случае весьма затруднительно. Наиболее простым описанием в этом случае является квазиодномерная газодинамическая модель с применением гипотезы газопороховой смеси. Поскольку в данном случае описание движения в эйлеровых координатах вызывает дополнительные сложности, связанные с описанием движения контактных границ, в одномерном случае удобно перейти к массовым лагранжевым координатам, в которых система уравнений, описывающая движение пороховых газов следующим образом

$$\begin{aligned}
&\frac{d}{dt}\left(\frac{1}{\rho S}\right) = \frac{\partial u}{\partial m},\\
&\frac{du}{dt} = -S\frac{\partial p}{\partial m},\\
&\frac{dx}{dt} = u,\\
&\frac{d\varepsilon}{dt} = -p\frac{\partial}{\partial m}(uS),\\
&\frac{dz}{dt} = \frac{p}{J_k},\\
&\frac{d\psi}{dt} = \kappa_1\left(1+2\lambda_1 z\right)\frac{p}{J_k},\\
&\varepsilon = \frac{p}{k-1}\left(\frac{1}{\rho} - \frac{1-\psi}{\delta} - \alpha\psi\right) + (1-\psi)\frac{f}{k-1}.
\end{aligned} \qquad (1)$$

Такая схема сочетает в себе универсальность и простоту благодаря естественному отслеживанию контактных границ. Для описания движения пластического поршня используется эта же система с исключением уравнений, описывающих горение. Численное решение проводится с использованием модифицированной схемы Неймана с искусственной вязкостью, которая более подробно описана в работе [2].

Результат решения задачи представлен на рис. 2. Снаряд разгоняется по классической схеме в первом цилиндрическом участке до 1100 м/с и затем при прохождении конуса получает резкое приращение скорости в 1000 м/с.

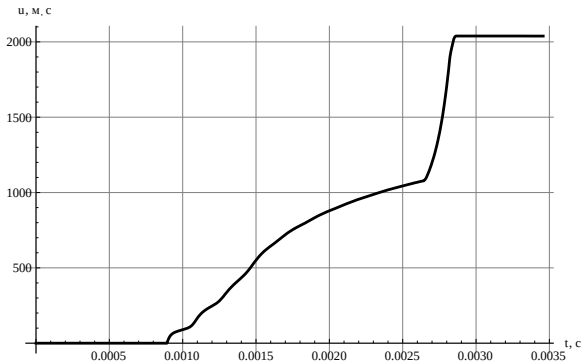


Рис. 2. Зависимость скорости снаряда от времени

Такое увеличение скорости сопровождается сильным пиком давления в конусе, доходящим до 10…14 тыс. атм. Это является основным недостатком схемы метания, приводящим к низкой живучести конического канала. В расчете использовались следующие параметры: порох 4/7 Цгр, плотность заряжания 800 кг/м3, длина разгонной части ствола 1 м, диаметр широкой части ствола d1 = 30 мм, диаметр узкой части d2 = 14.5 мм, длина конуса 240 мм, масса метаемого элемента 22 г.

Сравнение результатов расчетов показывает хорошее согласие с данными экспериментальных работ, проведенных ранее в Дмитровском филиале МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Дальнейшее усложнение модели до двумерного описания представляет несомненный интерес, поскольку движение пластического снаряда в коническом канале имеет существенно двумерный характер. Поскольку для двумерного описания лагранжевы координаты теряют свои преимущества, здесь встает вопрос о способе отслеживания контактной границы. Для численного интегрирования уравнений в этом случае удобно воспользоваться методом крупных частиц, поскольку в этом методе отработаны расчеты двухфазных течений. Для отслеживания контактной границы используется алгоритм ее явного выделения, предложенный в [3] для безмассовой контактной границы. Однако, в случае контактной границы ненулевой массы (по сути являющейся поршнем) расчетные формулы для ячеек, окружающих контактную границу должны быть изменены, поскольку разделяемые области могут обмениваться информацией только посредством движения контактной границы. В определенном смысле рассматриваемый алгоритм является вариантом метода дробных ячеек. В начальный момент контактная граница находится строго на границе между ячейками I_c и $I_c + 1$. Длины всех ячеек равны Δx, длина ячейки $I_c + 1$ равна $2\Delta x$. После этого начинается движение контактной границы под действием разности давлений в прилегающих к ней ячейках. При этом ячейка I_c увеличивается, ячейка $I_c + 1$ уменьшается. Как только размер последней достигает Δx, происходит переключение: ячейка Ic становится равной Δx, а ячейка Ic + 1 становится равной $2\Delta x$. Это делается для того, чтобы размер ячейки не стал меньше Δx, и не нарушались условия Куранта.

В настоящее время цилиндроконические стволы могут найти применение в качестве сравнительно недорогого средства получения высоких скоростей для исследования и имитации процессов высокоскоростного соударения тел в лабораторных условиях. Потребности в таких установках могут возникать, например, при отработке средств защиты космических аппаратов от космического мусора. Это требует создания экономичных и эффективных средств высокоскоростного метания компактных тел, поскольку космический мусор чаще всего представляет собой небольшие частицы из алюминиевых сплавов, массой от долей грамма до сотен грамм, движущихся со скоростями в несколько км/с. При этом, хотя цилиндроконические установки по своим скоростным характеристикам уступают легкогазовым, они значительно проще и дешевле в эксплуатации. Помимо этого, использование пластических снарядов и дополнительного конуса на легкогазовых установках может значительно повысить скорость их метания.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 12-08-31408).

Литература

1. *Серебряков М.Е.* Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет, М.: Оборонгиз, 1962. - 703с.
2. *Быков Н.В., Владимиров В.С., Зеленцов В.В.* Инженерная методика расчета внутренней баллистики систем высокоскоростного метания // Оборонная техника. - Москва: НТЦ «Информтехника», 2011, No 8, с. 3-9.
3. *Белоцерковский О.М.* Численное моделирование в механике сплошных сред. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Физматлит, 1994. - 448 с.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА ПРИ СТУПЕНЧАТОЙ ПОДАЧЕ ТОПЛИВА В ТОПКУ КОТЛА БКЗ-320-140

Васильев А.А., Дубровин С.П., Н.В. Визгавлюст
Научный руководитель: Н.В. Визгавлюст
Томский политехнический университет, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: vasilievartem@list.ru

Защита атмосферного воздуха от загрязнений является одной из наиболее острых проблем современности. В общей массе токсичных веществ, выбрасываемых в атмосферу различными технологическими устройствами, оксиды азота составляют 18-40%. Статистические данные показывают, что теплоэнергетика является одним из основных «поставщиков» NO_x в окружающую среду [1].

Для внедрения эффективных способов уменьшения образования оксидов азота необходимо разрабатывать методы математического моделирования сжигания азотосодержащих топлив в топках и камерах сгорания.

В данной работе описывается численное моделирование образования оксидов азота при горении пылевидного топлива в топке промышленных котлоагрегатов на базе разработанной Митчеллом и Тэрболом [2] кинетической модели образования NO при сжигании угольной пыли.

Эта модель удобна в использовании, т.к. ее кинетическая схема включает только 13 реакций (сюда входят реакции догорания коксового остатка и выхода и горения летучих) и соответствует современному представлению о химических процессах, ведущих к образованию оксидов азота при сжигании твердого топлива.

Процесс образования оксидов азота можно представить следующим образом: при быстром нагреве частицы угля происходит ее термическое разложение (пиролиз), в результате которого имеет место выход летучих компонентов угля, в том числе углеводородов и азота топлива. При этом часть связанного азота топлива (до 70–80 %) практически мгновенно) переходит, а газовую фазу в виде цианидов. Затем происходит газовое горение углеводородных компонентов летучих и гетерогенное догорание коксового остатка. Остальной азот (20–30 %), равномерно распределенный по частице кокса, окисляется прямо до NO со скоростью, пропорциональной скорости догорания коксового остатка (реакция 2). Цианиды, образовавшиеся при выходе летучих, переходят (реакция 3) в амины, которые, реагируя с O_2 (реакция 4) или NO (реакция 5), могут способствовать образованию оксидов азота либо восстановлению N_2 из NO. Кроме того, важным с точки зрения конверсии оксидов азота является реакции образования HCN в результате взаимодействия с NO (реакция 6) и гетерогенная реакция между NO и частицей кокса (реакция 7).

(реакция 1) N (в летучих) $\rightarrow$ HCN;
(реакция 2) N (в коксе) + $0{,}5O_2 \rightarrow$ NO;
(реакция 3) HCN + H_2O + $0{,}5O_2 \rightarrow$ NH_3 + CO_2;
(реакция 4) NH_3 + $O_2 \rightarrow$ NO + H_2O + $0{,}5H_2$;
(реакция 5) NH_3 + NO $\rightarrow$ N_2 + H_2O + $0{,}5H_2$;
(реакция 6) NO + углеводороды $\rightarrow$ HCN + H_2O;
(реакция 7) C (кокс) + 2NO $\rightarrow$ CO_2 + N_2;
(реакция 8) N_2 + $O_2 \leftrightarrow$ 2NO;
(реакция 9) H_2 + $0{,}5O_2$ = H_2O.

Численные исследования на основе предложенной модели проведены в камерной топке котла БКЗ–320–140ПТ с последующей верификацией полученных результатов по экспериментальным данным [3].

Котельный агрегат БКЗ–320–140ПТ (рис. 1) спроектирован для сжигания бурых углей Канско-Ачинского бассейна [3]. Выполнен однокорпусным по П–образной компоновке с симметричным расположением поверхностей нагрева. Топочная камера – полуоткрытого типа с жидким шлакоудалением. На отметке 11 400 фронтальный и задний экраны образуют «пережим», отделяющий камеру горения от камеры охлаждения. Камера горения состоит из двух сообщающихся восьмигранных предтопков с футерованными экранами, каждый из предтопков оборудован четырьмя прямоточными горизонтально щелевыми горелками. Оси горелок каждого предтопка направлены по касательной к воображаемой окружности диаметром 980 мм и наклонены к поду на 15°. В «пережиме» расположены сбросные горелки, через которые производится сброс в топку слабо запыленного сушильного агента из системы пылеприготовления.

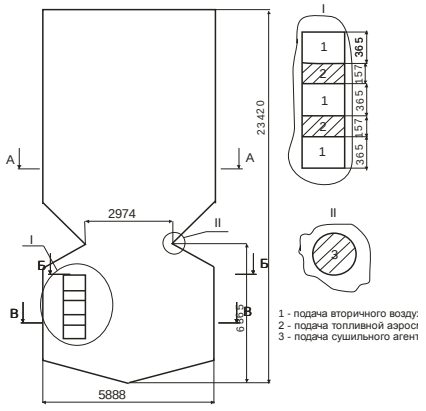


Рис. 1 Геометрические характеристики топки котла БКЗ–320–140

Расчеты распределения концентрации оксидов азота, температуры и концентрации кислорода по

высоте топки выполнялись с использованием аэротермодинамических и температурных полей, полученных с помощью пакета прикладных программ FIRE 3D [4], в зависимости от ступенчатой подачи топлива при постоянном избытке воздуха на выходе из топки 1,27.

На рис. 2 представлено типичное распределение интегральных значений температуры по высоте топочной камеры.

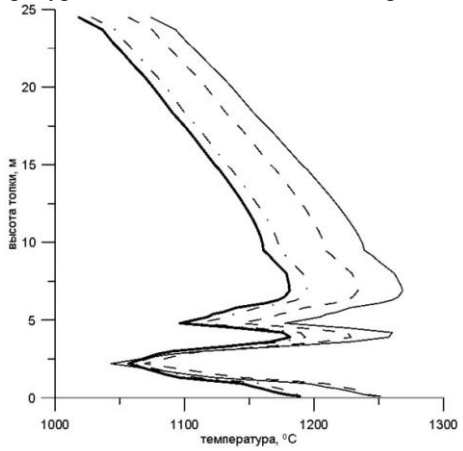


Рис. 2 Распределение по высоте топки средней в сечении температуры:—— – δ=0,72, –•–•– – δ=0,62 – – – – δ=0,55, ——— – δ=0,38

На рис. 3 показано полученное численно распределение значений осредненных в горизонтальных сечениях концентраций оксидов азота по высоте топочной камеры.

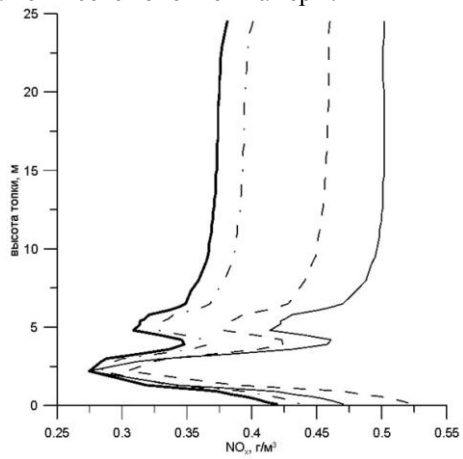


Рис. 3 Распределение по высоте топки оксидов азота: —— – δ=0,72, –•–•– – δ=0,62 – – – – δ=0,55, ——— – δ=0,38

Из видно из рис. 3, максимальное количество оксидов азота NO_x образуется в зоне активного горения, характеризующейся повышенными значениями температуры двухфазного потока. Процесс образования оксидов идет в двух сравнительно не больших зонах, расположенной ниже и выше уровня горелочного пояса. И по ходу факела существенно не изменяется, это говорит о том, что образование оксидов в основном происходит на стадии выгорания летучих. Образование оксидов азота в камере охлаждения в небольших количествах (10–15 %) от конечной концентрации на выходе из топки происходит за счет остаточного азота топлива в частицах, выносимых из камеры горения.

Сравнение полученных численных результатов с натурными исследованиями [3] и расчетной методикой [5] в зависимости от ступенчатой подачи топлива на выходе из топки представлено на рисунке 3.

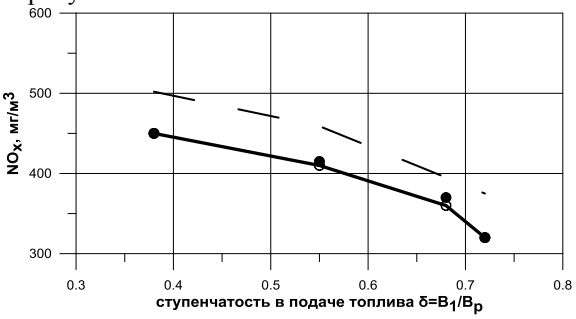


Рис. 3 Изменение концентрации оксидов азота в зависимости от ступенчатости подачи топлива:
● – экспериментальные измерения [3],
– – – – расчет с помощью ППП FIRE–3D–NOx,
—— – расчет по нормативному методу [5]

Из рисунка 3, видно, что численная модель имеет достаточно высокую адекватность предсказания генерации оксидов азота, поскольку средняя погрешность между численными результатами и экспериментальными данными составляет 2 %. И в дальнейшем может рассматриваться как постпроцессор к пакету Fire3D [4] и вместе с ним использоваться для вариантной проработки конструктивных решений при проектировании и модернизации котельных агрегатов.

Список литературы:

1. Котлер В.Р. Оксиды азота в дымовых газах котлов – М.: Энергоатомиздат, 1987 – 144 с., ил.
2. Mitchell J.W., Tarbell J.M. A kinetic model of nitric oxide formation during coal combustion // American Institute of Chemical Engineers Journal. – 1982. – V. 28. – № 2. – P. 302–310.
3. Будилов О.И., Заворин А.С. Опыт улучшения экологических характеристик тепловой электростанции. – Томск.: Издательство «Красное знамя», 1994. – 100 с.
4. Заворин А.С., Красильников С.В., Старченко А.В. Программный комплекс для расчета и визуализации трехмерных реагирующих турбулентных течений в топках котлов // Проблемы использования канско-ачинских углей на электростанциях: Матер. Всеросс. научно-практ. конф. – Красноярск: СибВТИ, 2000. – С. 369–371.
5. Безгрешнов А.Н., Липов Ю.М., Шлейфер Б.М. Расчет паровых котлов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 240с.

СРАВНЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОВОДНИКОВ ИЗ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Войтенко А.И.
Научный руководитель: В.Д. Никитин, доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: derbes@sibmail.com

1. Оценка критериев

1.1. При проектировании электроустановок основные проводниковые материалы – алюминий и медь. Медь обладает большей электропроводностью ([1]: 50 *MS/m vs* 30,5 у *Al*), высокими механическими и теплотехническими [2] характеристиками, устойчивостью к коррозии и др. Не случайно в США монтаж, например, осветительных сетей выполняется преимущественно медью [3]. Но медь существенно дороже. Экономическое сравнение сетей с *Cu*- и *Al*-проводниками можно, в принципе, выполнять по методике С.А. Клюева [4], однако, при учете большого (свыше 10) числа взаимодействующих факторов трудно или невозможно вычленить влияние именно материала проводника.

1.2. Одним из вариантов экономического сравнения является расчет времени выравнивания стоимости установки с *Cu*- и *Al*-проводниками, например, в форме разницы капитальных и эксплуатационных затрат и сопоставления этого времени со сроком службы изделия. В [5] приведена методика расчета времени выравнивания разницы капитальных затрат и разности (в денежном эквиваленте) потерь энергии в *Cu*- и *Al*- проводниках в функции самых «ходовых» для групповых сетей значений расчетного тока I=10-20-30-40-50-60-70 А. При этом сечение проводников находилось по таблицам длительно допустимых токовых нагрузок по ПУЭ; несовершенство этих таблиц (при их внешней достоверности), показанное в [5], привело к «разбросу» результатов расчета $t_{\text{выравн}}=f(I)$ и означало необходимость поиска иного или иных критериев. Настоящая работа посвящена расчету зависимости $t_{\text{выравн}}=f(P)$.

1.3. Два, на первый взгляд, разных, но дающих идентичные результаты, подхода к определению потерь мощности\энергии в сетях даны в табл. 1; эти потери оцениваются факторами: слева – по току нагрева, справа – по потере напряжения.

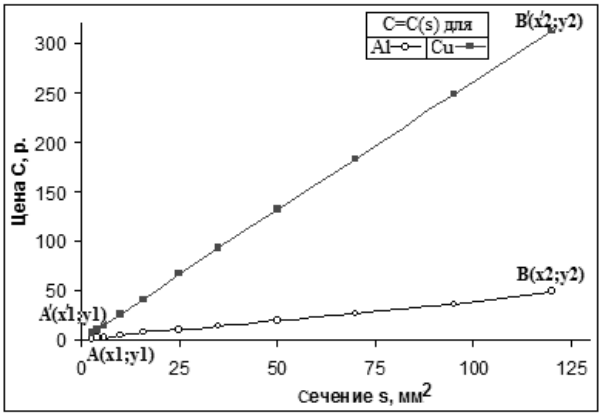
Таблица 1. Потери мощности в *Al*- и *Cu*-проводниках

Потери мощности (при умножении на t – энергии) в проводниках*
$\Delta P = I^2 \cdot l \cdot (\gamma \cdot s)^{-1}$, где I – ток [А], s – сечение проводника [мм^2], γ – удельная электропроводность проводника [МСм/м], l – длина проводника [м].
$\Delta P = P \cdot \varepsilon \cdot 10^{-2} \cdot \sec^2 \varphi$, где P – мощность нагрузки [кВт], ε – потери напряжения в проводниках [%], $\sec\varphi$ – величина, обратная коэффициенту мощности.
* Тип проводника учитывается величиной γ (при расчете по току нагрева) и ε (при расчете по потере напряжения)

2. Влияние сечения и тарифа

2.1. С увеличением сечения проводника растут расходы на изделие (его цена), рис. 1; толщина изоляции практически не зависит от сечения жилы, расходы изоляции на единицу сечения с его ростом снижаются и составляют очень малую долю от стоимости металла жилы; рост цены проводника при увеличении сечения объясняется исключительно стоимостью металла. Подробная информация по данному аспекту содержится в [6]. Влияние сечения и тарифа на экономические показатели проанализировано в табл. 2.

Рис.1. Зависимости от сечения цены проводника (*Al*/*Cu*) по прайс-листу [7]



Расчет аппроксимации $C=C(s)$ для *Cu* и *Al*:

Cu: $x'_2-x'_1=\Delta x'=117{,}5$; $y_2-y_1=\Delta y=306{,}48$; $y/x'=2{,}608$; → $\underline{y=2{,}46\cdot x}$.

Al: $x_2-x_1=\Delta x=117{,}5$; $y_2-y_1=\Delta y=47{,}84$; $y/x=0{,}407$; → $\underline{y=0{,}38\cdot x}$.

Таблица 2. Влияние сечения и тарифа на экономические показатели

Рост сечения
• Увеличивает затраты на приобретение кабельно-проводниковой продукции и, возможно, на монтаж сети; • снижает джоулевы потери (на нагревание) и, как следствие, потери напряжения в сети и потребление ЭЭ: $Q\sim I^2\cdot R\sim I^2\cdot(\gamma\cdot s)^{-1}$; $\varepsilon\sim P\cdot L\cdot(\gamma\cdot s)^{-1}$; $\Delta Q\sim\varepsilon\cdot sec^2\varphi$ ($sec\varphi$ – величина, обратная коэффициенту мощности).
Рост тарифа на ЭЭ
• Ослабляет роль капитальных затрат (разницы в стоимости *Cu*- и *Al*-проводников); • увеличивает роль эксплуатационных расходов (разницы в стоимости ЭЭ, потерянной на нагревание проводников), и, неизбежно, вызовет цепную реакцию, в частности, рост цен на электротехнические изделия, стоимость строительно-монтажных работ и др.

2.2. Высокие, 10-15%, ставки дисконтирования представляются неоправданными: цена на ЭЭ в РФ уже равна тарифу, например, в США, при уровне доходов, меньшем на 1-2 порядка. Сохранение существующих темпов роста тарифа на ЭЭ (лоббируемое владельцами угле(водо)роддобывающих и смежных отраслей) разогревает инфляцию и грозит, в конечном счете, взорвать социальный мир в стране.

В [6] исследовано в функции тока нагрузки время выравнивания (по модулю) разницы капитальных и эксплуатационных затрат на *Cu*- и *Al*- кабельно-проводниковую продукцию. Однако, в [5] показано, что из-за скрытых недостатков в таблицах $s=s(I)$ ПУЭ отношение $s^{Al}:s^{Cu}=f(I)$ может сильно отличаться от теоретического, колеблясь от 1,0 до 2,5. Это приводит к «биению» результатов, выявленному в [7].

На рис. сравниваются затраты (капитальные и на джоулевы потери энергии) в *Al*- и *Cu*- проводниках, $s=var$, в функции мощности нагрузки.

Список литературы

1. Кнорринг Г.М., Фадин И.М., Сидоров В.Н. Справочная книга для проектирования электрического освещения. – СПб: Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.

2. Войтенко А.И., Никитин В.Д., Толкачева К.П., Кунгс Я.А. Определение коэффициента теплопередачи проводников при расчете сетей по току нагрева: Мат-лы XIII Всеросс. научно-практ. конф. «Энергоэффективность систем жизнеобеспечения города». Красноярск: МВДЦ «Сибирь», 21-22 ноября 2012 г.– С. 144-149.

3. Райцельский Л.А. О проектировании осветительных установок в США// Светотехника. – 1990. – №8. – С.24-27.

4. Клюев С.А. Технико-экономические расчеты при проектировании осветительных установок// Светотехника. – 1981. – №7. – С. 23-27.

5. Войтенко А.И., Никитин В.Д., Баранова Д.С. Сравнение стоимостных показателей медных и алюминиевых проводников: Мат-лы XIII Всеросс. научно-практ. конф. «Энергоэффективность систем жизнеобеспечения города». Красноярск: МВДЦ «Сибирь», 21-22 ноября 2012 г. – С. 168-172.

6. Толкачева К.П., Никитин В.Д. Экономия материала проводника при расчете сечений по току нагрева: Мат-лы V Всеросс. научно-практ. конф. «Электроэнергия: от получения и распределения до эффективного использования». Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – С. 161-164.

7. ООО "Компания Энерго-Холдинг", www.energo-holding.com, прайс-лист.

РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ОСНОВНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ОТ ТЕПЛОИСТОЧНИКОВ «МАЛОЙ» ЭНЕРГЕТИКИ

Воронцова Е.С.
Научный руководитель: Тайлашева Т.С., доцент, к.т.н.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина,30
E-mail: helen_tomsk@rambler.ru

Выбросы загрязняющих веществ от предприятий теплоэнергетики являются одним из основных источников загрязнения атмосферы. Объемы вредных пылегазовоздушных выбросов связаны с качеством и количеством сжигаемого топлива, полнотой его использования, а также с эффективностью работы предприятий теплоэнергетики [1].

Наибольшую опасность для здоровья человека представляют не имеющие средств очистки дымовых газов многочисленные теплоисточники малой мощности, размещаемые, как правило, в пределах небольших населенных пунктов [2], для которых так же, как и для крупных объектов, рассчитывается количество и концентрация выбросов.

Расчетные данные количества и концентрации загрязняющих веществ в атмосферу позволяют установить предельно допустимые и временно согласованные выбросы и в случае необходимости, спланировать работы по их снижению. Важной составляющей определения количества и концентрации являются контроль выбросов в атмосферный воздух и утверждение нормативов удельных выбросов [3].

В свою очередь, нормативы удельных выбросов для котельных установок утверждаются для следующих загрязняющих веществ: зола твердого топлива, оксиды азота (в пересчете на NO_2), оксида серы, оксидов углерода [4].

Для расчета выбраны 7 котельных мощностью от 0,46 до 3,77 МВт, на которых эксплуатируются водогрейные котлы производительностью менее 30 Гкал/час.

В анализе используются следующие виды топлива:

- каменный уголь Кузнецкого бассейна марки Д (слоевое сжигание);
- низкосернистый мазут марки 40 и 100;
- топливо на основе древесины, спрессованное в древесные гранулы (пеллеты);
- топливо на основе торфа, переработанное в брикеты;
- природный газ Томской области для промышленного и коммунально-бытового назначения.

Исследование проводится аналитическим методом с использованием принятой методики анализа данных [2]. Для расчета валовых выбросов твердых частиц значения необходимых величин для каждого вида топлива выбираются по международным стандартам и справочным данным нормативного метода теплового расчета котлов [5] в соответствии со значением калорийности, способа сжигания, производительности котлов.

Удельные выбросы загрязняющих веществ рассчитывают исходя из известной величины выбросов в единицу времени и соответствующего этим выбросам расхода топлива [4].

Концентрация определяется по отношению к объему сухих газов, что соответствует условиям измерения этих веществ инструментальными методами. Оксиды азота (NO_x) определяются в пересчете на диоксид азота (NO_2).

Согласно [6] концентрации выбросов оксидов азота, серы и углерода суммируются. Сумма отношений их концентраций к предельно допустимым, не должна превышать 1.

Расчетные значения количества выбросов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Количество валовых выбросов твердых и газообразных веществ

Вид топлива	Количество валовых выбросов твердых частиц, т/год	Суммарное количество NO_X в пересчете на NO_2, т/год	Суммарное количество SO_2, т/год	Суммарное количество CO, т/год
	M_{TB}	M_{NO_2}	M_{SO_2}	M_{CO}
Кузнецкий уголь	10,20…81,82	0,008… 0,088	1,4277…11,4555	11,82…96,84
Брикеты из торфа	12,81…102,77	0,006…0,079	1,0915…8,7574	12,93…105,88
Пеллеты	1,24…9,99	0,005…0,054	0,1952…1,566	12,17…99,65
Мазут	-	2,027…25,368	0,9467…7,5962	0,38…3,08
Природный газ	-	0,88…15,272	-	0,59…4,80

Полученное количество вредных выбросов обосновывается особенностью элементного состава топлива, теплотехническими характеристиками и способом сжигания топлива.

Зависимость количества выбросов вредных веществ от мощности котельной является прямо пропорциональной, соответственно, на котельной мощностью 3,77 МВт (максимальной из рассмотренных) получены наибольшие значения выбросов.

Количество вредных выбросов влияет на концентрацию, которая должна быть ниже предельной допустимой. Данные о концентрации позволяют дать оценку:

- уровня загрязнения окружающей среды при сравнении с предельно допустимой концентрацией загрязняющих веществ;
- эффективности использования сырьевых ресурсов и утилизации отходов на предприятии и др.;
- необходимости использования дорогостоящего оборудования для улавливания твердых частиц и оксидов по ходу дымовых газов;
- применения технологических методов снижения загрязняющих выбросов.

Согласно [6] среднесуточная ПДК для твердых частиц – 0,02 мг/м^3, оксидов азота – 0,06 мг/м^3, оксидов серы – 0,05 мг/м^3, оксидов углерода – 3 мг/м^3. Расчет показал, что ожидаемые фактические концентрация вредных выбросов для различных отопительных котельных не превышают предельно допустимых (табл.2).

Таблица 2. Полученные максимальные фактические концентрации веществ в атмосферном воздухе и сравнение с предельно допустимыми концентрациями

Вид топлива	Фак. конц., мг/м^3	Фак. конц., мг/м^3	Фак. конц., мг/м^3	Фак. конц., мг/м^3	$\sum \frac{C_n}{ПДК_n} \le 1$	$\frac{C_{TB}}{ПДК_{TB}} \le 1$
	C_{TB}	C_{NO_2}	C_{SO_2}	C_{CO}		
Кузнецкий уголь	0,0198	0,00000214	0,00000081	0,00000586	0,0001	0,875
Брикеты из торфа	0,0087	0,00000067	0,00000021	0,00000224	0,0000	0,4341
Пеллеты	0,0036	0,00000192	0,00000016	0,00000890	0,0000	0,147
Мазут	-	0,00131462	0,00000114	0,00000040	0,0275	-
Природный газ	-	0,00037085	0,00000000	0,00000029	0,0062	-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка экологической эффективности теплоисточников малой мощности / Накоряков В.Е., Елистратов С.Л. // Промышленная энергетика №2, 2009.

2. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара час или менее 30 Гкал в час. – Введ. 2000-01-01. – М.: Гос. ком. Рос. Федерации по охране окр. среды, 1999 г. – 27 с.

3. Временные методические указания по установлению технических (максимально допустимых) нормативов удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для действующих котельных установок. – Введ. 2001-02-13. – М.: Изд-во ВТИ, 2001. – 6 с.

4. Красильникова Л.Г., Лукьянец А.А., Нечай М.Г., Федецкий И.И. Тарифное регулирование локальных рынков теплоснабжения Томской области на основе функционально-стоимостного и технологического анализа. – Томск: Изд-во ГУП РПО СО РАСХН, 2004 – 360 с.

5. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). – СПб.: Изд-во НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.

6. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.– Введ. 2003-05-30. – – М: М-во Здравоохранения Рос. Федерации, 2003. – 60 с.ф

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПАРООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ВАКУУМНОЙ СУШКЕ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ.

Горешнев М.А.
Научный руководитель: Лопатин В.В., д. ф-м н.., профессор.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: goreshnev@tpu.ru

При сушке коллоидных материалов влага под действием нагрева превращается в пар. Отношение потока пара к общему потоку влаги называется коэффициентом парообразования ε [1]. Определение коэффициента парообразования (КП) важно для расчёта уравнения тепловлагопереноса, так как скорость движения пара значительно выше скорости движения жидкости в капиллярных телах. Экспериментальное определение КП крайне сложно и стандартной методики в данное время не существует. Для его нахождения решают теоретическую задачу [2]. В данной работе представлен теоретический способ определения КП при вакуумной сушке пористых материалов, используя закон сохранения энергии.

Как известно, что при вакуумировании температура влажного образца уменьшается. Выделяемая энергия рассчитывается по формуле.

$$E_{\text{выд}} = cm_{\text{впт}}\Delta T \qquad (1)$$

,где с – теплоёмкость влажного пористого тела, $m_{\text{впт}}$ - масса влажного пористого тела, ΔT - разница температуры до вакуумирования и после. Если влажную древесину представить как сочетание жидкости и каркаса пористого тела, то можно записать

$$E = E_{\text{пт}} + E_{\text{ж}} \qquad (2)$$

,где $E_{\text{пт}}$, $E_{\text{ж}}$ – энергия, выделяемая при охлаждении каркаса пористого тела и жидкости соответственно. Распишем подробнее :

$$E_{\text{пт}} = c_{\text{пт}}m_{\text{пт}}(T_{\text{макс}} - T_{\text{мин}}) = c_{\text{пт}}m_{\text{пт}}\Delta T_{\text{пт}} \qquad (3)$$

$$E_{\text{ж}} = c_{\text{ж}}m_{\text{ж}}\left(T_{\text{нагр}} - T_{\text{кип}}\right) = c_{\text{ж}}m_{\text{ж}}\Delta T_{\text{ж}} \qquad (4)$$

Здесь $T_{\text{нагр}}$, $T_{\text{макс}}$, $T_{\text{мин}}$, $T_{\text{кип}}$ - температура нагрева, максимальная и минимальная температура пористого тела, температура кипения воды; $c_{\text{пт}}$, $c_{\text{ж}}$ - теплоёмкость пористого тела и жидкости соответственно; $m_{\text{пт}}$, $m_{\text{ж}}$ - масса пористого тела и жидкости соответственно. $T_{\text{макс}}$ - это температура до которой нагревается пористое тело при максимальном давлении; $T_{\text{мин}}$ – температура влажного пористого тела, установившаяся после снижения давления. В идеальном случае пористое тело охладиться после снижении давления до температуры кипения, то есть $T_{\text{мин}} = T_{\text{кип.}}$, но так как в пористом теле жидкость может быть физически связана с каркасом, то энергия затрачивается на разрыв этой связи. В связи с этим КП понижается и температура влажного пористого тела становится несколько выше температуры кипения жидкости. На рис. 1 представлен фрагмент графиков зависимости давления в камере и температуры древесины (пористого тела). Снижение давления происходит после прогрева древесины берёзы. Как видно при снижении давления в камере снижается и температура влажного пористого тела (древесины берёзы). На рис. 1 указана максимальная и минимальная температура пористого тела при снижении давления. Температура нагрева составляла 63^0 С

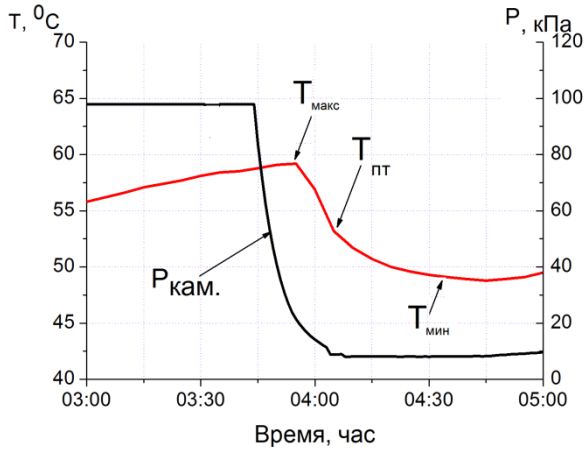


Рисунок 1. Фрагмент изменения давления в камере и температуры при вакуумной сушке древесины берёзы.

Энергия необходимая для парообразования определяется как

$$E_{\text{исп}} = k_{\text{ж}}m_{\text{пара}} \qquad (5)$$

,где $k_{ж}$ - удельная теплота парообразования.
Из закона сохранения энергии

$$E = E_{\text{исп}} + E_{\text{св}} \qquad (6)$$

, где $E_{\text{св}}$ - энергия связи жидкости и каркаса пористого тела.

Используя (3), (4), (5), (6), можно выразить массу испарённой жидкости как

$$m_{\text{пара}} = \frac{c_{\text{ж}}m_{\text{ж}}\Delta T_{\text{ж}} + c_{\text{пт}}m_{\text{пт}}\Delta T_{\text{пт}} - E_{\text{св}}}{k_{\text{ж}}} \qquad (7)$$

,где $E_{\text{св}}$- энергия связи жидкости с каркасом.

Обозначим через ε' отношение массы пара к массе жидкости

$$\varepsilon' = \frac{m_{\text{п}}}{m_{\text{ж}}} \quad (8)$$

Соответственно

$$\varepsilon' = \frac{c_{\text{ж}} m_{\text{ж}} \Delta T_{\text{ж}} + c_{\text{пт}} m_{\text{пт}} \Delta T_{\text{пт}} - E_{\text{св}}}{m_{\text{ж}} k_{\text{ж}}} \quad (9)$$

Влажность пористого тела определяется как отношение жидкости к сухой массе пористого тела, поэтому формулу можно переписать в виде

$$\varepsilon' = \frac{c_{\text{ж}} \Delta T_{\text{ж}} + \frac{c_{\text{пт}} \Delta T_{\text{пт}}}{W} - E'_{\text{св}}}{k_{\text{ж}}} \quad (10)$$

,где W – влажность пористого тела в относительных единицах, $E'_{\text{св}}$ - энергия связи жидкости и каркаса пористого тела отнесённая к единице массы жидкости.

Разница между максимальной и минимальной температурами пористого тела $\Delta T_{\text{пт}}$ имеет значение отличное от нуля при осциллирующей вакуумной сушке [3]. При постоянном давлении в камере $\Delta T_{\text{пт}} = 0$.

Известно, что температура кипения жидкостей зависит от давления. Для использования в формуле (10) была получена степенная зависимость температуры кипения воды от давления, используя табличные данные [4]

$$T_{\text{кип.}} = 21{,}876 * (P - 0.973)^{0.3326} \quad (11)$$

, где P – давление в камере, кПа.

Для вакуумной сушки влажного пористого тела при постоянном давлении КП можно рассчитать по следующей формуле

$$\varepsilon' = \frac{c_{\text{ж}}(T_{\text{нагр}} - 21{,}876 * (P - 0.973)^{0.3326}) - E'_{\text{св}}}{k_{\text{ж}}} \quad (12)$$

Теплоёмкость и теплоту парообразования жидкости можно считать постоянными, так как их значения слабо зависят от давления в камере и температуры жидкости. Для использования КП в дифференциальной системе уравнений Лыкова можно связать ε и ε' через соотношение

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon' + 1} \quad (13)$$

Используя (12) и (13) КП, для вакуумной сушки при постоянном давлении можно выразить как

$$\varepsilon = \frac{c_{\text{ж}}(T_{\text{нагр}} - 21{,}876 * (P - 0.973)^{0.3326}) - E'_{\text{св}}}{c_{\text{ж}}(T_{\text{нагр}} - 21{,}876 * (P - 0.973)^{0.3326}) - E'_{\text{св}} + k_{\text{ж}}}$$

Таким образом, в данной работе представлен вывод формулы для расчёта КП влажного пористого тела, пропитанного водой, в зависимости от температуры нагрева и давления в камере. Как видно из формулы (12) КП зависит от температуры нагрева, давления в камере, физических свойств жидкости и энергии связи жидкости с каркасом пористого тела.

Полученный коэффициент был верифицирован посредством дифференциальных уравнений тепломассопереноса в капиллярных средах выведенных Лыковым. Для численного расчёта использовался математический пакет Mathcad 13. Расчёты сравнивались с данными полученными при вакуумной сушке древесины берёзы. Результаты расчёта хорошо согласовываются в области выше гигроскопичной влажности, то есть в области свободной влаги, где $E'_{\text{св}} \approx 0$. В области ниже гигроскопичной для расчёта необходимо знание значения энергии связи влаги с веществом, которое сильно зависит от влажности пористого материала. Значения коэффициента ε при $\Delta T_{\text{ж}} \approx 30\ ^0C$ приблизительно составляет 0.05, поэтому для практических расчётов возможно использование формулы (10) или (12). Расчёты показали хорошую сходимость с экспериментальными данными.

Список литературы:

1. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло- и массопереноса — Л. : Госэнергоиздат, 1963. — 535 с.
2. Гороховский А.Г. Технология сушки пиломатериалов на основе моделирования и оптимизации процессов тепломассопереноса в древесине: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора наук; Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет — Санкт - Петербург: 2008. — 39 с.
3. Кожин В.П., Горбачев Н.М. Применение метода сброса давления при высокотемпературной осциллирующей сушке крупномерной древесины// ИФЖ. – 2011. - №2. - С. 223-229
4. Волков А.И., Жарский И.М. Большой химический справочник - Мн.: Современная школа, 2005. - 608 с.

ВЛИЯНИЕ БАРЬЕРНЫХ СЛОЁВ НИЗКОЭМИССИОННОГО ПОКРЫТИЯ НА ЕГО ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Гренадёров А.С., Грибенников М.В.
Научный руководитель: Работкин С.В., к.т.н.
Институт сильноточной электроники СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/3
E-mail: 1711Sasha@mail.ru

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется разработкам и технологиям в области энергосбережения и энергоэффективности. Подобного рода технологии позволяют сэкономить энергию, свести к минимуму ее потери.

Вопрос экономии тепла в зданиях и сооружениях занимает одно из основных направлений в этой сфере. В тепловом балансе жилых зданий и промышленных объектов до 40 % потерь приходится на утечку тепла через прозрачные ограждающие конструкции (окна, балконы, витрины и т.д.), площадь которых составляет около 30% от общей площади зданий и сооружений, причем более половины из этих потерь приходится на тепловое излучение [1].

Широкое распространение, для снижения потерь тепла за счет теплового излучения, получили низкоэмиссионные покрытия, которые наносятся на прозрачную основу (стекло, полимерная плёнка и т.д.). Такая конструкция характеризуется следующими оптическими свойствами: отражение в инфракрасной области спектра (R ≈ 90 %) и прозрачность в видимой области (T > 80%).

В институте сильноточной электроники СО РАН нами было получено покрытие на полимерной пленке со следующей структурой TiO_2(10нм)/ZnO:Ga(20нм)/Ag(9нм)/ZnO:Ga(25нм)/ TiO_2(20нм). Эта структура обладает высокой прозрачностью в видимой области спектра (82 %) и высоким отражением в ИК области (93 %). Кроме того, структура является влагостойкой [2].

В данной работе будут представлены результаты о влиянии толщины барьерных (ZnO:Ga) и просветляющих слоёв (TiO_2) на оптические свойства покрытия.

Результаты влияния просветляющих и барьерных слоёв на оптические свойства многослойного покрытия

Применение многослойной структуры низкоэмиссионного покрытия обусловлено тем, что для увеличения адгезии металла с подложкой наносят промежуточный слой (первый слой TiO_2), а для уменьшения коэффициента отражения металла и защиты его от воздействия окружающей среды наносят просветляющий слой (второй слой TiO_2). Для защиты слоя серебра от воздействия кислорода, при реактивном осаждении диоксида титана, применяют защитные (барьерные) слои (ZnO:Ga) [3, 4]. Толщина слоя серебра 9 нм, при которой отражение в ИК области спектра 92-93 %, остаётся постоянной.

На рисунках 1-4 представлены спектры низкоэмиссионных покрытий состава TiO_2/ZnO:Ga/Ag/ZnO:Ga/TiO_2 при различных толщинах барьерных и просветляющих слоев. Легко заметить, что толщина барьерных слоев оказывает одинаковое влияние на спектры низкоэмиссионного покрытия (рисунки 1 и 2). Увеличение толщины слоев оксида цинка с 20 до 60 нм приводит к уменьшению прозрачности в коротковолновой области видимого диапазона (синяя и зеленая область) при практически неизменной прозрачности в длинноволновой области (оранжевая и красная область). При этом низкоэмиссионные покрытия меняют цвет с бледно-зеленого на темно-желтый.

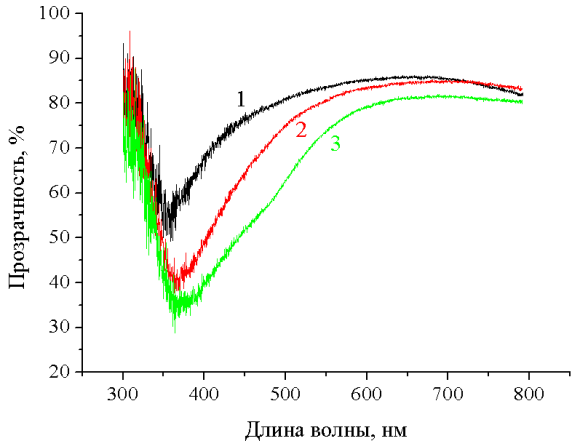


Рисунок 1 – Спектры низкоэмиссионных покрытий структуры TiO_2(20нм)/ZnO:Ga(x)/Ag(9нм)/ZnO:Ga(40нм)/TiO_2(20нм) при толщине первого слоя ZnO:Ga: 1 – 20 нм, 2 – 40 нм, 3 – 60 нм

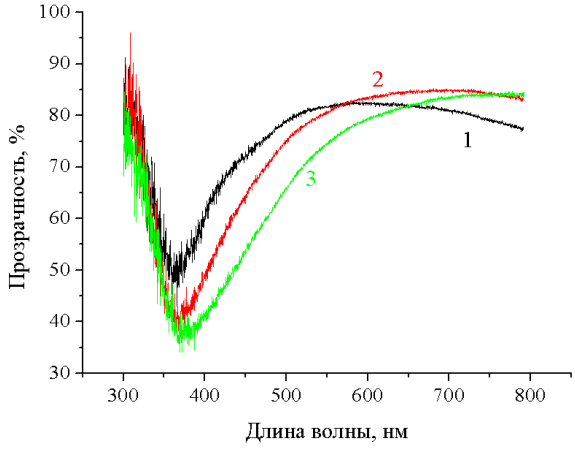


Рисунок 2 – Спектры низкоэмиссионных покрытий структуры TiO_2(20нм)/ZnO:Ga(40нм)/Ag(9нм)/ZnO:Ga(x)/TiO_2(20нм) при толщине второго слоя ZnO:Ga: 1 – 20 нм, 2 – 40 нм, 3 – 60 нм

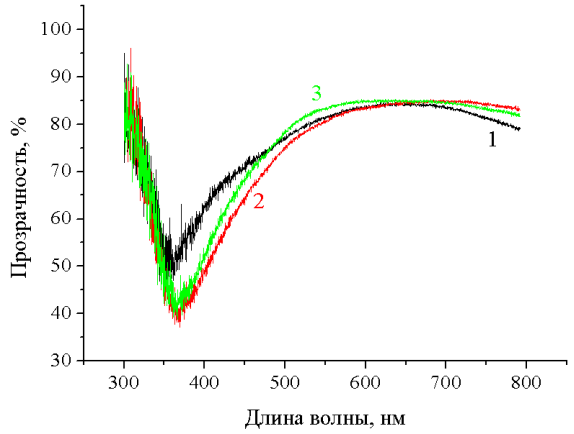


Рисунок 3 – Спектры низкоэмиссионных покрытий структуры TiO_2(x)/ZnO:Ga(40нм)/Ag(9нм)/ZnO:Ga(40нм)/TiO_2(20нм) при толщине первого слоя TiO_2:1 – 10 нм, 2 – 20 нм, 3 – 35 нм

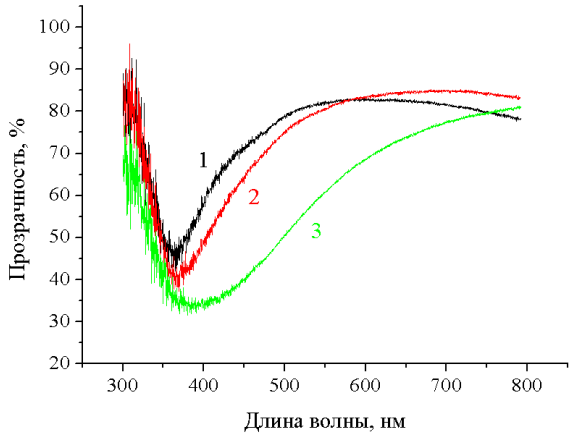


Рисунок 4 – Спектры низкоэмиссионных покрытий структуры TiO_2(20нм)/ZnO:Ga(40нм)/Ag(9нм)/ZnO:Ga(40нм)/TiO_2(x) при толщине второго слоя TiO_2:1 – 10 нм, 2 – 20 нм, 3 – 35 нм

Анализ спектров говорит о том, что при увеличении толщины первого слоя ZnO:Ga происходит плавное уменьшение прозрачности (рисунок 1). Толщина второго слоя ZnO:Ga не оказывает существенного изменения прозрачности (рисунок 2), в том случае, если его толщина не превышает 60 нм. Первый слой оксида титана влияет на оттенки итогового покрытия при этом его прозрачность остается постоянной (рисунок 3). Увеличение толщины с 10 нм до 35 нм приводит к изменению цвета от светло-зеленого до светло-желтого. При увеличении толщины второго слоя TiO_2 с 10 нм до 20 нм происходит незначительное изменение оттенков низкоэмиссионного покрытия (рисунок 4). Дальнейшее увеличение толщины ведет к уменьшению прозрачности во всей видимой области спектра, в особенности в коротковолновой части спектра (синей и зеленой) при этом покрытие становится коричневым.

В таблице 1 представлены результаты оптических свойств покрытий, в зависимости от толщины барьерных и просветляющих слоёв. Жирным шрифтом выделены слои, толщина которых варьировалась в ходе эксперимента.

Таблица 1 – Результаты оптических свойств в зависимости от толщины барьерных слоёв

Толщина слоев покрытия TiO_2/ZnO:Ga/Ag/ZnO:Ga/TiO_2	T_{550}, %	$R_{ИК}$, %
10/40/9/40/20	80	93
20/40/9/40/20	80	93
35/40/9/40/20	81	92
20/**12**/9/40/20	82	93
20/**20**/9/40/20	82	92
20/**60**/9/40/20	74	92
20/40/9/**12**/20	85	86
20/40/9/**20**/20	85	91
20/40/9/**40**/20	81	93
20/40/9/**60**/20	81	93
20/40/9/40/**10**	82	93
20/40/9/40/**20**	82	93
20/40/9/40/**35**	66	92
20/40/9/40/**50**	60	93

Заключение

Анализ влияния толщины оксидных слоев на прозрачность в видимой области спектра низкоэмиссионного покрытия показал, что при толщине первого слоя TiO_2 не более 35 нм и второго слоя ZnO:Ga не более 60 нм не оказывают большого влияния на итоговую прозрачность. При толщинах первого слоя ZnO:Ga и второго слоя TiO_2 более 20 нм происходит плавное уменьшение их прозрачности. Варьирование вышеперечисленных параметров позволяет получать покрытия, с необходимыми свойствами, исходя из текущих нужд и задач.

Список литературы

1) Баинов Д.Д., Кривобоков В.П., Легостаев В.Н. Оптимизация параметров плазменных теплоотражающих покрытий. – Известия Томского политехнического университета, 2004, т.307, №2.

2) А.Н. Захаров, Н.Ф. Ковшаров, К.В. Оскомов, С.В. Работкин, А.А. Соловьев, Н.С. Сочугов Полимерная пленка с низкоэмиссионным покрытием для снижения тепловых потерь через светопрозрачные конструкции. – Известия высших учебных заведений, 2011.

3) Слепцов В.В., Спиваков Д.Д., Александров А.Ю. Теплосберегающие стекла и энергосбережение // Теплоэнергетика. –1999. – № 4. – С. 45-47.

4) Martin_Palma R.J., Va'zquez L., Martinez_Duart J.M., Malats_Riera. Silver_based low_emissivity coatings for architectural windows: Optical and structural properties // Solar Energy Materials and Collar Cells. – 1998. – № 5. – P. 55-66.

MECHANICAL TREATMENT MODELING

Shishkevich M.P.
Scientific advisor: Ogorodnikov A.S., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor
Linguistic advisor: Pichugova I.L., senior teacher
National Research Tomsk Polytechnic University, Russian Federation, 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30
E-mail: mary.shishkevich@gmail.com

At present, math modeling attracts a lot of attention and as a scientific tool is widely distributed among many areas of science: from philosophy and other humanities to nuclear physics and other physics fields.

COMSOL Multiphysics (earlier name FEMLAB) allows modeling of all physical processes described by differential equations system in partial derivatives. It is based on the finite element method to solve problems. The idea of the FEM is to replace the processes or object's mathematical model by algebraic equations system.

In this work Comsol is used to simulate the cleaning fluid, and in particular to establish a velocity sand grains moving in a tank of water.

Waste water treatment, as required in most industries, includes several stages. One of the first steps is the water primary purification, which must be done before starting the more delicate treatment. Such cleaning is called mechanical. Mechanical treatment of waste water is almost always preceded by biological and / or chemical, preventing entering of insoluble impurities in the wastewater treatment plant.

The work of many devices designed to detach solid and liquid contaminants from the waste water, is based on hydrodynamic settling process laws. These aids include sand traps. Sand traps protect settlers from their contamination with mineral admixtures. Construction of sand traps can be different and depends on the amount of incoming wastewater. In this paper a simplified model of vertical sand trap is considered[1].

The first stop for polluted water entering a water work is normally a large tank, where large particles are left to settle. More generally, gravity settling is an economical method of separating particles. If the fluid in the tank is moving at a controlled low velocity, the particles can be sorted in separate containers according to the time it takes for them to reach the bottom. In the future, this sand can be used in construction [2].

This model simulates a spherical sand grain falling in water. The grain accelerates from standstill and rapidly reaches its terminal velocity. The model is an axially symmetric fluid-flow simulation in a moving coordinate system, coupled to an ordinary differential equation (ODE) describing the grain's motion.

The main parameter by which the size of the settling apparatus is calculated, is the velocity of suspended solid or liquid particles deposition (hydraulic size). The deposition rate depends on many factors: the size of the particles, their shape, density, waste water density and viscosity , speed of water movement, the flow conditions and the environment resistance , etc.

The model couples the flow simulation in cylindrical coordinates with an ODE for the force balance of the particle. Due to axial symmetry, you can model the flow in 2D instead of 3D. The figure below shows the modeling domain.

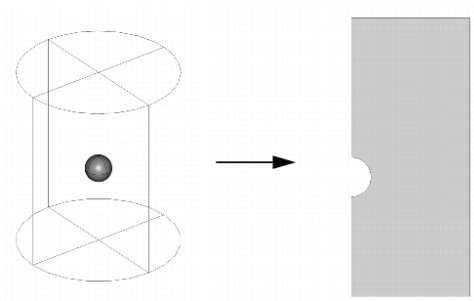


Fig. 1 The geometry of the model

The fluid flow is described by the Navier-Stokes equations

$$\rho\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} - \nabla \cdot \eta(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T) + \rho \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u} + \nabla p = \mathbf{F}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0$$

where ρ denotes the density (kg/m3), u the velocity (m/s), η the viscosity (Ns/m2), and p the pressure (Pa). The fluid is water with a viscosity of $1.51 \cdot 10{-}3$ Ns/m2 and a density of 1000 kg/m3. The model uses the accelerating reference system of the sand grain. This means that the volume force density F is given by:

$$F_r = 0, \qquad F_z = -\rho(a+g)$$

where a (m/s2) is the acceleration of the grain and g = 9.81 m/s2 is the acceleration due to gravity. The ODE that describes the force balance is:

$$m\ddot{x} = F_g + F_z$$

where m (kg) denotes the mass of the particle, x (m) the position of the particle, Fg (N) the gravitational force, and Fz the z-component of the force that the water exerts on the sand grain. The gravitational force is given by:

$$F_g = -\rho_{\text{grain}} V_{\text{grain}} g$$

where Vgrain (m3) is the volume of the sand grain and ρgrain (kg/m3) its density. The force that the water exerts on the grain is calculated by integrating the normal component of the stress tensor over the surface of the particle. Because the

model is axially symmetric, only the force's z-component is nonzero:

$$F_z = 2\pi \int_S r\mathbf{n} \cdot [-pI + \eta(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T)]dS$$

where r (m) is the radial coordinate and n is the normal vector on the surface of the grain.
The initial values for position and velocities are

$$u_0 = v_0 = x_0 = \dot{x_0} = 0$$

.

At the surface of the sphere, the velocity relative the sphere is zero. Therefore, the model uses a no-slip condition, u = 0. At the inlet of the fluid domain the velocity equals the falling velocity:

$$\mathbf{u} = (0, \dot{x})$$

.

Symmetry, n · u = 0, applies at the outer boundary of the water domain, and a neutral condition,

$$\mathbf{n} \cdot [-pI + \eta(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T)] = 0$$

,

describes the outlet. An axial symmetry condition models the symmetry axis at r = 0.

After constructing the geometry of the model we have set the initial and boundary conditions in the relevant sections of the Subdomain Settings and Boundary Settings, generated a mesh and got the solution.
Comsol Multiphysics 3.5a allows you to visualize the physical processes.
Figure 2 shows the velocity field at the final simulation time, t = 1 s, when the particle has reached steady state.

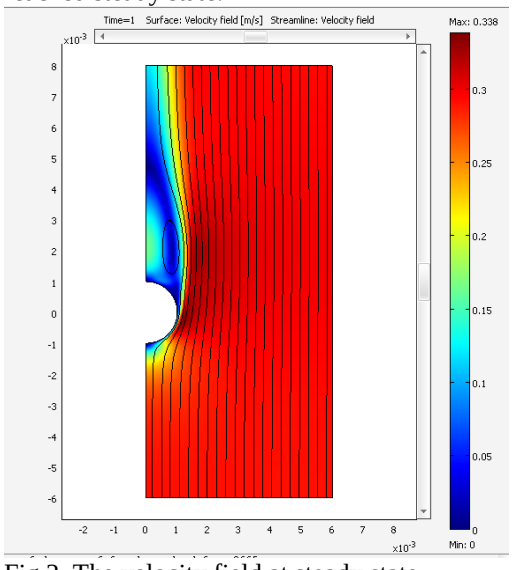


Fig.2. The velocity field at steady state.

Empirically it is found that after the solution time of 1 s, the velocity approaches the terminal velocity. The terminal velocity equals 0.291 m/s.

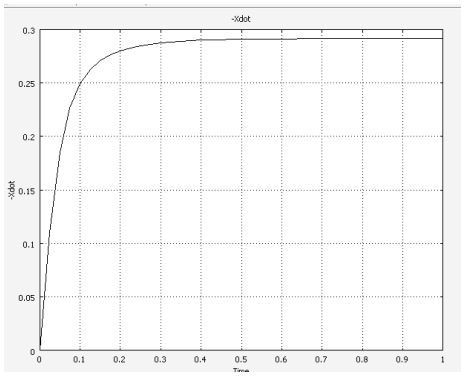


Fig.3. Falling velocity (m/s) of the grain versus time.

When this state is reached, the gravity and the forces from the water cancel out. Figure 4 shows the forces on the sand grain.

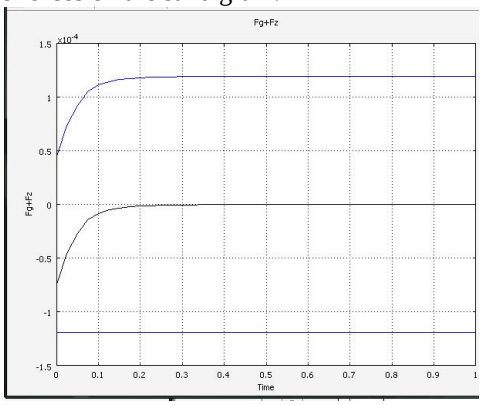


Fig.4. The forces on the sand grain

The force that the water exerts on the sphere (upper line) increases as the grain gains speed. The gravity force (lower line) remains the same, and the total force (middle line) tends toward zero as the solution approaches steady state[3].

As a result, the mechanical way of water purification have been studied and modeled. All necessary calculations were made and the solution was achieved. Accordingly, the results will be used in the future - in the more advanced filter models development

References

1. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты защиты гидросферы – Учебное пособие, Изд. Пенз. гос. ун-та, 2004. – 29 с.
2. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.:АСВ, 2006. – 360с.
3. Огородников А.С. Моделирование в среде Matlab – Comsol 3.5a. Часть 1: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012.
4. Batchelor, G.K. An Introduction to Fluid Dynamics. – Cambridge: Cambridge University Press, 1967.
5. Comsol Multiphysics [Электронный ресурс] / Model Gallery. – Режим доступа: http://www.comsol.com/, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БУРЫХ УГЛЕЙ ШИВЭ-ОВООСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МОНГОЛИИ.

Дьяченко А.С., Кучерина А. Н.
Научный руководитель: Долгих А.Ю. старший преподаватель.
Томский политехнический университет 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: alexa-skm@mail.ru

Уголь практически навсегда останется одним из основных источников энергии и сырья, движущей силой прогресса. Однако — это про уголь используемый высокотехнологично, безопасно, экологично. Уголь, только как топливо для сжигания, сегодня актуально, но завтра нужны новые технологии его переработки и использования. Тот, кто сумеет разработать и внедрить современные угольные технологии, может обеспечить будущее себе и своим потомкам. Применение традиционных, постепенно устаревающих, технологий использования твердого топлива кроме низкой эффективности также ограничивается экологическим фактором, т.е. все повышающими требованиями по защите окружающей среды.

Наглядным примером негативного влияния нерационального использования твердого топлива является проблема экологии в столице Монголии г. Улан-Батыр. На сегодняшний день, из 1,3 млн. жителей, около четверти населения города и прилегающих районов сжигают уголь в частном секторе в обычных бытовых печках. Централизованное тепло-электроснабжение столицы обеспечивают 4 угольные ТЭЦ, как следствие уровень загрязнения атмосферы в столичном районе превышает допустимые нормы в 15 раз на окраинах города, а в центре в 6 раз. Итоговый результат этого обстоятельства: постоянный концентрированный смог (зимой в безветренную погоду видимость не превышает 5 м.), резкий скачок заболеваний органов дыханий, особенно у детей. Считается, что Улан-Батор является самой загрязненной столицей мира. Для решения этой проблемы правительство Монголии приняло национальную программу оздоровления атмосферы столицы, основная цель которой – перевод частного сектора на централизованное теплоснабжение и экологически чистое топливо[1].

Монголия с ее не тронутыми минеральными ресурсами и представительностью марок твердого топлива предоставляет огромные возможности для всех потребителей угля. Однако на сегодняшний день сложилась следующая картина – большая часть извлекаемых каменных углей идет на экспорт, а добываемый бурый уголь в подавляющем большинстве используются внутри страны, в первую очередь на ТЭЦ. Среди бурых углей Монголии одним из самых крупных месторождений является Шивэ-Овоо (добыча 2 мил. т/год. W^r 40-46%, A^d= 8-10%) [1].

Бурый уголь специфическое сырье и имеет ряд отрицательных свойств: высокую влажность и гигроскопичность и как следствие заниженную теплоту сгорания. При этом ему свойственны положительные черты: высокая реакционная способность (выход летучих) и низкое содержание негорючей части (зольности).

Данные утверждения справедливы и для теплотехнических характеристик Шивэ-Овооских углей [2].

Опираясь на эти характеристики и основываясь на своем многолетнем опыте российская наука утверждает что возможна комплексная переработка бурых углей с получением различных продуктов, в том числе полукокса который можно использовать в качестве бездымного и высококалорийного топлива [3,4].

Когда речь заходит о полукоксе в первую очередь подразумевают различные технологии термической деструкции, т.е. нагреве исходного топлива в замкнутом объеме без доступа воздуха. Из всего множества энерготехнических переработок твердых горючих ископаемых наиболее привлекательными, на предварительном этапе исследований, выглядят низкотемпературные процессы, когда исходное топливо нагревают не выше 600^0C [3,4].

Термическая деструкция твердого топлива сопровождается выделением газовой фазы, жидкой фракции и остаточным твердым продуктом. Для формирования наиболее полного представления о происходящих процессах необходимо проводить разделения компонентов и их анализ.

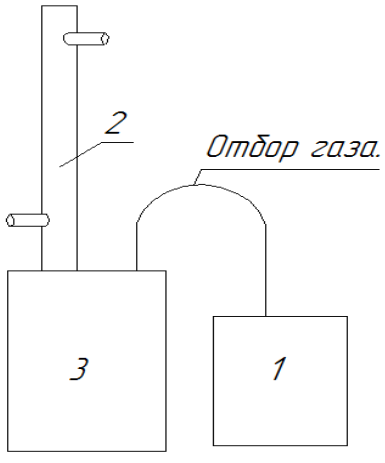


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки

С этой целью, для проведения исследований создана экспериментальная установка представленная на рисунке 1. Для полукоксования в лабораторных условиях применяются специальная железная бомба, рассчитанная на загрузку от 300 до 400 г. угля и аппаратура для управления образующихся жидких и газообразных продуктов. Навеску испытуемого топлива помещают в бомбу 1. Бомба плотно закрывается крышкой, которая укрепляется на фланце с помощью затяжных болтов, присоединяется к системе конденсации и нагревается. Получающиеся при термическом разложении топлива летучие вещества поступают в холодильник 2. Сконденсировавшие в холодильнике парообразные продукты стекают в смолоприёмник 3. Жидкие продукты в приемнике расслаиваются на два слоя. Сверху располагается смола, снизу – подсмольная вода. Подсмольная вода получается из влаги топлива и из водорода топлива - пирогенетическая вода. Неконденсирующиеся газы подвергаются анализу. Основной характеристикой получаемого газа является его теплотворная способность, которая зависит от качественного и количественного состава отдельных компонентов газовой смеси. Газовые смеси анализируются на хроматографе физико- химическими методами.

Полученные результаты проведенных опытов в виде материального баланса и состава неконденсирующихся газов представлены в таблицах 1 и 2.

Из полученных данных следует, что Шивэ-Овооский уголь, ориентируясь на справочную литературу [3,4], является достаточно перспективным с точки зрения получения продуктов термической переработки. Выход полукокса более 40%, при этом зафиксирован большой объем полученных горючих газов (более 45%) расчётная теплота сгорания смеси которых достаточно привлекательна. Из опыта видно, что полученное облагороженное, в процессе термическое обработки, топливо теряет свои негативные качества и характеристики: испаряется влага, выделяются азот и углекислый газ. Следовательно, возрастет его теплотворная способность и снизится величина загрязнения окружающей среды. Полукокс возможно сжигать как в топках энергетических котлов, так и продавать для отопления населению предварительно проведя его брикетирование для удобства использования. Брикеты как показывает мировая практика быстро и эффективно внедряются в быт человека.

Таблица 1

Статьи баланса	**Количество продуктов**	
	гр	**%**
Поступило		
Исходный уголь	224,56	70,75
Влага	92,84	29,25
Всего	**317,4**	**100**
Получено		
Полукокс	134,2	42,28
Смола	9,17	2,89
Пирогенетическая влага	18,65	5,88
Газ	148,9	46,91
Потери	6,48	2,04
Всего	**317,4**	**100**

Таблица 2

CH_4	C_2H_6	C_3H_8	CO	CO_2	H_2	N_2	O_2	Теплота сгорания смеси, МДж/м^3
12,0	1,23	0,35	13,13	42,9	14,5	11,98	3,1	9,3

В дальнейшем планируется продолжить исследования с целью разработки наиболее оптимальной схемы термического воздействия на топлива, для получения и достижения особо высоких параметров конечных продуктов, которые позволят использовать топливо в быту и в производстве с более высокой эффективностью и без глобального вреда для окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Страхов В.М. Масгутов И.И. Угли Монголии и инфраструктура отрасли //Кокс и химия. - 2012. - № 4. - с. 46-51.
2. Заворин А.С. Долгих А.Ю. и др. Теплотехнические характеристики углей Шивэ-Овооского месторождения Монголии // Энергетика: экология, надежность, безопасность: материалы докладов XV Всероссийской научно-технической конференции, Томск, 9-11 декабря 2009 г., — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — С. 108-109.
3. Химическая технология твердых горючих ископаемых: Учеб. для вузов /Под ред. Г.Н. Макарова и Г.Д. Харламповича. – М.: Химия, 1986. – 496 с.
4. Тайц Е.М., Равич Б.М., Андреева И.А. Получения окускованного бездымного топлива и кокса: – М: Недра, 1970. – 120 с.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС БАШЕННОЙ ИСПАРИТЕЛЬНОЙ ГРАДИРНИ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Закиров А.О., Власов С.М.
Научный руководитель: Чичирова Н.Д., д.х.н., профессор
ФГБОУ ВПО Казанский государственный энергетический университет,
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51
E-mail: a.o.zakirov@gmail.com

Большинство тепловых электрических станций (ТЭС) работают с оборотными системами водоснабжения, использующими в качестве охладителей башенные испарительные градирни (БИГ). Охлаждение циркуляционной воды происходит за счет конвективного теплообмена с окружающим воздухом и её испарения. В таких системах в результате многократного использования (постоянной циркуляции при частичном уносе и упаривании через вытяжную башню градирни) охлаждающей воды происходит рост общей минерализации воды, что существенно влияет, с одной стороны, на интенсивность протекания коррозионных процессов, а с другой – на скорость накопления на трубных поверхностях различных отложений и, как следствие, на экономичность работы паротурбинных установок в целом.

Автоматизированные комплексы бывают как отвечающие за управление техническими характеристиками БИГ, так и обеспечивающие мониторинг и регулирование физико-химических процессов системы оборотного охлаждения.

Кафедрой тепловых электрических станций совместно с кафедрой химии Казанского государственного энергетического университета разработан автоматизированный комплекс мониторинга, и управления системой технического водоснабжения ТЭС позволяет определять размер продувки, расход добавочной воды и количество корректирующих добавок.

Программа для автоматизированного комплекса мониторинга и управления СОО написана в системе Microsoft Excel с помощью математической модели. Программа позволяет оценить фазовую стабильность циркулирующей охлаждаемой воды и с учетом этого выдает рекомендации по оптимальным размерам продувки, дозам корректирующих добавок и методу обработки воды для поддержания безосадкового режима, а также пути уменьшения расхода сырой воды при сохранении эффективности охлаждения конденсаторов турбин [1].

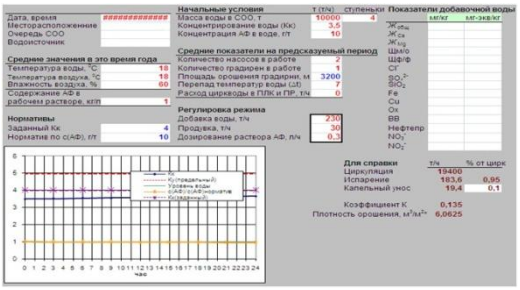


Рисунок 1. Интерфейс программного обеспечения КГЭУ.

Программа на основании показаний установленных датчиков уровня, расхода воды, электропроводности, температуры и результатов химического анализа в режиме реального времени определяет оптимальный режим работы системы. Кроме оперативного контроля программа дает прогноз состояния СОО на 10 суток вперед при выбранном режиме работы, а также информирует о начале процесса образования отложений, выдает рекомендации по экономии воды и реагентов в СОО. Помимо этого в программе архивируются все данные по системе, что позволяет по прошествии определенного времени проанализировать работу системы [1].

Данный автоматизированный комплекс управления системой оборотного охлаждения применяется на промышленной теплоэлектроцентрали, энергосистемы Республики Татарстан.

Автоматизация процессов производств получает всё большее распространение, в том числе и на ТЭС, где уровень автоматизации достигает наивысших результатов. Данный проект уникален по своему характеру, ведь на фоне автоматизации большинства процессов

проходящих на ТЭС автоматизации системы оборотного охлаждения с градирнями уделялось мало внимания.

Система технического водоснабжения ответственный и один из важных элементов ТЭС, так как от температуры охлаждающей воды, подаваемой в конденсатор зависит глубина вакуума в конденсаторе паровой турбины, глубина вакуума же в свою очередь влияет на конечные параметры пара. Чем меньше конечные параметры, тем больше теплоперепад на турбоустановку, и тем меньше расход топлива, подаваемого в парогенератор. Экономия топлива является одним из основных энерго и ресурсосберегающих мероприятий ТЭС.

Необходимо так же отметить, что в системах оборотного охлаждения с градирнями неизбежным фактором является частичный унос охлаждающей воды в атмосферу за счёт её испарения, что ведёт к повышению солесодержания оставшейся воды и к необходимости восполнения потерь до необходимого расхода, ведь для конденсации 1 килограмма пара необходимо от 50 до 100 килограмм охлаждающей воды. Количество испаряемой влаги из чаши градирни с учетом конвективного теплообмена составляет 1,5—2%. Вследствие этого становится очевидным, что для предотвращения этих неприятных факторов необходимо вводить корректирующие добавки для поддержания оптимального водно-химического режима СОО, а так же необходимость в заборе воды из природных источников (пруд, водохранилище и.т.д.), что крайне не дёшево.

Из-за некорректного ведения водно-химического режима СОО на стенках трубопроводов образуются различные отложения, а так же СОО является благоприятной средой для биологических обрастаний. Эти факторы вызывают повышение температурного напора и снижение коэффициента теплопередачи в конденсаторе паровой турбины. При росте толщины накипи на трубных поверхностях конденсаторов 0,3-0,5 мм/год коэффициент теплопередачи уменьшается более чем в 3,5 раза. При увеличении давления в конденсаторе на 1 кПа мощность энергоблоков на конденсационном режиме уменьшается на 0,8-0,9%, а для турбин низкого и среднего давления - на 1,2–1,5% . Всё это ведёт к пережогам топлива. Толщина накипи в 1 мм приводит к перерасходу топлива на ТЭС на 7%, а перерасход топлива по этой причине на электростанциях России в среднем составляет 2% и на некоторых ТЭС достигает 10%. При внедрении АСУ СОО ТЭС уменьшаются отложения вызывая сокращение гидравлического сопротивления, что в свою очередь уменьшает потребность электроэнергии на собственные нужды, т.е. на привод циркуляционных насосов, повышая К.П.Д. ТЭС нетто.

Общая экономия от внедрения автоматизированного комплекса составила более двух млн. рублей/год. Достигается она за счёт снижения затрат на химические реагенты и механическую очистку конденсатора, а так же за счёт исключения «сбоев» в работе СОО ТЭС.

Список литературы

1. **Chichirova N.D., Chichirov A.A., Vlasov S.M.** Analysis and design operation of technical water supply with cooling towers of Naberezhnochelninsky power station. // Transactions of Academenergo. – 2012. – №2. – p. 66–75

АНАЛИЗ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА ЖАРОТРУБНЫХ КОТЛОВ С РЕВЕРСИВНОЙ ТОПКОЙ

Хаустов С.А., Захарушкин Н.А.
Научный руководитель: Заворин А.С., д. т. н., проф.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: khaustovsa@tpu.ru

В настоящее время широкое применение находят системы автономного теплоснабжения на базе жаротрубных котлов малой мощности. Коэффициент полезного действия таких котлов, как правило, достигает 90-95%, при этом они обладают лучшей ремонтопригодностью и стоят значительно дешевле своих водотрубных аналогов.

В основе принципа работы жаротрубных котлов малой мощности лежит применение автоматизированных горелочных устройств, оснащенных встроенными дутьевыми вентиляторами, что делает возможным функционирование котла с регулированием параметров горения при переменных нагрузках.

Практика расчета жаротрубных котлов имеет такую особенность, как отсутствие четкой нормативно-расчетной базы. В основе большинства известных подходов лежит метод конечных элементов [1], который подразумевает установку специального программного обеспечения и требует значительного количества времени для задания граничных условий и проведения расчетов. Это делает невозможным применения таких методик для решения оптимизационных задач, требующих перебора и обсчета большого количества вариантов конструктивных схем.

В то же время при расчете жаротрубных котлов малой мощности по нормативному методу [2] возникает недопустимо большая погрешность, так как он разрабатывался для расчетов крупных (энергетических) котельных агрегатов и требует задания ряда эмпирических поправок, известных только для отработанных типов котлов. К примеру, коэффициент ζ, учитывающий снижение тепловосприятия экрана при его загрязнении или закрытии его поверхности изоляцией, следуя нормативному методу, в котлах на газообразном топливе следует принимать равным 0,65. Однако при визуальном осмотре поверхностей стен жаровой трубы котлов малой мощности, бывших в эксплуатации более 5 лет, каких-либо загрязнений не наблюдается. Таким образом, возникает вопрос: «действительно ли в таком случае, согласно нормативному методу, теряется 35% тепловой энергии?» Кроме того в жаротрубных котлах для выравнивания и интенсификации теплообмена в конвективных пучках второго-третьего ходов дымовых газов часто используют различного рода турбулизаторы потока, расчет которых по нормативному методу теплового расчета не регламентирован.

Известна конструкция котлов с тупиковыми, т.н. реверсивными топками, в тыльной части которых происходит разворот факела на 180 градусов по направлению к фронту котла. Топочная среда в топке этого типа имеет высокую скорость движения, а также высокую степень турбулизации потока. Таким образом, в реверсивных топках имеет место сложный теплообмен, который при расчете требует учета конвекции в явном виде.

С целью анализа применимости нормативной методики теплового расчета [2] к жаротрубным котлам с тупиковой топкой на действующем котлоагрегате Турботерм-500 (ТТ-500) были экспериментально замерены значения температуры дымовых газов в различных точках газового тракта. Это двухходовый жаротрубный котел номинальной мощностью 500 кВт, с реверсивной топкой и установленными в трубах второго хода турбулизаторами потока.

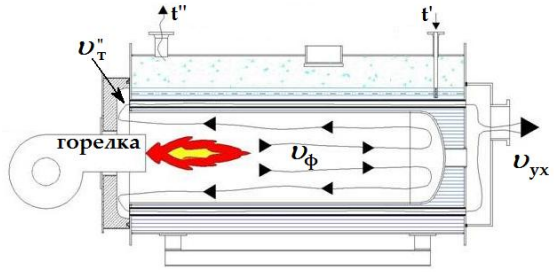


Рис. 1 Схема движения дымовых газов в жаротрубном котле с инверсивной топкой

На рис. 1 показана схема движения дымовых газов в жаротрубном котле малой мощности с тупиковой топкой, на схеме имеются обозначения:

$\vartheta_ф$ - эффективная температура топочной среды;

$\vartheta''_Т$ - температура дымовых на выходе из топки;

$\vartheta_{ух}$ - температура дымовых газов на выходе из котла.

В ходе эксперимента посредством установленных в газовом тракте котла термопар замерялась температура дымовых газов на выходе из топки, а по показаниям индикатора на пульте автоматики (прибор 2ТРМО в комплекте с ХА-термопарой) фиксировалась температура уходящих из котла дымовых газов. Для оценки влияния завихрителей потока на теплообмен в дымогарных трубах, замеры производились как с установленными в трубах турбулизаторами, так и без них.

График изменения температуры в одной из контролируемых точек за период одного рабочего цикла котла (рис. 2) показывает, что температура

топочной среды во время паузы котла составляет 60 ºС и в течение 20 с после запуска горелки снижается до 40 ºС, что вызвано производимой при запуске холодной продувкой топки и газоходов. В промежутке времени с 20 с по 143 с происходит подъем температуры газов на выходе из топки до 840 ºС с дальнейшим плавным повышением до 910 ºС, объясняемым прогревом изоляции котла. По достижении 374 с рабочий цикл котла заканчивается и происходит выключение горелки.

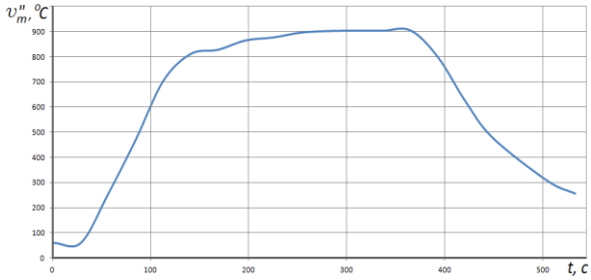


Рис.2. Изменение температуры на выходе из топки котла ТТ-500

Так как данный котел работает в нестационарном режиме (как правило, 7 минут работы сменяются 20 минутами паузы), на глубине порядка 40 мм в слое теплоизоляции дополнительно была установлена термопара для оценки количества тепла, уходящего на прогрев крышки котла при его запуске. График изменения показаний этой термопары с течением времени (рис.3) показывает, что, во-первых, за 7 минут работы котел не успевает полностью прогреться и выйти на стационарный режим, а, во-вторых, отключения горелки на 20 минут вполне достаточно, чтобы топочная среда охладилась до 60 ºС.

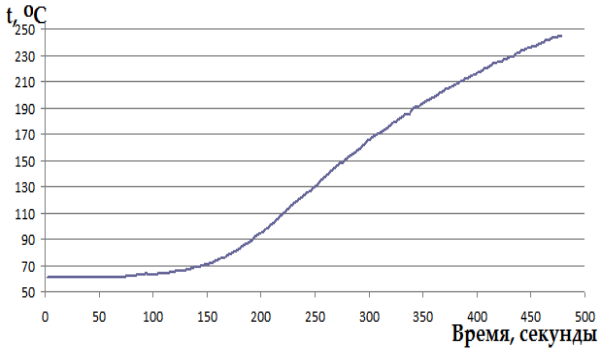


Рис.3 График изменения температуры теплоизоляции на крышке котла ТТ-500.

Результаты измерения температуры дымовых газов на выходе из топки и за котлом приведены в табл. 1.

Таблица 1. Температуры в газовом тракте котла

	ϑ''_T, ºС	$\vartheta_{ух}$, ºС
Без турбулизаторов	870 – 910	195
С турбулизаторами	870 – 910	145

Оценить правильность проведенных измерений можно, подставив полученные температуры в основное уравнение теплообмена [2]

$$Q = \frac{k \cdot H \cdot \Delta t}{B_p}. \quad (1)$$

А подстановкой в уравнение (1) температуры дымовых газов на выходе из конвективного пучка с турбулизаторами потока, можно установить, что при установленных завихрителях коэффициент теплопередачи возрастает на 35-40%.

Важно отметить, что жаровые котлы с реверсивной топкой, в силу отмеченных особенностей тепловых процессов, при развороте факела обеспечивают интенсификацию конвективного теплообмена за счет турбулизации потока. Кроме того в реверсивной топке котла Турботерм-500 имеет место активная рециркуляция части продуктов сгорания. Эти моменты никак не учитываются нормативной методикой [2]. По этой причине рассчитанное по этому методу значение температуры на выходе из топки исследуемого котлоагрегата более чем на 100 ºС отличается от данных физического эксперимента.

Нормативная методика расчета суммарного теплообмена в топке котла базируется на приложении теории подобия к топочному процессу.

Таким образом, можно сделать вывод, что приведенная в [2] функциональная зависимость параметров, определяющих температуру газов на выходе из топки, не подходит для расчета теплообмена в топках с конструкцией, приведенной в данной работе. Вид этой функциональной зависимости, применимый к жаровым трубам с реверсивным факелом, должен быть установлен на основании опытных данных по теплообмену в жаровых трубах такого типа.

Список литературы

1. Герман М.Л., Бородуля В.А., Ноготов Е.Ф., Пальченок Г.И. Инженерный метод расчета температурного режима жаротрубных котлов с тупиковой топкой // Тепломассообмен ММФ-2000: Труды IV Минского междунар. форума, Т.2. – Минск, 2000. – С.21 – 30.
2. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). – СПб: Изд. НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.
3. Кузнецов Н.М. Основы теории топочных процессов: учеб. пособие / Н.М. Кузнецов, Е.А. Блинов. - Л.: СЗПИ, 1990. – 70 с.

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Иванова Е.А., Колесникова А.В.
Научный руководитель: Козлобродов А.Н., д. ф.-м. н., профессор
Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, Соляная пл., 2
E-mail: Ivanova_e@sibmail.com

В настоящее время проблема развития доступного малоэтажного строительства в городах рассматривается как социально-политическая и экономическая задача первостепенной важности, поставленная Президентом РФ по обеспечению граждан России доступным и комфортным жильем. Проблема доступного и в то же время качественного жилья особенно остро ощущается в малых городах и поселках, где проживает 52 % населения страны.

Увеличению объемов строительства доступного малоэтажного жилья правительством нашей страны уделяется большое внимание. Реализуются такие федеральные программы, как «Свой дом», «Жилище», «Доступное жилье». Одно из главных требований к новому жилью – применение современных современных экономичных конструктивных решений, строительных материалов и технологий, направленных на снижение использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), поскольку около 50 % всей потребляемой энергии народным хозяйством относится к отоплению зданий и сооружений [1].

Одной из перспективных технологий малоэтажного строительства в России является технология монолитного домостроения. Здесь прослеживаются два направления развития. Одно из них связано с массовым возведением ординарных зданий (преимущественно жилых), другое ─ нацелено на возведение уникальных сооружений. Первое направление охватывает огромный рынок жилья всех категорий. Спрос на качественное жилье растет, одновременно с этим растет потребность в разнообразных архитектурных решениях, создающих современный облик «спальных» районов.

Второе направление – это строительство по индивидуальным проектам целых градостроительных комплексов.

На своем выступлении в Ступино 11 июля 2011 года В.В. Путин отметил, что малоэтажное строительство – это «весьма перспективная форма решения задачи обеспечения граждан доступным, удобным, экологичным жильем» [1].

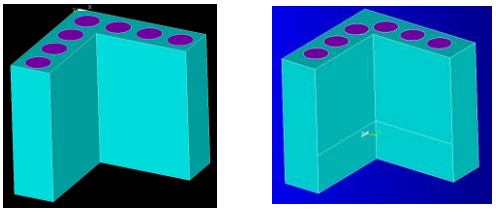
Реализация планов такого масштаба потребует длительного времени, и, учитывая богатую историю и современные тенденции монолитного строительства, у этой технологии – большое будущее.

Несмотря на свою сложность и трудоемкость, монолитное строительство имеет множество достоинств и полностью соответствует требованиям, которые предъявляются сегодня к зданиям различной функциональной направленности.

Для малоэтажного строительства разрабатываются различные конструкции наружных ограждений. Одним из вариантов предложенных и разработанных [2] является керамзитобетонная стена с вертикальными утепляющими вставками. Утепляющие вставки представляют собой эффективный утеплитель, помещенный во влагонепроницаемую оболочку цилиндрической формы высотой равной одному этажу с пазами для соединения друг с другом. При выполнении следующего этажа вертикальные влагонепроницаемые оболочки с утеплителем вставляются в пазы предыдущих замоноличенных вставок, и герметизируются, для предотвращения попадания влаги в утеплитель. Вопросы, связанные с теплозащитными свойствами неоднородных керамзитобетонных наружных стен зданий рассмотрены ранее в статье [3]. В ней рассматривался прямой участок стены с различными по размеру утепляющими вставками. Для более полного анализа теплозащитных свойств монолитных сооружений необходимо рассмотреть такие конструктивные элементы, как угловые фрагменты зданий, оконные и дверные проемы.

В настоящей работе теплоперенос через наружное ограждение рассматривается на примере наружной стены, представляющей собой угловой фрагмент комнаты, состоящий из двух монолитных наружных стен. Стена толщиной 0,5 м выполнена из керамзитобетона. Внутри стены располагаются утепляющие вставки в виде тонкостенных полиэтиленовых труб диаметром 0,3 м, заполненных пенополиуретаном.

Угловой фрагмент конструкции рассмотрен в двух вариантах, отличающихся различным расположением утепляющих вставок в монолитной стене.



а *б*

Рис.1. Варианты угловых фрагментов.

При математической постановке задачи считаются заданными геометрические размеры элементов ограждающей конструкции и их теплофизические характеристики, которые в общем случае могут зависеть от температуры. Задаются температуры наружного t_{ext} и внутреннего t_{int} воздуха, коэффициенты теплоотдачи на наружной α_{ext} и внутренней α_{int} поверхности. В соответствии со СНиП принима-

ются температуры внутреннего и наружного воздуха +22 и -40 °С, а коэффициенты теплоотдачи наружных и внутренних сторон конструкции соответственно α_{ext}=23 Вт/(м^2·°С) и α_{int}=8,7 Вт/(м^2·°С). Коэффициенты теплопроводности принимаем для керамзитобетона λ=0,41 Вт/(м·°С), для утепляющих вставок из пенополиуретана λ=0,04 Вт/(м·°С).

Форма уравнений теплопроводности и граничных условий, использующихся для решения, соответствует постановке приведенной в методике [4].

Расчет температурных полей и тепловых потоков, в заданных элементах конструкций решается в прямоугольной декартовой системе координат с помощью программного комплекса ANSYS.

На рисунках 2 и 3 показаны результаты расчета температурных полей для заданных элементов конструкций.

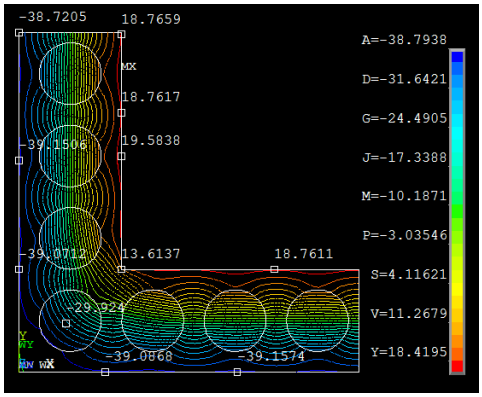


Рис. 2. Поведение температурных полей в конструкции а.

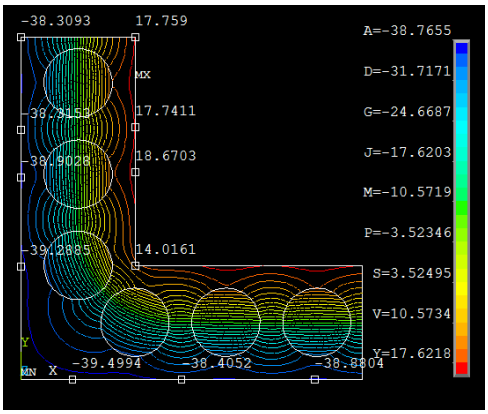


Рис. 3. Поведение температурных полей в конструкции б.

Сравнение результатов расчета показывает, что изменение расположения утепляющих вставок приводит к изменению температуры. Например, в углу, который является наиболее теплонапряженной областью конструкций температура достигает значений +13,61°С и 14,01°С. При t_{int}=+22°С и φ=60% температура точки росы составляет t_p=+13,5°С. Это говорит о том, что оба варианта конструкции обеспечивают создание оптимальных параметров микроклимата в помещении (вероятность образования конденсата на внутренней поверхности ограждений исключена).

На рис. 4, 5 показаны результаты расчета тепловых потоков в рассматриваемых фрагментах наружных ограждений.

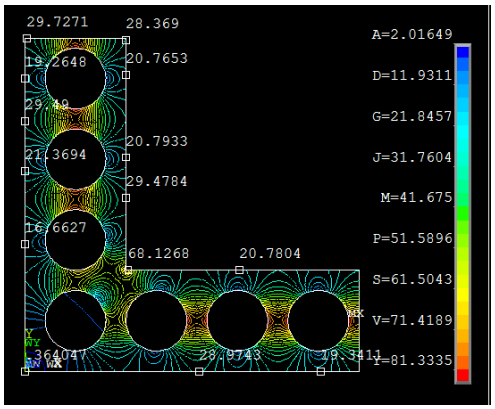


Рис. 4. Распределение тепловых потоков в конструкции а.

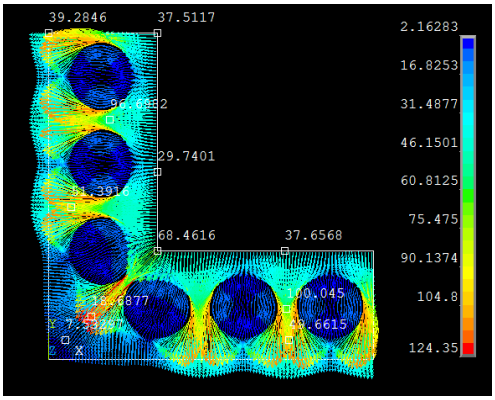


Рис. 5. Распределение тепловых потоков в конструкции б.

Из представленных рисунков видно, что тепловые потоки достигают своих максимальных значений в промежутках между утепляющими вставками. Предложенный подход позволяет проводить исследования теплового состояния ограждающих конструкций более сложной конфигурации.

Список литературы:

1. Выступление Председателя Правительства Российской Федерации В.В. Путина в Ступино по развитию малоэтажного строительства 1 июля 2011 года [Электронный ресурс]. – Условия доступа: http://premier.gov.ru, http://vladimirput.in.

2. Патент на полезную модель №47034 от 10.08.2005 г. МПК Е 04 G 11/08; 1/76 Монолитная бетонная стена (варианты).

3. Теплозащитные свойства неоднородных керамзитобетонных наружных стен зданий. Изв. вузов. Стр-во. – 2004. №7. С.18-20. А.Н. Хуторной, А.В. Колесникова.

4. Теплоперенос в элементах современных наружных ограждений. Изв. вузов. Стр-во. – 2011. №3. С. 53-67. А.Н. Козлобродов, О.И. Недавний, Р.А. Жаркой.

АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ ПЕРЕГРЕВА ГЕТЕРОСТРУКТУР GE/SI В ПРОЦЕССЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВОЙ ЭПИТАКСИИ

Кацюба А.В.
Научный руководитель: Величко А.А., д.т.н., профессор
Новосибирский государственный технический университет,
630073, Россия, г. Новосибирск, ул. Карла Маркса, 20
E-mail: kacuba@ngs.ru

В установках молекулярно-лучевой эпитаксии используется система радиационного нагрева подложек. Она состоит из резистивного нагревателя имеющего параметры близкие к АЧТ (абсолютно черное тело), температура которого определяется подводимой мощностью. Нагрев осуществляется за счет поглощения подложкой теплового излучения нагревателя, а количество поглощенной подложкой энергии и ее температура, определяется спектральной зависимостью коэффициента поглощения подложки [1].

Следует отметить, что коэффициент поглощения и, следовательно, температура подложки зависит от многих характеристик материала: ширины запрещенной зоны, концентрации свободных носителей заряда, решеточного спектра поглощения, спектральной зависимости коэффициентов отражения и т.п. Поэтому даже в рамках использования одного материала подложки, например кремния, ее температура будет существенно зависеть от концентрации легирующей примеси. При выращивании эпитаксиальных слоев полупроводников, имеющих ширину запрещенной зоны, меньшую, чем у кремния, в них будет происходить дополнительное поглощение теплового излучения в более длинноволновой области спектра. Например, в кремнии с шириной запрещенной зоны ΔEg = 1,1 эВ собственное поглощение начинается с длин волн порядка $\lambda < 1$ мкм, а в германии с ΔEg = 0.67 эВ собственное поглощение начинается с $\lambda < 2$ мкм. Это означает, что по мере роста толщины слоя пленки Ge, будет происходить дополнительный нагрев гетероструктуры Ge/Si. Поскольку механизм роста существенно зависит от температуры подложки, то становится понятным, что контроль температуры является важнейшим технологическим параметром, определяющим структурное качество получаемых слоев.

Целью данной работы является расчет зависимости температуры гетероструктуры Ge/Si от толщины эпитаксиального слоя германия для различных температур нагревателя подложки.

Важно отметить, что по мере возрастания температуры подложки кремния в ней возникает увеличение собственной концентрации носителей заряда, поэтому при ростовых температурах (500-700^{o}C) возникает экспоненциальное возрастание концентрации свободных носителей, поглощение на свободных носителях и, следовательно, дополнительный нагрев структуры. При осаждении пленки германия в ней также с ростом температуры увеличивается концентрация собственных электронов и дырок, но в значительно большей степени, поскольку ширина запрещенной зоны германия ΔEg = 0.67 эВ. Это должно приводить к еще большему поглощению и нагреву [2].

На рис 1 приведены схемы отражения которые использовались для расчета. Расчет проведен с использованием стационарного уравнения теплового баланса, учитывающего поступление лучистой энергии от нагревателя и собственное излучение образца. Так как коэффициент отражения имеет малую зависимость во всем спектральном диапазоне, поэтому мощность поглощенного образцом излучения от нагревателя рассчитывалась с учетом коэффициента отражения от поверхности $Si_{R(\lambda)}$ =0.3 [3]. Мощность излучения прошедшего через гетероструктуру и покинувшая образец рассчитывалась с использованием закона Бугера, и коэффициента отражения излучения $R(\lambda)$ от тыльной поверхности подложки Si в случае рис. 1. (а), и однократном отражении от каждой границы гетероструктуры Si/Ge рис. 1. (б).

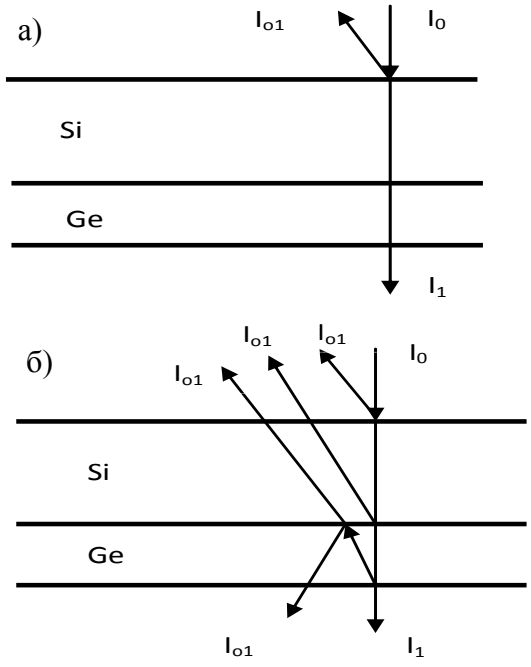


Рис. 1. Схема распределения интенсивности прошедшего и отраженного излучения в структурн Ge/Si. Для случая (а) – однократного отражения только от тыльной поверхности подложки, (б) – учет отражения от трех поверхностей :

Поскольку значение коэффициента поглощения сильно зависит от спектрального состава излучения и материала образца, то весь спектр был

разбит на три участка: 1-й: (0 - 1 мкм), 2-й: (1 - 2 мкм), 3-й: (2 - ∞ мкм). В расчетах были использованы следующие значения коэффициентов поглощения $\alpha_{11}= \alpha_{21} = \alpha_{22} =106$ м$^{-1}$; $\alpha_{12} =103$ м$^{-1}$; $\alpha_{13} =1003$ м$^{-1}$; $\alpha_{23} =1503$ м$^{-1}$.

Здесь первый индекс относится к материалу образца (1- Si, 2-Ge), а второй к участку спектра. Например, α_{11} означает коэффициент поглощения Si на участке спектра (0 - 1 мкм)

Расчет проводился для следующих температур нагревателя подложки T_H: 1000 К, 1250 К, 1500 К, результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчета

Тн=1000 К							
d, мкм	0	0.5	1	2	3	5	ΔT
T, K	650	679	681	682	685	685	35
T*, K	538	567	572	577	578	579	51
Тн=1250 К							
d, мкм	0	0.5	1	2	3	5	ΔT
T, K	822	867	874	881	883	884	62
T*, K	705	752	765	773	780	782	77
Тн=1500 К							
d, мкм	0	0.5	1	2	3	5	ΔT
T, K	1006	1065	1078	1087	1095	1097	91
T*, K	889	956	978	993	1002	1005	116

Как видно из приведенных в таблице 1 данных в структуре Ge/Si в процессе МЛЭ пленки Ge при ее толщине более 2 мкм происходит дополнительное повышение температуры по сравнению с подложкой Si.

На рис. 2 приведены результаты численного расчета температуры гетероструктуры Ge на Si в зависимости от температуры нагревателя Тн и толщины пленки Ge с учетом однократного отражения (пунктирный график) и без учета (сплошной график).

На основании приведенных расчетов, можно сделать вывод, что при молекулярно-лучевой эпитаксии пленки Ge на подложке Si с ростом ее толщины происходит увеличение температуры гетероструктуры по сравнению с исходной температурой Si подложки. По мере увеличения температуры нагревателя от 1000 К до 1500 К этот перегрев возрастает от 35 К до 90 К без учета однократного отражения, и от 51 до 116 К с учетом. Этот факт объясняется тем, что при повышении температуры нагревателя в германии резко возрастает концентрация свободных носителей заряда по сравнению с более широкозонным кремнием, что приводит к увеличению разницы температур ΔT.

Как видно из рис.2, наиболее резкое неконтролируемое изменение температуры эпитаксии происходит на начальной стадии зарождения и роста, что может резко поменять механизм зародышеобразования и в конечном счете, повлиять на качество структуры.

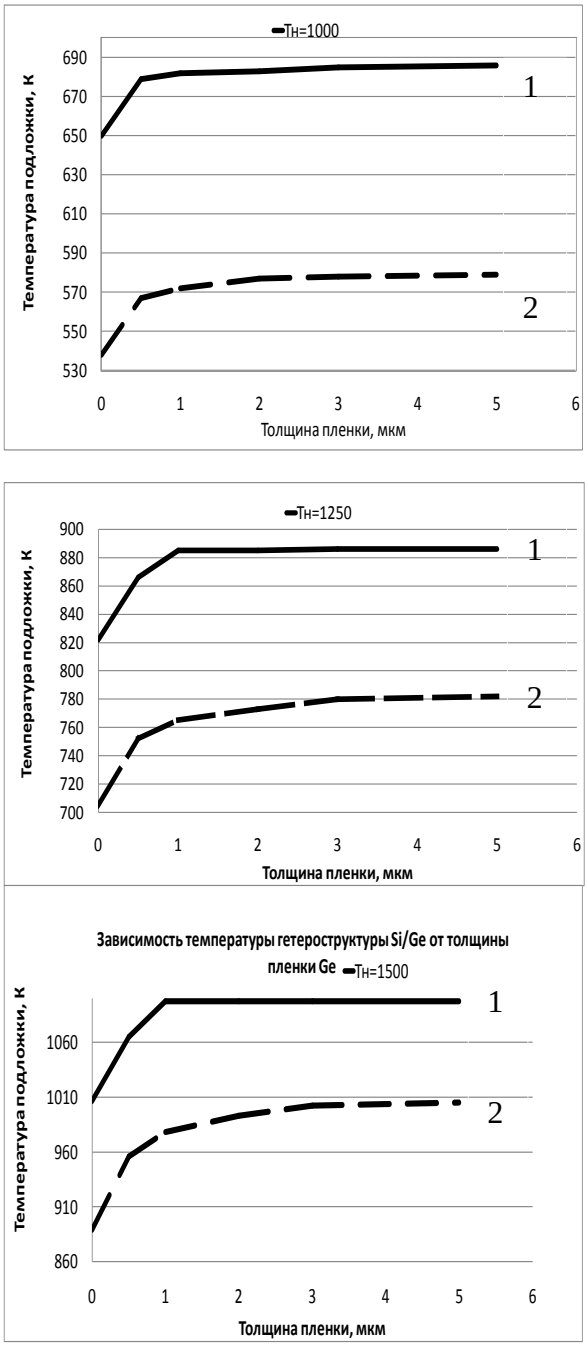


Рис. 2. Зависимость температуры гетероструктуры от толщины пленки Ge, без учет отражения (1) и при однократном отражении (2).

Список литературы

1. Величко А.А., Илюшин В.А. - Электрофизические свойства пленок антимонида индия, полученных из молекулярных пучков.// Электронная промышленность, - 1993, № 8, С. 48-50

2. Величко А.А., Кольцов Б. Б., Кацюба А.В.// Сборник трудов «Современные техника и технологии» Томск 2011 том 3.

3. Оптические материалы для инфракрасной техники /Е.М. Воронкова, Б.Н. Гречушников, Г.И. Дистлер, И.П. Петров; Наука. М.,1965.- с209.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НЕЛИНЕЙНОЙ ТЕПЛООБМЕННОЙ СИСТЕМЫ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

Шилин А. А., Букреев В. Г., Койков К. И.
Научный рководитель: Букреев В. Г., д.т.н., профессор
ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, Россия, 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30
E-mail: bixente@npowest.tom.ru

Введение.

Достаточно точное и адекватное математическое описание сложных нелинейных динамических объектов, особенно объектов с запаздыванием и нестационарностью параметров, представляет собой важную задачу, решение которой определяется не только формализованными процедурами, но и интуицией исследователя. Во многих случаях математические модели таких объектов формируются на основе «физики» протекающих процессов и предварительного анализа их свойств в виде структурного представления составляющих элементов и связей между ними. Такой подход далее предлагается использовать для создания математической модели в пространстве состояний такого сложного технологического объекта, как нелинейная теплообменная система (ТОС) горячего водоснабжения (ГВС) [1, 2, 3].

Наиболее распространенным вариантом технологической схемы ТОС горячего водоснабжения, соответствующая основным требованиям теплоснабжающих организаций, является схема, структура которой представлена на рис. 1.

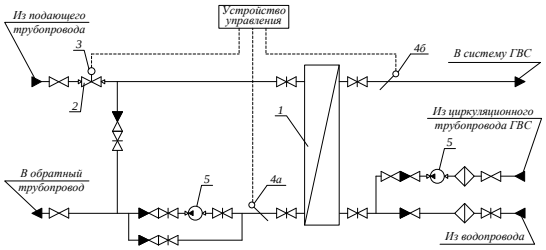


Рис. 1 Структура технологической схемы теплообменной системы ГВС

Характерными особенностями ТОС с эффективным теплообменным аппаратом является нелинейность ее элементов, запаздывание по каналам формирования управляющих воздействий и протекания теплоносителей по трубопроводам в распределенной сети ГВС потребителей. Кроме того, значительным возмущением в теплообменной системе можно считать периодическое поступление холодной воды во внутренний контур ТОС для компенсации невосполнимого расхода теплоносителя в сети ГВС потребителя.

Построение математической модели разомкнутой теплообменной системы.

Используя опыт проектирования и эксплуатации автоматизированных систем управления данным объектом, структуру математической модели ТОС и оценку ее параметров предлагается выполнить на основе предварительного анализа процессов с разомкнутым регулятором температуры во внутреннем контуре теплообменного аппарата. Для устойчивых тепловых процессов, протекающих во внешнем и внутреннем контурах ТОС, установившихся режимов работы таких элементов, как регулирующий клапан и циркуляционные насосы, модель системы можно представить в виде функциональных блоков, соединение которых отражает определенную последовательность преобразования выбранных переменных состояния [4, 5, 6].

Нелинейная модель теплообменной системы описывается следующими дифференциальными уравнениями в форме Коши:

$$
\begin{cases}
\dot{x}_1(t) = -\dfrac{k_h}{T_{прив}} \cdot u(t) \cdot x_1(t) + \dfrac{k_{\max} \cdot k_h}{T_{прив}} \cdot u(t), \\
\dot{x}_2(t) = -\dfrac{1}{T_1} \cdot x_1(t) \cdot x_3(t) - \dfrac{1}{T_1} \cdot x_2(t) + \dfrac{1}{T_1} \cdot x_3(t) + \dfrac{x_1(t)}{T_1} \cdot v_1(t), \\
\dot{x}_3(t) = \dfrac{1}{T_2} \cdot x_6(t) - \dfrac{1}{T_2} \cdot x_3(t), \\
\dot{x}_4(t) = \dfrac{1}{T_3} \cdot x_7(t) - \dfrac{1}{T_3} \cdot x_4(t), \\
\dot{x}_5(t) = \dfrac{1-k_{хв}}{T_4} \cdot x_{12}(t) - \dfrac{1}{T_4} \cdot x_5(t) + \dfrac{v_3(t) \cdot k_{хв}}{T_4} \\
\dot{x}_6(t) = \dfrac{1-k_{тобм}}{T_{э_1}} \cdot x_2(t) - \dfrac{1}{T_{э_1}} \cdot x_6(t) + \dfrac{k_{тобм}}{T_{э_1}} \cdot x_5(t), \\
\dot{x}_7(t) = \dfrac{k_{тобм}}{T_{э_2}} \cdot x_2(t) - \dfrac{1}{T_{э_2}} \cdot x_7(t) + \dfrac{1-k_{тобм}}{T_{э_2}} \cdot x_5(t), \\
\dot{x}_8(t) = \dfrac{k_{ост}}{T_{э_{3.1}}} \cdot x_4(t) - \dfrac{1}{T_{э_{3.1}}} \cdot x_8(t) + \dfrac{v_2(t) \cdot (1-k_{ост})}{T_{э_{3.1}}}, \\
\dot{x}_9(t) = \dfrac{1}{T_{э_{3.2}}} \cdot x_8(t) - \dfrac{1}{T_{э_{3.2}}} \cdot x_9(t), \\
\dot{x}_{10}(t) = \dfrac{1}{T_{э_{3.3}}} \cdot x_9(t) - \dfrac{1}{T_{э_{3.3}}} \cdot x_{10}(t), \\
\dot{x}_{11}(t) = \dfrac{1}{T_{э_{3.4}}} \cdot x_{10}(t) - \dfrac{1}{T_{э_{3.4}}} \cdot x_{11}(t), \\
\dot{x}_{12}(t) = \dfrac{1}{T_{э_{3.5}}} \cdot x_{11}(t) - \dfrac{1}{T_{э_{3.5}}} \cdot x_{12}(t).
\end{cases}
$$

Оценка адекватности математической модели или теплообменной системы ГВС осуществляется сравнением результатов исследований на имитационной модели в среде Simulink и экспериментальных данных для конкретного примера. В качестве объекта исследований используется система ГВС жилого здания с теплообменником типа ГЕА Машимпэкс Varitherm VT 40.

Параметры экспериментальной теплообменной системы ГВС жилого здания:

- электромеханическая постоянная времени электродвигателя регулирующего клапана $T_{прив} = 40$ с;
- коэффициенты статической характеристики регулирующего клапана $k_{\max} = 1, k_h = 1{,}1$;
- инерционные постоянные времени тепловых процессов $T_1 = 10$ с, $T_2 = T_3 = 15$ с, $T_4 = 5$ с;
- коэффициент остывания теплоносителя $k_{ост} = 0{,}75$, рассчитывается на основании формулы $k_{ост} = e^{\frac{-T_{э3}}{T_{ост}}}$, где $T_{э_3} = 250$ с, $T_{ост} = 900$ с;
- коэффициенты присутствия $k_{хв} = 0$ холодной воды и эффективности $k_{тобм} = 0{,}9$ теплообменника;
- значения стационарных возмущений: $T^0_{ком} = 22\ ^\circ$C, $T^0_{под} = 95\ ^\circ$C, $T^0_{хв} = 5\ ^\circ$C;
- значения транспортных запаздываний $T_{э_1} = T_{э_2} = 10$ с; $T_{э_{3.1}} = T_{э_{3.2}} = T_{э_{3.3}} = T_{э_{3.4}} = T_{э_{3.5}} = 50$ с.

Для оценки адекватности предложенной математической модели реальному объекту используется сравнительный анализ характеристик переходного процесс температуры $T^0_{под_2}$ в подающем трубопроводе ГВС при изменении положения $h(t)$ штока регулирующего клапана (рис. 2).

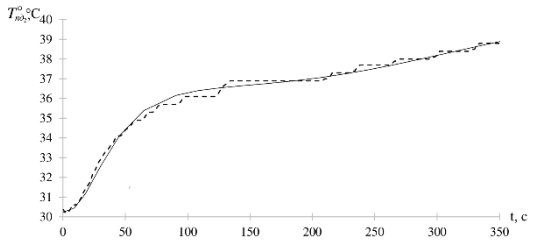


Рис. 2 Переходной процесс изменения температуры теплоносителя

Переходный процесс температуры $T^0_{под_2}$ формируется с момента поступления управляющего сигнала, который изменяет положение штока регулирующего клапана с 30% до 40% (100% - максимально открытое состояние клапана). График переходного процесса подчеркивает специфику теплообменной системы - характерное «насыщение» с момента времени 250 с. Это явление объясняется запаздыванием, связанным с прохождением теплоносителя через всю систему ГВС здания (вышеупомянутое $T_{э_3} = 250$ с).

Переходный процесс, полученный на имитационной модели, практически совпадает с экспериментальным переходным процессом. Максимальное отклонение зафиксировано на уровне *0,43°C*, среднеквадратичное отклонение равное *0,14°C*, что не превышает ошибки дискретизации АЦП по уровню.

Заключение

Результаты сравнительного анализа имитационного моделирования и экспериментальных исследований отражают хорошую адекватность предложенной математической модели теплообменной системы реальным процессам, протекающим в объекте. В частности, при изменении положения штока регулирующего клапана на 10% отличие экспериментальных данных от теоретических значений на всем интервале протекания переходного процесса температуры во вторичном контуре теплообменного аппарата не превышает 4,6%.

Список литературы:

1. Чистович С. А. Автоматическое регулирование расхода тепла в системах теплоснабжения и отопления. Л.: Стройиздат, 1975 – 160 с. С.5-16
2. Панько М. А. Выбор математических моделей объекта управления по экспериментальным данным // Теплоэнергетика, 2006, №10. С.20-23
3. Мухин О. А. Автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции: Учеб. Пособие для вузов. – Мн: Выш. шк., 1986 – 304 с.: ил. С.164-166
4. Ротач В. Я. Теория автоматического управления: учебник для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 396 с., ил. С.25-27
5. Ковальногов Н. Н., Ртищева А. С., Цынаева Е. А. Автоматизированная система оптимального управления отоплением учебного заведения // Проблемы энергетики. Известия ВУЗов, 2007, №3-4. С.100-107
6. Шилин А. А., Букреев В. Г., Нелинейная математическая модель теплопотребления с учетом характеристик элементов теплового узла//Научный вестник НГТУ, 2012, №2(47). С.107-114

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПО МЕТОДУ ВЫРАВНИВАНИЯ ТЕМПЕРАТУР И СРАВНЕНИЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ЭКСПЕРИМЕНТА

Колесникова Е. А.
Научный руководитель: Немова Т.Н., д.т.н., профессор
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2
e-mail: alko.gm@gmail.com

Методика и алгоритмы для расчета температурных полей по методу выравнивания температур малых кубических объемов для аналитически решенных задач приведены в работах [1-2]. Для экспериментальной проверки расчетных возможностей и погрешностей предложенного метода проведен расчет температур в тепловыделяющей конструкции, представленной на рис. 1.

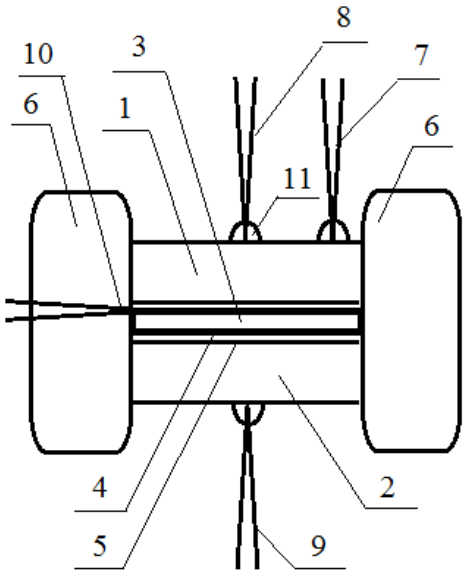


Рис.1. Тепловыделяющая конструкция

Квадратные стальные пластины 1 и 2, имеющие толщину 25 мм со стороной квадрата 100 мм, прижаты к нагревателю 3 толщиной 8 мм. Нагреватель представляет собой керамическую пластину, на которую намотана нихромовая проволока 4 диаметром 0,5 мм (R = 12 Ом), нагреваемая переменным током. Измерения проведены при постоянной мощности нагрева конструкции 68 Вт. Изоляцией между нагревателем и стальными пластинами является слой стеклоткани 5, толщиной 0,2 мм. Боковые стороны конструкции теплоизолированы базальтовой ватой 6. Температура поверхности стальных пластин с внешней стороны и со стороны нагревателя измерена через каждые 600 секунд в течении полного времени нагрева хромель-копелевыми термопарами 7, 8, 9, 10. Для более точного соответствия температур спая термопары и поверхности пластин, спаи в местах контакта теплоизолированы кусочками базальтовой ваты 11.

Для определения расчетных коэффициентов и других величин, необходимых для расчета, использованы температуры контрольных термопар 7, 8, 9, 10, измеренные при нагреве конструкции постоянной мощностью 68 Вт до достижения стационарного режима.

Расчеты температур для внешней и внутренней поверхностей конструкции проведены для мощностей нагрева данной конструкции 24,8 Вт и 96,25 Вт. Для этих мощностей при расчетах достижение стационарного режима нагрева конструкции не требуется, так как все необходимые коэффициенты получены для стационарного режима на мощности 68 Вт.

Экспериментально полученные значения температур поверхностей стальных пластин сравниваются с соответствующими значениями температур, рассчитанными по методике [1-2].

Расчет температур на внешней и внутренней поверхностях пластин проводится с использованием следующего алгоритма:

1. Стальную и керамическую пластины разбиваем на N слоев толщиной Δl, где N - четное число.
2. По уравнению $\Delta t = \frac{c \cdot \rho \cdot \Delta l^2}{\lambda}$ определяем время Δt, соответствующее выравниванию температуры в двух смежных слоях пластин.
3. Для стационарного теплового режима при мощности 68 Вт определяем коэффициент теплоотдачи

$$\alpha = \frac{P}{2 \cdot S \cdot (T_{поверх} - T_{среды})} \quad (1)$$

4. Для заданной мощности P_{exp} по экспериментально измеренной разнице температур ΔT_{exp} между стальной и керамической пластинами в области нагревателя определяем температурный перепад ΔT_p ($\Delta T_p = \frac{\Delta T_{\text{exp}}}{P_{\text{exp}}} \cdot P$) для произвольной мощности нагревателя P.
5. Рассчитываем температуру, на которую нагревается граничный слой керамической пластины за единичный интервал времени

$$\Delta T = \frac{P \cdot \Delta t}{2 \cdot m_k \cdot c_k} \quad (2)$$

6. Для каждой пары смежных слоев стальной и керамической пластин, начиная с граничного, определяем выровненную температуру

$$T_3 = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (3)$$

7. Повторяем пункт 6 для каждой пары смежных слоев пластин, начиная со слоя, смежного с граничным.

8. Выравнивание температур слоя керамики и слоя стали, между которыми возникает тепловое сопротивление, определяем по выражению:

$$\Delta T^* = \frac{T_c \cdot c_c \cdot m_c + (T_k - T_p) \cdot c_k \cdot m_k}{c_c \cdot m_c + c_k \cdot m_k} \quad (4)$$

и присваиваем полученную температуру слою стальной пластины. Слою керамической пластины присваиваем температуру $\Delta T^* + T_p$.

9. По закону Ньютона (граничные условия третьего рода) определяем температуру, величину которой необходимо вычитать в каждый единичный момент времени из температуры граничащего со средой слоя стальной пластины:

$$\Delta T^{**} = \frac{\alpha \cdot (T_c - T_{среды}) \cdot S \cdot \Delta t}{c_c \cdot m_c} \quad (5)$$

10. Определяем время Δt_i, прошедшее с начала процесса охлаждения $\Delta t_i = \Delta t_i + \Delta t$.

11. Повторяем пункты 5 – 10 до тех пор, пока Δt не достигнет заданной величины.

На рис. 2, 3 представлены расчетные и экспериментальные зависимости изменения температуры от времени для внешней стороны стальной пластины (термопара 8, рис. 1) и поверхности керамической пластины, прилегающей к нагревателю (термопара 10, рис. 1.). Теплопроводности, теплоемкости и плотности стальной и керамической пластин принимались равными λ_c = 42 Вт/(м К), c_c = 480 Дж/(кг К), ρ_c = 7800 кг/м^3 и λ_k = 0,65 Вт/(м К), c_k = 800 Дж/(кг К), ρ_k = 2400 кг/м^3 соответственно.

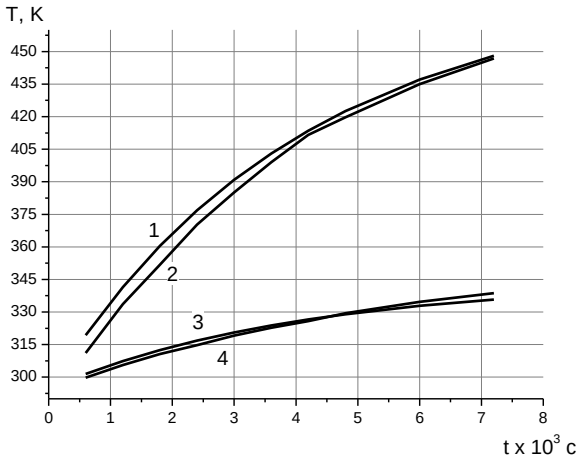


Рис. 2 Зависимости температуры от времени на внешней стороне стальной пластины (термопара 8 на рис. 1).
1, 2 – расчетная и экспериментальная кривые соответственно при мощности нагрева P = 93,1 Вт
3, 4 - расчетная и экспериментальная кривые соответственно при мощности нагрева P = 24,8 Вт

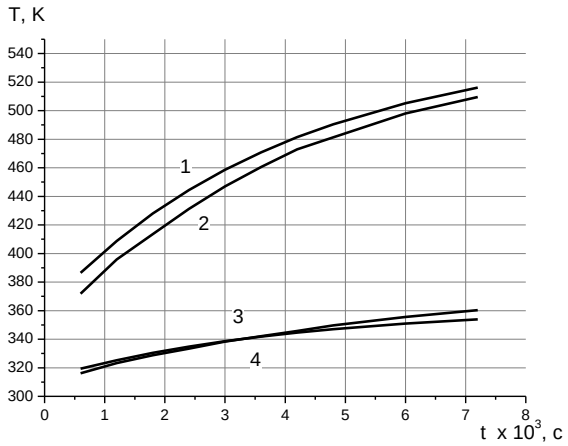


Рис. 3 Зависимости температуры керамической пластины, прилегающей к нагревателю 4 (рис. 1.) (термопара 10 на рис. 1.) от времени.
1, 2 – расчетная и экспериментальная кривые соответственно при мощности нагрева P = 93,1 Вт
3, 4 - расчетная и экспериментальная кривые соответственно при мощности нагрева P = 24,8 Вт

Погрешности между расчетными и экспериментальными зависимостями, вероятно, обусловлены недостаточно точным выбором теплопроводности и теплоемкости материалов, использованных для расчета. Некоторое увеличение точности может быть достигнуто за счет увеличения числа слоев, на которые для расчета разбиваются пластины.

Таким образом, адекватность предложенного метода выравнивания температур проверена сравнением результатов расчетов с аналитически решенными задачами. В данной работе проведена оценка погрешности метода при сравнительно небольшом разбиении конструкции на слои на основе проведенных авторами экспериментальных измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Немова Т.Н., Колесникова Е.А. Определение температурного поля подложки под каплей расплава методом выравнивания температур соседних слоев // Известия вузов. Физика. - 2010. - Т. 52. - № 12/2. - С. 200-204

2. Колесникова Е.А., Немова Т.Н, Расчет нестационарного температурного поля методом выравнивания температур малых соседних кубических объемов // Инженерная физика. – 2012. - №8. - С. 53-55

РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ШАХТНЫХ ЗАКЛАДОЧНЫХ РАСТВОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНОГО АНГИДРИТА

Костриба А.П., Малинникова Т.П., Михеев В.Н.
Научный руководитель: Федорчук Ю.М., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: bering@sibmail.com

В данный момент на территориях горнодобывающего производства в России и не только остро стоит проблема заполнения громадных пустот под населенными пунктами в результате шахтных выработок. Такие пустоты могут приводить к техногенным землетрясениям и к провалам земли [1].

Основным природным сырьем Заполярного Филиала ОАО Горно-металлургической компании "Норильский никель" являются сульфидные полиметаллические руды. В связи с шахтным способом добычи указанных руд, возникающие пустоты заполняют так называемыми закладочными растворами, которые после схватывания и твердения превращаются в ангидрито-цементные бетоны. В закладочных растворах в качестве пластификатора, увеличивающего подвижность раствора, и в качестве альтернативного вяжущего используют природный ангидрит – безводный сульфат кальция.

На сегодняшний день Заполярный Филиал ОАО Горно-металлургической компании "Норильский никель" в процессе получения закладочных растворов для заполнения шахтных пустот использует природный ангидрит. В сочетании с граншлаком и цементом применяемые составы довольно дешевы, при этом характеризуются достаточно высокими прочностными показателями.

В основе данной работы лежит исследование прочности и реологических характеристик закладочного состава на основе природного ангидрита. Нами выяснено, что варьируя соотношение компонентов существующего состава, можно добиться более высоких прочностных характеристик. За «эталонный» состав взят композит, применяемый на комбинате «Норильский никель» [2].

Целью данных исследований является разработка ресурсосберегающей технологии получения шахтных закладочных растворов с использованием природного ангидрита

Согласно поставленной цели были выделены следующие задачи:

1. определить реологические свойства составов закладочных растворов;
2. определить прочностные характеристики полученных образцов;
3. определить оптимальный состав закладочных растворов;
4. усовершенствование технологии получения используемого закладочного раствора для заполнения шахтных пустот на основе природного ангидрита.

Для проведения опытов были взяты следующие компоненты:

- ангидрит природный – тонина помола полученного материала до 100 мкм;
- граншлак (Норильский), крупность до 1 мм;
- ускоритель твердения (K_2SO_4);
- цемент М400;
- вода техническая.

Растворы готовили по следующей методике:

Брали навески портландцемента, ускорителя твердения, ангидрита природного и заполнителя (граншлак), помещали в лабораторный смеситель, добавляли воду и перемешивали в течение 6 мин. Полученный раствор испытывали на водопотребность и подвижность.

Водопотребность определяли с помощью вискозиметра Суттарда, представляющего собой стальной стаканчик высотой 50 мм и диаметром 50 мм, по ГОСТ 5802-86. Растекание растворов было в пределах 190-200 мм, что соответствует показателям технологического регламента.

Подвижность раствора определяли с помощью эталонного конуса, изготовленного из стали, с углом при вершине 30 град., массой 300 г., по ГОСТ 5802-86. Подвижность всех приготовленных растворов была в пределах 80±5 мм [3].

После определения подвижности и водопотребности раствором заполняли формы кубиков с размерами (40х40х40) мм и накрывали влажной тканью. Через 1 сутки твердения кубики извлекали из опалубки, и образцы переносили в камеру с постоянной температурой и влажностью для набора прочности изделий. В возрасте 3, 7 суток образцы испытывали на прочность сжатию с помощью лабораторного пресса. Результаты испытаний образцов ангидрито-цементных закладочных смесей с заполнителем граншлаком представлены в таблице 1 [4].

Табл. 1– Определение свойств ангидрито-цементных закладочных смесей с ускорителем твердения

Состав раствора, г					Прочность, МПа		Прочность, МПа (по регламенту РТПП-045-2004)	
цемент	гран-шлак	вода	ангидрит	ускоритель твердения	3 сут	7 сут	3 сут	7 сут
50	***750***	***525***	***700***	–	***0,20***	***0,92***	0,4-0,5	0,7-0,9
50	750	525	700	10,5 (1,5% масс.)	0,65	1,21	0,4-0,5	0,7-0,9
50	750	525	700	9,8 (1,4% масс.)	0,55	1,24	0,4-0,5	0,7-0,9
50	750	525	700	9.1 (1,3% масс.)	0,62	1,05	0,4-0,5	0,7-0,9
50	831	525	637	8,28 (1,3% масс.)	0,58	1,23	0,4-0,5	0,7-0,9
50	876	525	574	7,46 (1,3% масс.)	0,50	0,95	0,4-0,5	0,7-0,9
50	939	525	511	6,64 (1,3% масс.)	0,45	0,97	0,4-0,5	0,7-0,9

Данные, выделенные курсивом, получены по указанным соотношениям компонентов в технологическом регламенте производственных процессов при ведении закладочных работ на рудниках Заполярного Филиала ОАО Горно-металлургической компании "Норильский никель".

При испытании образцов на прочность сжатию лучшие результаты показал состав с добавлением ускорителя твердения в количестве 1,5% от массы природного ангидрита. Но так как при введении в состав ускорителя твердения 1,4% и 1,3% от массы природного ангидрита результаты испытаний на прочность сжатию также соответствуют требованиям регламента, то оптимальным количеством ускорителя твердения необходимо считать 1,3% масс.

Также проводились испытания образцов, в составе которых уменьшали количество природного ангидрита на 9%, 18%, 27% за счет увеличения количества граншлака с использованием ускорителя твердения. Результаты испытания на прочность сжатию всех образцов соответствуют требованиям регламента, поэтому при добавлении ускорителя твердения (сульфата калия) 1,3% масс. возможна экономия природного ангидрита до 25%.

В результате выполненных исследований получены следующие результаты:

1. Определены реологические свойства составов закладочных растворов: растекание растворов было в пределах 190-200 мм; подвижность всех приготовленных растворов была в пределах 80±5 мм. При добавлении ускорителя твердения (сульфата калия) реологические свойства соответствуют регламенту РТПП-045-2004;
2. Определены прочностные характеристики полученных образцов (Табл. 1);
3. Определен оптимальный состав закладочных растворов: состав с добавлением ускорителя твердения в количестве 1,3% масс. от массы природного ангидрита показатели прочности при сжатии образцов соответствуют регламенту РТПП-045-2004;
4. Усовершенствована технология получения закладочного раствора для заполнения шахтных пустот на основе природного ангидрита. За счет введения в состав 1,3 % масс. ускорителя твердения (сульфата калия) в состав закладочных смесей возможно снижение массы используемого природного ангидрита в количестве на 25 % меньше с сохранением всех качественных характеристик закладочных растворов предъявляемых Регламентом РТПП-045-2004.

Список литературы:

1. Экологические проблемы//право России. – точка доступа - http://www.allpravo.ru/library/doc6996p0/instrum6997/item7031.html
2. Регламент технологических производственных процессов при ведении закладочных работ на рудниках ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» (РТПП-045-2004).
3. ГОСТ 5802-86 Растворы строительные методы испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 2008 г.
4. ГОСТ 10180-90 Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Изд-во стандартов, 1990 г.

О РАСЧЕТЕ КОЭФФИЦИЕНТА ГОТОВНОСТИ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ

Кравченко Е.В.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: kevatp@tpu.ru

Способность проектируемых и действующих источников теплоты, тепловых сетей и в целом систем центрального теплоснабжения (СЦТ) обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения (отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, а также технологических потребностей предприятий в паре и горячей воде) следует определять по трем показателям (критериям): вероятности безотказной работы [Р], коэффициенту готовности [$К_г$], живучести [Ж] [1].

Коэффициент готовности применяется для обслуживаемых, восстанавливаемых и ремонтируемых объектов и относиться к комплексным показателям надежности. Под коэффициентом готовности понимается вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов в течение которых применение по назначению объекта не предусматривается [2].

$$К_Г = \frac{T}{T + T_В} \qquad (1)$$

где Т – время нахождения в работоспособном состоянии, кроме планируемых периодов, в течении которых применение не предусматривается, ч.; $Т_В$ – время восстановления до работоспособного состояния, кроме планируемых периодов, в течении которых применение не предусматривается, ч.

Различают следующие коэффициенты готовности:

- стационарный;
- оперативный;
- нестационарный;
- средний.

При анализе данных статистики отказов тепловых сетей г. Томска было определено, что наиболее подходящим видом комплексного показателя надежности – коэффициента готовности, является стационарный коэффициент готовности.

При расчете готовности СЦТ к исправной работе учитывались три основных составляющих системы (рис.1).

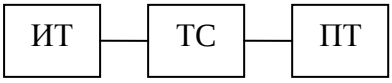


Рис.1 Структурная схема системы центрального теплоснабжения. ИТ – источники тепла; ТС – тепловые сети; ПТ – потребители тепла.

Известная формула из [2] (уравнение 1) модифицировалась (уравнение 2) учитывая все основные значимые факторы. Согласно [1] при определении показателя готовности следует учитывать:

- ✓ готовность СЦТ к отопительному сезону;
- ✓ достаточность установленной тепловой мощности источника теплоты для обеспечения исправного функционирования СЦТ при нерасчетных похолоданиях;
- ✓ способность тепловых сетей обеспечить исправное функционирование СЦТ при нерасчетных похолоданиях;
- ✓ организационные и технические меры, необходимые для обеспечения исправного функционирования СЦТ на уровне заданной готовности;
- ✓ максимально допустимое число часов готовности для источника теплоты;
- ✓ температуру наружного воздуха, при которой обеспечивается заданная внутренняя температура воздуха.
- ✓ оперативный;

Уравнение для определения коэффициента готовности представляет собой сумму всех элементов СЦТ и принимает вид:

$$К_Г = \left[К_{Гит} + К_{Гтс} + К_{Гпт}\right] \cdot \frac{1}{3} \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \qquad (2)$$

где: $К_{Гит}$ – коэффициент готовности источников теплоты;

$К_{Гтс}$ – коэффициент готовности тепловых сетей;

$К_{Гпт}$ – коэффициент готовности потребителей теплоты;

a_1 – коэффициент, определяющий субъективную оценку готовности СЦТ к отопительному сезону;

a_2 – коэффициент, определяющий уровень принятия организационных мер, необходимых для обеспечения исправного функционирования СЦТ на уровне заданной готовности.;

a_3 – коэффициент, определяющий достаточность технических мер, необходимых для обеспечения исправного функционирования СЦТ на уровне заданной готовности.

Уравнение (2) показывает взаимосвязь между отдельными объектами СЦТ.

Коэффициент готовности объектов определяется из уравнений (3-5).

$$К_{Гит} = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{T_i}{T_i + T_{Bi}} \cdot a_{4i} \cdot a_{5i} \right) \cdot \frac{1}{n} \qquad (3)$$

$$К_{Гтс} = \sum_{j=1}^{m}\left(\frac{T_j}{T_j + T_{Bj}} \cdot a_{6j}\right) \cdot \frac{1}{m} \qquad (4)$$

$$К_{Гпт} = \sum_{k=1}^{s}\left(\frac{T_k}{T_k + T_{Bk}} \cdot a_{7k}\right) \cdot \frac{1}{s} \qquad (5)$$

где: T_i, T_j, T_k – время нахождения в работоспособном состоянии, кроме планируемых периодов, в течении которых применение не предусматривается для источников теплоты, тепловых сетей и потребителей теплоты, ч.;

T_{Bi}, T_{Bj}, T_{Bk} – время восстановления до работоспособного состояния, кроме планируемых периодов, в течении которых применение не предусматривается для источников теплоты, тепловых сетей и потребителей теплоты соответственно, ч.;

n, m, k – количество источников теплоты, тепловых сетей и потребителей теплоты;

a_{4i} – коэффициент, характеризует достаточность установленной тепловой мощности источника теплоты для обеспечения исправного функционирования СЦТ при нерасчетных похолоданиях;

a_{5i} – коэффициент, определяющий максимально допустимое число часов готовности для источника теплоты;

a_{6j} – коэффициент, характеризующий способность тепловых сетей обеспечить исправное функционирование СЦТ при нерасчетных похолоданиях;

a_{7k} – коэффициент, характеризует способность СЦТ обеспечить заданную (нормативную) внутреннюю температуру воздуха в помещении, при соответствующей температуре наружного воздуха.

Одним из важных факторов влияющих на коэффициент готовности СЦТ в регионах с большими перепадами температур является коэффициент (a_6), характеризующий способность тепловых сетей обеспечить исправное функционирование СЦТ при нерасчетных похолоданиях. Необходимо также отметить, что согласно [1], минимально допустимый показатель готовности СЦТ к исправной работе должен быть не менее 0,97. Поэтому, влияние температурного режима на $К_г$ будет тем заметнее, чем больше будет похолодание.

С целью выяснения характера зависимости и величины допустимого разброса коэффициента a_6 в уравнении 3 на общую готовность СЦТ было проведено численное моделирование.

Исходные данные и допущения [1]:

- время нахождения в работоспособном состоянии для источников теплоты – 365 суток;
- время восстановления до работоспособного состояния для источников теплоты – 0 ч.;
- время нахождения в работоспособном состоянии для тепловых сетей – 234 суток;
- время восстановления до работоспособного состояния для тепловых сетей – 24-48 ч.;
- время нахождения в работоспособном состоянии для потребителей теплоты – 344 суток;
- время восстановления до работоспособного состояния для потребителей теплоты – 21 суток;
- коэффициенты a_1-a_3, a_{4i}, a_{5i}, a_{7k} принимались равными 1.

Результаты численного моделирования зависимости коэффициента готовности от коэффициента (a_6), характеризующего способность тепловых сетей обеспечить исправное функционирование СЦТ при нерасчетных похолоданиях представлены на рис.2.

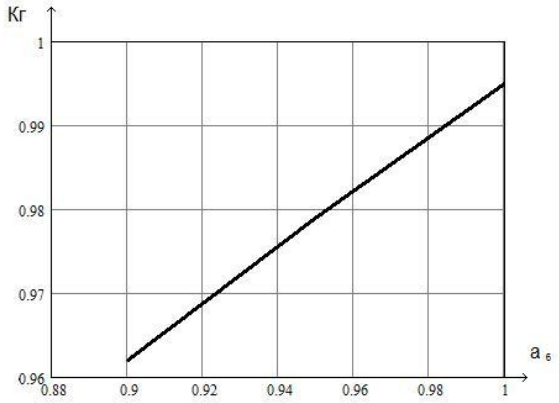


Рис.2 Зависимость коэффициента готовности от коэффициента (a_6), характеризующего способность тепловых сетей обеспечить исправное функционирование СЦТ при нерасчетных похолоданиях.

Выводы.

Влияние коэффициента (a_6) на готовность системы центрального теплоснабжения достаточно значительное. Даже при небольших отличиях от нерасчетных температур, например a_6=0,95 коэффициент готовности ($К_г$=0,98) близок к предельно допустимому показателю готовности СЦТ к исправной работе. Коэффициент готовности будет тем меньше, чем больше будет время восстановления до работоспособного состояния элементов (источников тепла, тепловых сетей, потребителей тепла) системы центрального теплоснабжения.

Список литературы

1. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети.
2. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
3. Справочник. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Под.ред. Манюк А.И. 1988 г. -432 с.

КОНТРОЛЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ОБЪЕКТАМИ ТГАСУ, ОХВАЧЕННЫМИ СИСТЕМОЙ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ

Кривошеин Ю.О., Одинцов А.В.
Научный руководитель: Цветков Н.А., д.т.н., профессор
Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, Соляная пл., 2
E-mail: kaf_tgs@tsuab.ru; krivoshtin@npowest.tom.ru; npowest@tomsk.ru

Проблемам энергосбережения и повышения энергоэффективности в настоящее время уделяется большое внимание в связи с принятием закона 261-ФЗ «Об энергосбережении …».

Выполняя этот закон на первом этапе Томский государственный архитектурно-строительный университет (ТГАСУ) в 2012 году, наряду с устройством автоматизированных местных тепловых пунктов, силами своих экспертов выполнил энергетическое обследование 70 собственных объектов суммарной площадью 98 тыс. кв. м.

Разработаны энергосберегающие мероприятия по каждому объекту и детальная программа энергосбережения на период до 2017 года.

Параллельно в 2012 году, для реализации программы энергосбережения, в университете создана и внедрена совместно с НПО «ВЭСТ» (на базе контроллеров «ВЭСТ-01.М-05.2») система диспетчерского контроля параметров процесса потребления энергоресурсов и управления этим процессом (пока охвачено 17 объектов).

В программе предусмотрен вывод параметров теплопотребления на мнемосхемах каждого объекта. В случаях выхода какого-либо параметра за пределы заданных значений, на мнемосхеме объекта возникает надпись красным цветом. Пример мнемосхемы с сигналом нештатной ситуации в общежитии № 7 ТГАСУ по ул. Партизанская 15/2 приведен на рис. 1. Изменяя параметры настройки регулятора, можно удаленно устранять некоторые нештатные ситуации.



Рис. 1. Мнемосхема объекта с сигналом нештатной ситуации

Сигнал формируется с приборов контроля. Виды сигналов по температуре:

- наружного воздуха: сигнал «Неисправность датчика» (при температуре меньше минус 60 °С или больше плюс 130 °С);
- температура теплоносителей в подающем и обратном трубопроводах систем отопления и ГВС: сигнал «Неисправность датчика» (при температуре меньше 0 °С или больше 130 °С);
- несоблюдение установленных значений температуры воды в подающем или обратном трубопроводах в зависимости от температуры наружного воздуха: сигнал «Нарушение температурного графика теплоснабжения».

Виды сигналов по давлению:

- давление в подающем и обратном трубопроводах систем отопления, ГВС и ХВС: сигнал «Неисправность датчика» (при давлении меньше 0 кгс/см^2 или больше 10 кгс/см^2).

Виды сигналов по расходу теплоносителей:

- расход в подающем и обратном трубопроводах систем отопления, ГВС, ХВС: сигнал «Расход больше максимально допустимого» (при расходе больше расчетного для конкретного объекта); сигнал «Расход меньше минимально допустимого» (при расходе 0 м^3/ч);
- утечки теплоносителя: сигнал «Розлив теплоносителя» при разнице расходов в подающем и обратном трубопроводах более 4%.

Вид сигнала по нештатной эффективности теплоиспользования:

- нарушение теплосъема: сигнал «Нарушение теплосъема» (формируется при разнице температур в подающем и обратном трубопроводах менее 10 °С).

Ниже приведены результаты контроля параметров теплопотребления за 4 месяца по общежитию № 7. На рис. 2 и 3 показаны расходы в подающем и обратном трубопроводах.

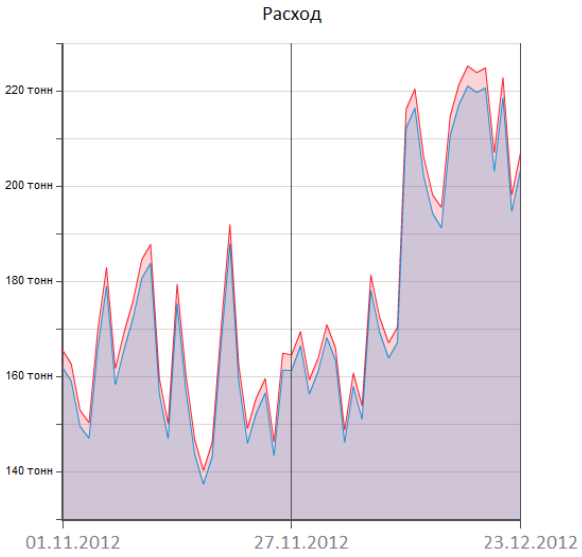


Рис. 2. Расходы теплоносителей в подающем (красная линия) и обратном трубопроводах в ноябре-декабре 2012 года

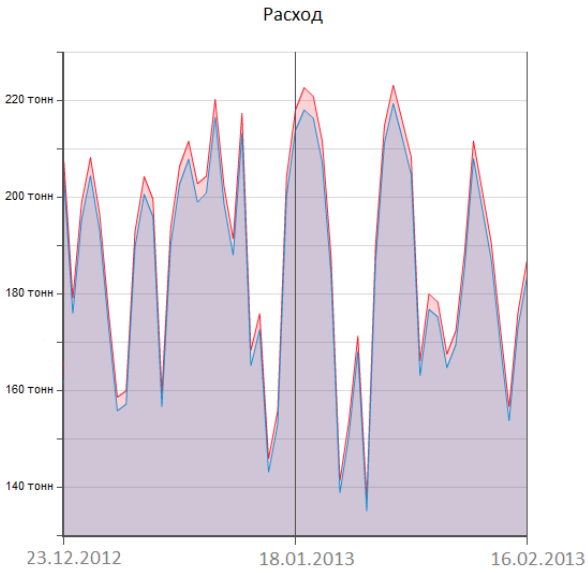


Рис. 3. Расходы теплоносителей в подающем (красная линия) и обратном трубопроводах в январе-феврале 2013 года

На рис. 4 и 5 приведены температурные графики рассматриваемого объекта в ноябре-декабре 2012 года и в январе-феврале 2013 года.

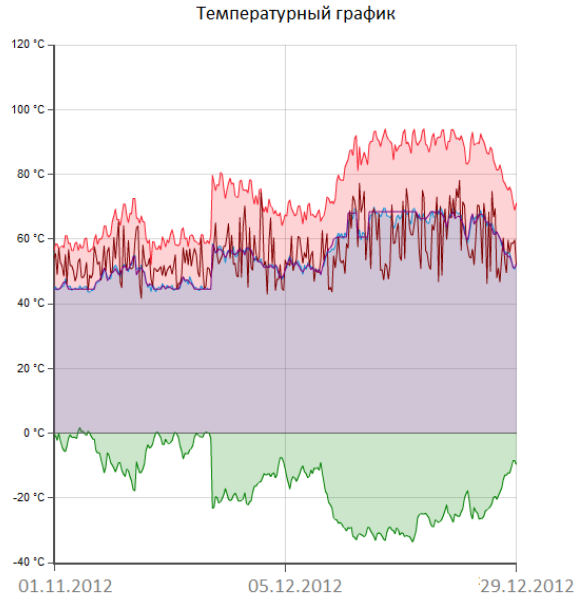
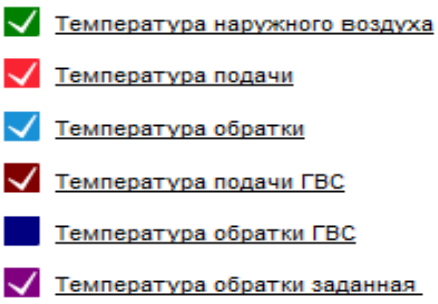


Рис. 4. Температурный график параметров общежития № 7 (ноябрь-декабрь 2012 г.):



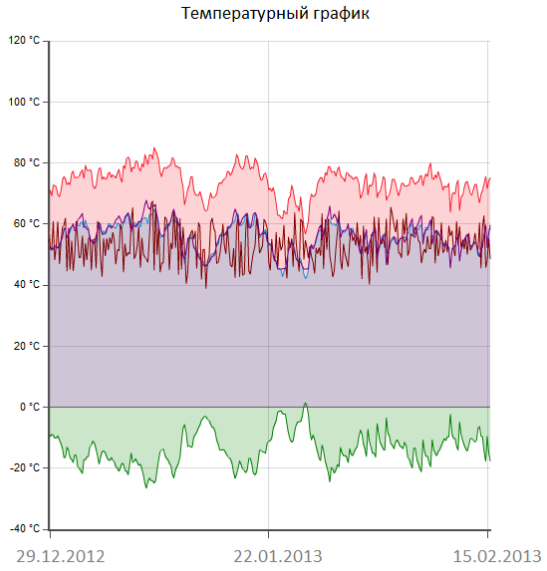


Рис. 5. Температурный график параметров общежития № 7 (январь-февраль 2013 г.)

На рис. 6 и 7 показано теплопотребление общежитием № 7 в рассматриваемый период.



Рис.6. График теплопотребления в ноябре и в декабре 2012 года



Рис. 7. График теплопотребления в январе и в феврале 2013 года

Представленная информация показывает, что система диспетчеризации позволяет в реальном времени управлять параметрами потребления энергетических ресурсов каждого объекта и является инструментом оценки эффективности реализованных мероприятий энергосбережения.

СИСТЕМА ДИСПЕТЧЕРСКОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ОБЪЕКТАМИ С ФУНКЦИЕЙ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА

Кривошеин Ю.О.
Научный руководитель: Цветков Н.А., д.т.н., профессор
Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, Соляная пл., 2
E-mail: kaf_tgs@tsuab.ru; krivoshtin@npowest.tom.ru; npowest@tomsk.ru

Проблемам энергосбережения и повышения энергоэффективности в настоящее время уделяется большое внимание в связи с принятием и выполнением закона 261-ФЗ «Об энергосбережении …». В соответствии с этим законом должны быть выполнены энергетические исследования объектов энергопотребления, разработаны энергетические паспорта предприятий и организаций независимо от форм собственности. Все объекты должны быть оснащены средствами учета потребления энергетических ресурсов. В каждом предприятии (организации), в каждом муниципальным образовании должны быть разработаны программы энергосбережения с конкретными энергосберегающими мероприятиями и соответствующими натуральными и финансовыми потенциалами энергосбережения.

Таким образом, создаются условия разработки систем диспетчерского контроля и управления, предназначенных для детального учета и регулирования потребления энергетических ресурсов по каждому объекту и по группе объектов с использованием геоинформационных технологий.

Конкретная конфигурация систем диспетчеризации (полнота набора функций по видам потребляемых энергетических ресурсов) зависит от полноты комплектации конкретных объектов необходимыми техническими средствами. На первом этапе, как правило, реализуется набор функций, связанный с потреблением тепловой энергии, на втором этапе система дополняется функциями, связанными с электрической энергией и т.д. Однако система с любой конфигурацией должна иметь в составе три уровня:

- метрологический уровень измерений параметров, обеспеченный сертифицированными средствами (нижний);
- уровень непрерывного сбора и передачи контролируемых параметров (средний);
- уровень обработки и унифицированного представления (таблицы, графики) параметров, контролируемых во времени (верхний).

Система диспетчерского контроля и управления инженерными системами должна обеспечивать:

- мониторинг работы инженерных систем с созданием отчетов в виде таблиц и, графиков;
- дистанционное управление инженерными системами.

Научно- производственным объединением «ВЭСТ» (г. Томск), совместно с инженерной службой и кафедрой «Теплогазоснабжение» разработало и реализовало первый этап системы диспетчерского контроля и управления потреблением тепловых ресурсов на 20 объектах ФГБОУ ВПО «Томский государственный архитектурно-строительный университет».

Реализованная система диспетчерского контроля и управления потреблением тепловых ресурсов позволяет контролировать и управлять параметрами систем отопления и горячего водоснабжения.

Подавляющее количество включенных в систему объектов ТГАСУ оборудованы индивидуальными тепловыми пунктами (ИТП), разработанными и изготовленными в НПО «ВЭСТ».

В состав ИТП входят: исполнительный механизм, состоящий из привода и клапана изменения расхода подаваемого теплоносителя на подающем или обратном трубопроводе, датчики температуры, насосное оборудование. Типовая схема включения регулирующего комплекса представлена на рис 1.

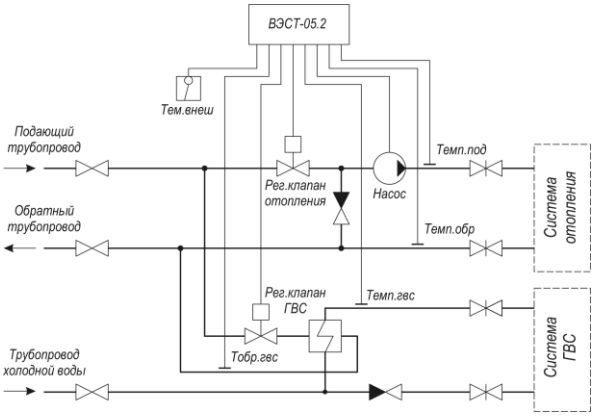


Рис. 1 Типовая схема включения регулирующего комплекса

Данные устройства подключаются к щитам автоматизации, изготовленных на базе контроллеров «ВЭСТ-01.М-05.2». Алгоритм работы щита управления обеспечивает:

- поддержание заданной температуры теплоносителя в подающем трубопроводе системы после узла смешения;
- поддержание температуры обратной воды в соответствии с температурным графиком теплоснабжения;

- автоматическое поддержание заданной температуры горячей воды в системе ГВС;
- управление исполнительными механизмами;
- контроль температуры (внешнего воздуха, теплоносителя в подающем трубопроводе системы после узла смешения, теплоносителя в обратном трубопроводе системы, горячей и обратной воды в системе ГВС).

Для получения данных с приборов учёта и контроля используются средства связи GPRS-терминал «ВЭСТ-GPRS», предназначенные для организации доступа к удалённым объектам по беспроводным каналам связи в цифровой сотовой сети GSM на основе GPRS-передачи данных. Терминал позволяет подключать до 100 GPRS-точек на один выделенный статический IP-адрес.

Отличительной особенностью данного терминала является новаторское использование технологии “клиент-сервер”. Система, построенная на базе GPRS-терминала, имеет следующий алгоритм обмена данными: автоматизированное рабочее место (АРМ) диспетчера выполняет функции клиента, посылающего запрос серверу по IP-адресации. Через сервер устанавливается соединение GPRS с запрашиваемым клиентом GPRS-терминалом, установленным на удалённом объекте. Таким образом, организуется прямой “прозрачный” канал связи передачи данных по TCP/IP GPRS-терминал - АРМ.

Программное обеспечение системы диспетчеризации включает в себя два основных компонента: *веб-сервер и браузер*.

Веб-сервер является программным ядром системы, связующим звеном между АРМ диспетчеров, аппаратными средствами автоматизированных технологических объектов управления и базой данных значений параметров технологических процессов. *Веб-сервером* обрабатывается, хранится и выдается информация о состоянии технических средств на объекте, значениях технологических параметров, наличии аварийных и нештатных ситуаций.

Интернет-обозреватель – *браузер* – необходим для отображения на компьютере пользователя предоставляемой *веб-сервером* информации.

Система позволяет осуществлять не только мониторинг и управление объектами, но создавать математические модели объектов, связанные с моделированием тепловых режимов ограждающих конструкций и взаимосвязей потребления различных видов энергоресурсов.

Вход в программу осуществляется пользователем в *браузере*, установленном на его компьютере. Вводится в адресной строке адрес *веб-сервера,* и осуществляется переход в меню авторизации, где необходимо ввести логин и пароль (Рис 2).

Такая технология не требует установки программного обеспечения для использования программы и позволяет работать в системе из любой точки мира с доступом во внешний интернет.

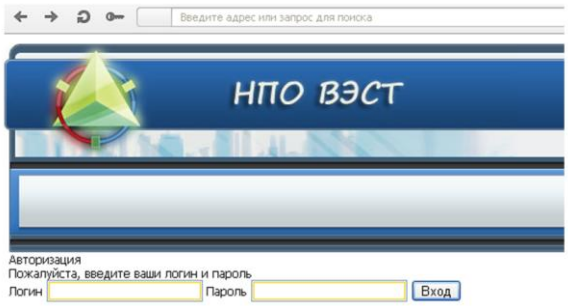


Рис.2. Меню авторизации

Объекты, входящие в систему (на примере ТГАСУ), расположены на общей мнемосхеме (Рис. 3), представляющей карту города. На ней видно расположение зданий по адресам, в виде квадратиков меняющих свой цвет в зависимости от наличия (красный) или отсутствия (зелёный) нештатных ситуаций.

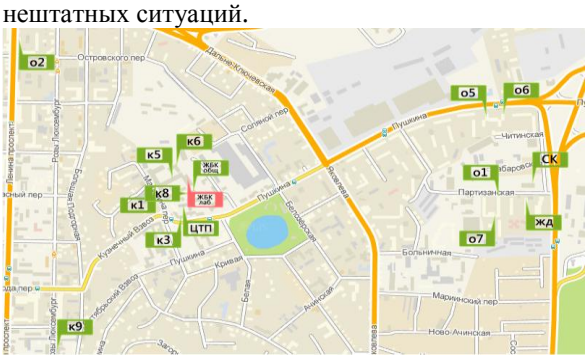


Рис.3. Мнемосхема объектов контроля

Выход за пределы текущих значений параметров технологического процесса можно увидеть при просмотре мнемосхемы объекта (Рис. 4). На ней схематично показано расположение инженерного оборудования, текущие и заданные значения параметров.

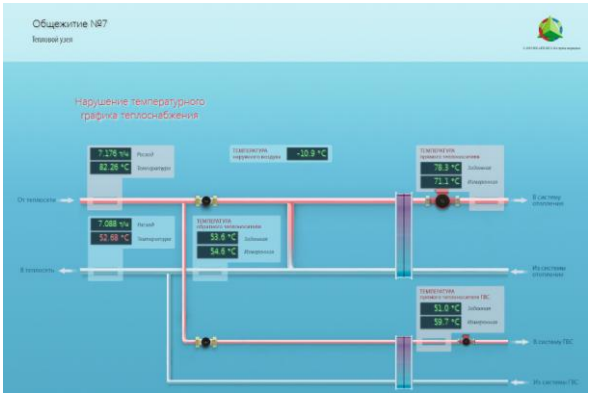


Рис. 4. Мнемосхема конкретного объекта

Разработанная система диспетчеризации реализована в Томске, кроме ТГАСУ, в закрытом легкоатлетического манеже «Гармония», в здании Арбитражного Апелляционного суда, а также в городском округе Жатай (г. Якутск).

РАЦИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ПГУ С ФРЕОНОВОЙ ТУРБИНОЙ

Курьянов А.А.
Научный руководитель: Ноздренко Г.В., д.т.н., профессор
Новосибирский государственный технический университет,
630092, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20
E-mail: anykur@mail.ru

Применение фреонов с закритическими параметрами в качестве рабочих тел паровых турбин в составе парогазовых установок может быть эффективным [1, 2]. В связи с чем, возникает необходимость в детальной проработке парофреоновых турбоагрегатов с определением основных конструктивных и газодинамических параметров. В качестве рабочего тела фреоновой турбины используется хладон R134a.

Расчеты фреоновой турбины проводились в соответствии с методиками и рекомендациями, изложенными в [3, 4, 5, 6]. Параметры фреона в узловых точках цикла приведены в таблице 1.

К расчетам приняты двухвальные парогазовые установки, в первом варианте, с газовой турбиной M701G2 производства Mitsubishi, во втором, GT8C производства ABB. Характеристики таких ПГУ показаны в таблице 2. Также рассматриваются фреоновые турбины с различным количеством ступеней и различным расходом пара. Результаты расчетов представлены в таблицах 3 и 4.

Частота вращения ротора фреоновой турбины 1500 об/мин. Давление острого фреонового пара перед сопловой решеткой 49 бар, что на 2% ниже давления перед стопорными клапанами. Температура пара 490 К. Рассматривалось только дозвуковое истечение из сопловых решеток.

Таблица 1. Параметры фреона в узловых точках цикла

Параметр	Точка цикла		
	1	2	$2_{ад}$
Давление, бар	49	1,77	1,77
Температура, К	490	317	305
Энтальпия, кДж/кг	362,8	278,4	269
Энтропия, кДж/(кг*К)	3961,8	3981,3	3981,3
Удельный объем, $м^3$/кг	0,006	0,1362	0,1414

Таблица 2. Характеристики фреоновой ПГУ

Параметр	M701G2	GT8C
Мощность, МВт	334	52,8
Степень повышения давления	21	15,7
Начальная температура, К	1500	1155
Температура на выходе ГТУ, К	587	517
Мощность фреоновой турбины, МВт	95,84	22,61

Принципиальная тепловая схема ПГУ с фреоновой турбиной представлена на рисунке 1.

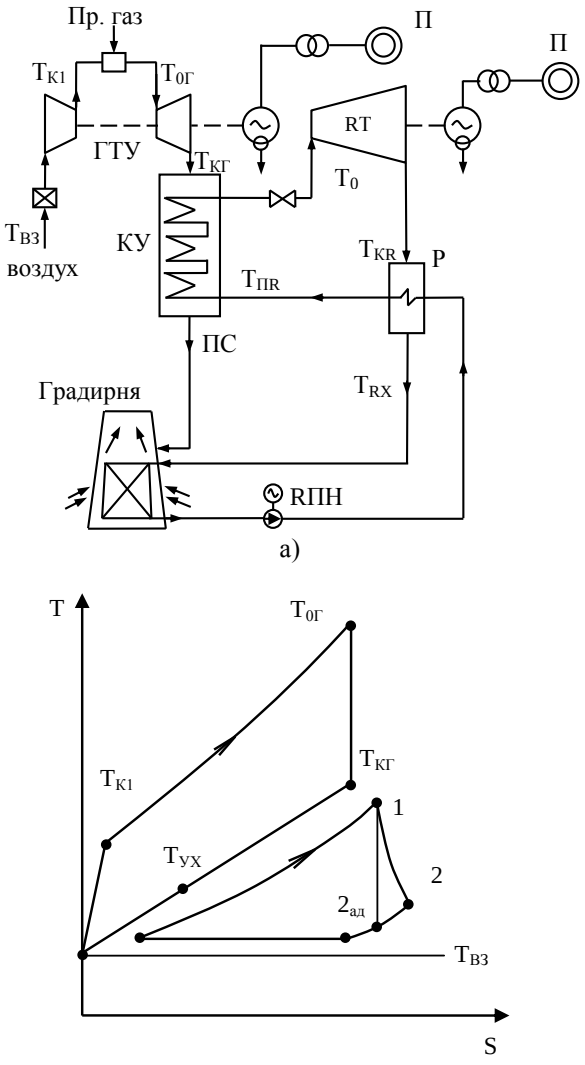


Рис. 1. Принципиальная тепловая схема и цикл ПГУ с фреоновой (R) турбиной: а) ГТУ – газотурбинная установка; КУ – котел - утилизатор; RT – фреоновая турбина; Р – регенератор; ПС – продукты сгорания; РПН – питательный фреоновый насос; П – потребитель. б) T_{K1} – температура на выходе из компрессора; $T_{0Г}$ – на входе в ГТУ; $T_{КГ}$ – на выходе из ГТУ; $T_{УХ}$ – температура уходящих газов; T_0 – температура острого фреонового пара; T_{KR} – температура фреонового пара на выходе из турбины; $T_{ПР}$ – температура питательного фреона на выходе из регенератора.

Таблица 3. Характеристики шестиступенчатой фреоновой турбины

Номер ступени	u/c_f	Средний диаметр, м	Высота лопатки, мм	КПД
M701G2 (расход пара 1063 кг/с, степень реактивности 0,379)				
1	0,554	0,945	155,9	0,87
2		0,996	206,8	0,872
3		1,066	276,6	0,875
4		1,167	377,4	0,875
5		1,323	533,6	0,874
6		1,512	722,5	0,866
GT8C (Расход пара 251 кг/с, степень реактивности 0,514)				
1	0,513	1,027	27,0	0,788
2		1,038	38,8	0,814
3		1,057	57,4	0,834
4		1,088	88,6	0,847
5		1,145	145,5	0,855
6		1,224	224,9	0,852

Таблица 4. Характеристики десятиступенчатой фреоновой турбины

Номер ступени	u/c_f	Средний диаметр, м	Высота лопатки, мм	КПД ступени, η_{oi}
M701G2 (расход пара 1063 кг/с, степень реактивности 0,515)				
1	0,668	0,835	235,9	0,883
2		0,871	271,3	0,884
3		0,908	308,5	0,886
4		0,951	351,4	0,886
5		0,997	397,4	0,886
6		1,052	452,7	0,888
7		1,113	513,5	0,887
8		1,207	607,5	0,887
9		1,346	747,0	0,886
10		1,577	977,4	0,881
GT8C (расход пара 251 кг/с, степень реактивности 0,348)				
1	0,539	0,802	42,0	0,838
2		0,811	51,3	0,846
3		0,821	61,8	0,853
4		0,834	74,8	0,857
5		0,849	89,7	0,861
6		0,868	108,9	0,865
7		0,891	131,4	0,867
8		0,928	168,5	0,869
9		0,987	227,7	0,871
10		1,093	333,5	0,869

Вследствие малого располагаемого теплоперепада турбины, использование ступеней скорости нецелесообразно, в связи с чем, принято дроссельное парораспределение. Угол выхода потока пара из сопловых решеток одинаков для всех ступеней и составляет 11 °. В зависимости от варианта исполнения, отношение u/c_f принято близким к оптимальному и находится на уровне 0,513-0,668. Степень реактивности находится в диапазоне 0,348-0,515. Коэффициенты расхода заданы постоянными и составляют 0,965 и 0,95 для сопловых и рабочих решеток соответственно. Коэффициенты скоростей для сопловых решеток 0,97, для рабочих 0,95. Перекрыши для всех ступеней турбины приняты одинаковыми и равны 0,0035 м.

Таким образом, высоты лопаток последних ступеней фреоновой турбины находятся в приемлемом диапазоне по условиям допустимых напряжений и составляют 224,9-977,4 мм. Внутренний относительный КПД сопоставим с традиционными турбинами на водяном паре. Средние диаметры составляют 0,802-1,512 м для первой и последней ступени соответственно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Курьянов А.А.* Эффективность ПГУ с фреоновой паротурбинной ступенью // Энергетика и теплотехника: сб. науч. трудов / под ред. акад. РАН В.Е. Накорякова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – вып. 16. – С. 73 – 79.
2. *Курьянов А.А.* Бинарные ПГУ с парофреоновой ступенью / А.А. Курьянов, Г.В. Ноздренко // Материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых учёных «Современные техника и технологии» (СТТ-2011). – Томск: 2011. – Том 3. – С. 213 – 214.
3. *Курьянов А.А.* Расчет расходно-термодинамических параметров и процессов теплообмена для ПГУ с фреоновой паротурбинной ступенью / А.А. Курьянов, Г.В. Ноздренко // Материалы XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых учёных «Современные техника и технологии» (СТТ-2012). – Томск: 2012. – Том 3. – С. 193 – 194.
4. *Щегляев А.В.* Паровые турбины. Теория теплового процесса и конструкции турбин: Учеб. для вузов. В 2 кн. –6-е изд., перераб. доп. и подгот. к печати Б.М. Трояновским. – М.: Энергоатомиздат, 1993.
5. *Костюк А.Г., Фролов В.В.* Турбины тепловых и атомных электрических станций / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний; Под ред. А.Г. Костюка, В.В. Фролова. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 488 с. ил.
6. *Огуречников Л.А.* Комбинированная выработка электрической и тепловой энергии в низкотемпературной бинарной электростанции. / Л.А. Огуречников // Международный научный журнал "Альтернативная энергетика и экология" – 2007. – № 5. – С. 68 – 72.

УДК 515.1

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПОДОГРЕВА ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТУРБОУСТАНОВКИ

К.Б. Ларионов,, Б.Ф. Калугин
Научный руководитель: Калугин Б. Ф., к.т.н., доцент
Томский Политехнический Университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: larryk@sibmail.com

Регенерация питательной воды на высокотемпературных турбоустановках является немало важным пунктом, при реализации данного проекта, поскольку на сегодняшний день данная тема требует более углубленного изучения и исследования влияния высокой начальной температуры, как на изменение процесса работы регенеративной установки, так и эффективность всего цикла.

В данной статье рассмотрено оптимальные параметры регенеративного подогрева питательной воды высокотемпературной турбоустановки с параметрами t_0=800°С, P_0=100 бар, $P_К$=0,04 бар, без промежуточного перегрева пара и сравнения полученных результатов с турбоустановкой так же без промежуточного перегрева с параметрами t_0=535°С, P_0=100 бар, $P_К$=0,04 бар.

С повышением температуры питательной воды в значительных пределах улучшается тепловая экономичность турбоустановки и энергоблока в целом, уменьшается расход топлива [1].

Произведем параллельный расчет турбоустановок с параметрами t_0=535°С, P_0=100 бар, $P_К$=0,04 бар и t_0=800°С, P_0=100 бар, $P_К$=0,04 бар и определим его абсолютного внутреннего КПД η_i

Для этого зададимся произвольными значениями давлений в отборах пара и определим теплоты выделяющеюся в отборах пара

$$q_i = h_i - h_i^{/}, \ кДж/кг,$$

где h_i,$h_i^{/}$ - энтальпии пара и насыщения.

Затем определим количество теплот с помощью формулы геометрической прогрессии

$$\frac{q_0}{q_1} = \frac{q_1}{q_2} = \frac{q_2}{q_3} = \frac{q_3}{q_4} = \frac{q_4}{q_5} = \frac{q_5}{q_к} = m,$$

При $m = \sqrt[z+1]{q_0 / q_5}$,

Где z – количество отборов на регенерацию, в данных расчетах z=5.

$$q_0 = h_0 - h_0^{/}, \ кДж/кг,$$

$$q_к = h_к - h_к^{/}, \ кДж/кг,$$

Полученные результаты занесем в таблицу 1.

Таблица 1 - Количество выделявшейся теплоты.

№ п/п	P, бар	t_0=535 °С		t_0=800 °С	
		$q_{разн.энт}$, кДж/кг	$q_{геометр}$, кДж/кг	$q_{разн.энт}$, кДж/кг	$q_{геометр}$, кДж/кг
0	100	2056	2056	2707	2707
1	65	2138	2105	2743	2443
2	50	2147	2094	2753	2494
3	40	2184	2084	2760	2546
4	15	2199	2074	2743	2599
5	6	2209	2074	2689	2654
k	0,04	2115,6	2115,6	2392,6	2392,6

По результатам, полученным выше, построим графики, зависящие от теплоты q_i к энтальпии насыщения h'_i.

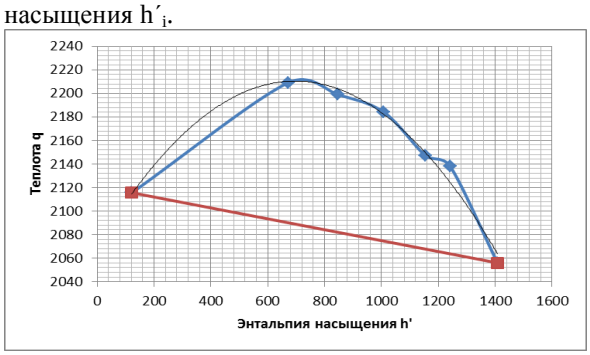


Рис. 1. График зависимости теплоты q_i от энтальпии насыщения h'_i при t_0=535°С.

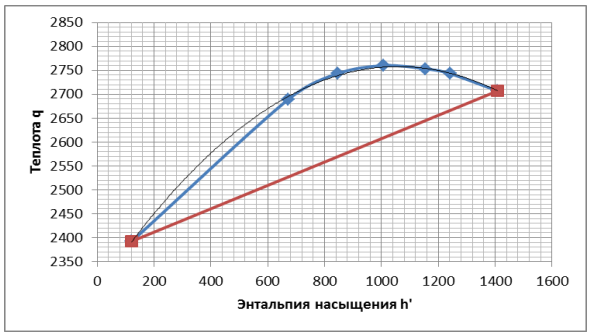


Рис. 2. График зависимости теплоты q_i от энтальпии насыщения h'_i при t_0=800°С.

Далее с помощью теплоты, полученной из геометрической прогрессии, определим энтальпию насыщения h'_i для каждого отбора пара. Для этого от оси ординат проведем прямую до пограничной прямой соединяющей начальное и конечное значение теплоты и от пересечения с ней определим энтальпию насыщения, лежащий на оси абсцисс. По полученным результатам определим энтальпию пара в отборах турбины, вследствие чего и новые значения давления в отборах.

Затем определим по известным давлениям температурные нагревы в подогревателях.

$$\tau_i = t(s)_n - t(s)_{n+1}, \ °C,$$

Где t(s) – температура насыщения, °С.

Результаты расчета представим в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета по определению давления и температурного нагрева.

№ п/п	t_0=535 °C		t_0=800 °C	
	P, бар	τ_i, °C	P, бар	τ_i, °C
0	100	52,22	100	65,22
1	46	50,3	37	70,42
2	18,5	49,65	9	29,12
3	6	49,54	4,3	26,03
4	1,4	36,61	2	20,6
5	0,35	43,7	1	70,65

По условию геометрической прогрессии отношения температурных нагревов должны равняться числу m, как и для теплоты. Где для случая с начальной температурой t_0=800 °C, m=1,021. Из полученным результатов мы видим что данное условие не выполняется.

$$\frac{\tau_0}{\tau_1}=\frac{\tau_1}{\tau_2}=\frac{\tau_2}{\tau_3}=\frac{\tau_3}{\tau_4}=\frac{\tau_4}{\tau_5}=m,$$

Для этого зададимся новым значением τ_5 и определим оставшиеся температурные нагревы в подогревателях.

$$\tau_i=\tau_{i+1}\cdot m,\ ^\circ C$$

Затем с помощью определенных температурных нагревов определим температуру насыщения.

$$t_i=\tau_i+t_{i-1},\ ^\circ C$$

Далее помощью температур насыщения определяется давление пара в отборах, энтальпии пара и энтальпии насыщения.

Таким образом после проделанных вычислений были получены следующие результаты, которые занесены в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты расчета по определению температурного нагрева, температуры насыщения в отборах и давлений для турбоустановки с начальной температурой t_0=800°C.

№ п/п	τ_i, °C	t(s), °C	P, бар
0	49,41	311	100
1	48,42	261,59	48,1
2	47,51	213,17	20,3
3	46,52	165,66	7,1
4	45,56	119,15	1,93
5	44,62	73,58	0,36
k	-	28,96	0,04

В итоге получим:

$$\frac{\tau_0}{\tau_1}=\frac{\tau_1}{\tau_2}=\frac{\tau_2}{\tau_3}=\frac{\tau_3}{\tau_4}=\frac{\tau_4}{\tau_5}=m=1{,}021,$$

Далее определим абсолютные внутренние КПД:

1) Без учета регенерации

$$\eta_i=\frac{H_i}{h_0-h_к'},$$

Где H_i-действительный теплоперепад турбины без учета отборов на регенерацию.

2) С применением регенеративной установки

$$\eta_i=\frac{\overline{H_i}}{h_0-h_1'},$$

Где $\overline{H_i}$ - действительный теплоперепад с учетом отборов пара на регенерацию питательной воды, h'_1- энтальпия насыщения кипящей воды при давлении в первом отборе пара.

$$\overline{H_i}=(h_0-h_1)+(1-\alpha_1)\cdot(h_1-h_2)+(1-\alpha_1-\alpha_2)\cdot(h_2-h_3)+$$
$$+(1-\alpha_1-\alpha_2-\alpha_3)\cdot(h_3-h_4)+(1-\alpha_1-\alpha_2-\alpha_3-\alpha_4)\cdot(h_4-h_5)+$$
$$+(1-\alpha_1-\alpha_2-\alpha_3-\alpha_4-\alpha_5)\cdot(h_5-h_к)$$

Где α_i $\alpha_к$ – относительные расходы пара в отборах и в конденсатор, которые определяются с помощью уравнений теплового и материального баланса.

На рисунке 3 изображена схема регенеративной установки с пятью подогревателями смешивающего типа

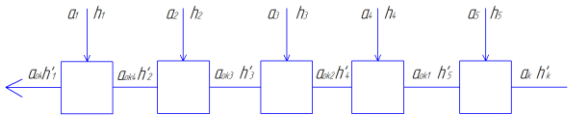


Рис. 3. Регенеративная схема подогрева питательной воды с пятью подогревателями смешивающего типа.

Результаты проделанных вычислений занесем в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты абсолютных внутренних КПД η_i

t_0=535 °C		t_0=800 °C геометр. прогрессия не соответствует числу m		t_0=800 °C геометр. прогрессия соответствует числу m	
η_i без регенерации	η_i с регенерацией	η_i без регенерации	η_i с регенерацией	η_i без регенерации	η_i с регенерацией
0,367	0,417	0,401	0,441	0,401	0,443

Далее определим эффективность регенеративной установки для всех случаев.

$$\Delta=\frac{\eta_{iрег}-\eta_{iбез.рег}}{\eta_{iбез.рег}},$$

Полученные результаты занесем в таблицу 5.

Таблица 5 – Эффективность регенеративной установки.

Эффективность регенеративной установки Δ, %		
t_0=535°C	t_0=800 °C геометр. прогрессия не соответствует числу m	t_0=800 °C геометр. прогрессия соответствует числу m
13,62	9,98	10,47

Результаты показали, что при увеличении начальной температуры возрастает абсолютный внутренний КПД η_i, так же наблюдается снижение эффективности регенеративной установки с начальной температурой t_0=800°C в отличии от установки с начальной температурой t_0=535 °C. Так же необходимо отметить, что при изменении температурного нагрева, удовлетворяющей геометрической прогрессии, улучшение эффективность регенерации

Список используемой литературы:

1. Рыжкин В.Я., Тепловые электрические станции: Учебник для вузов/ Под ред. В.Я. Гиршфельда. – 3-е изд., перераб. И доп. - М.:Энергоатомиздат, 1987.-328 с.

РЕОРГАНИЗАЦИЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ НА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТУРБОУСТАНОВКАХ

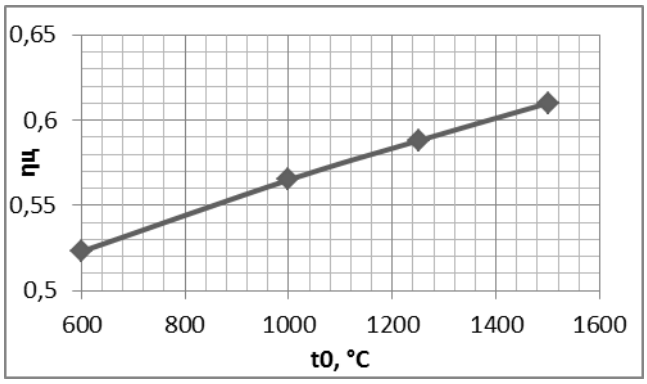
А.А. Максименков, Б.Ф. Калугин
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
E-mail: maxi.men@mail.ru

Как известно, использование регенерации позволяет уменьшить отвод тепла в окружающую среду и, тем самым, улучшить эффективность энергоустановок с конденсационными турбинами. Паровая регенерация осуществляется отборами пара от турбин с последующей утилизацией тепловой энергии отобранного пара, включая скрытую теплоту парообразования, в подогревателях питательной воды. Как правило, крупные ПТУ имеют несколько регенеративных отборов, нередко до 9 [1]. Это связано с тем, что наибольший термодинамический эффект достигается отборами низкого давления, однако по мере увеличения температуры питательной воды по ходу ее движения, увеличивается и давление, при котором возможна конденсация пара в подогревателях. Это заставляет использовать отборы и более высокого давления, что, однако, менее эффективно.

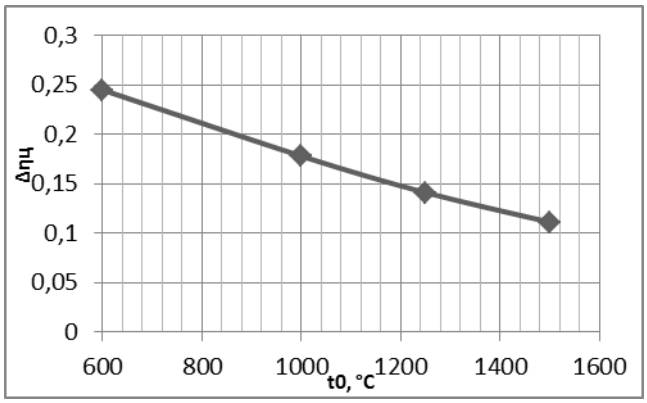
Оказалось, что регенерация тепла наиболее эффективна при низких начальных температурах острого пара [2](при температуре острого пара t_0=600 ^oC, к.п.д. цикла увеличивается на 24,4 % относительных, при использовании регенерации). При повышении температуры, эффективность регенерации существенно снижается Рис. 1, (увеличение к.п.д. до 8,6…11,1% относительных при температуре 1500 ^oC). Это связано с повышением температуры в отборе и, как следствие, с уменьшением количества отбираемого пара для нагрева питательной воды до температуры входа в котел, принятой за предельную.

Для решения этой проблемы может быть применен промежуточный теплообменник, передающий потенциал пара для подогрева воды за водяным экономайзером. Для образца была принята принципиальная схема паротурбинной установки К-300-240 Рис. 2.

Пар в промежуточных подогревателях отдает свой потенциал воде, поступающей из водяного экономайзера, (не вся вода после водяного экономайзера поступает в промежуточные подогреватели, часть её байпасируется, смешиваясь с уже нагретой, паром из отборов, водой). Произведен расчет данной установки на параметры: P_0 = 23,5 МПа; t_0 = 800 °С; $P_{ПП}$ = 3,4 МПа; $t_{ПП}$ = 800 °С; $P_К$ = 0,003 МПа. Температура питательной воды на входе в котел $t_{ПВ}$ = 255 °С. Расход пара на турбину приняли одинаковым, он получен из расчета турбоустановки на номинальные параметры [3]. Сравнивая полученные результаты Табл. 1, с результатами расчета установки на те же параметры, но без использования промежуточных теплообменников, видно, что при одинаковых начальных конечных параметрах и равном расходе острого пара, мощность турбоустановки уменьшается на 4,4 %, увеличивается к.п.д. турбоустановки, и, соответственно, увеличивается эффективность всей электростанции, что в свою очередь сказывается на расходе топлива. Относительный расход условного топлива снизился на 5,4 %. Стоит отметить, что промежуточные теплообменники устанав-ливаются не на всех линиях пара из отборов, а только на тех, температура которых превышает температуру питательной воды за водяным экономайзером.

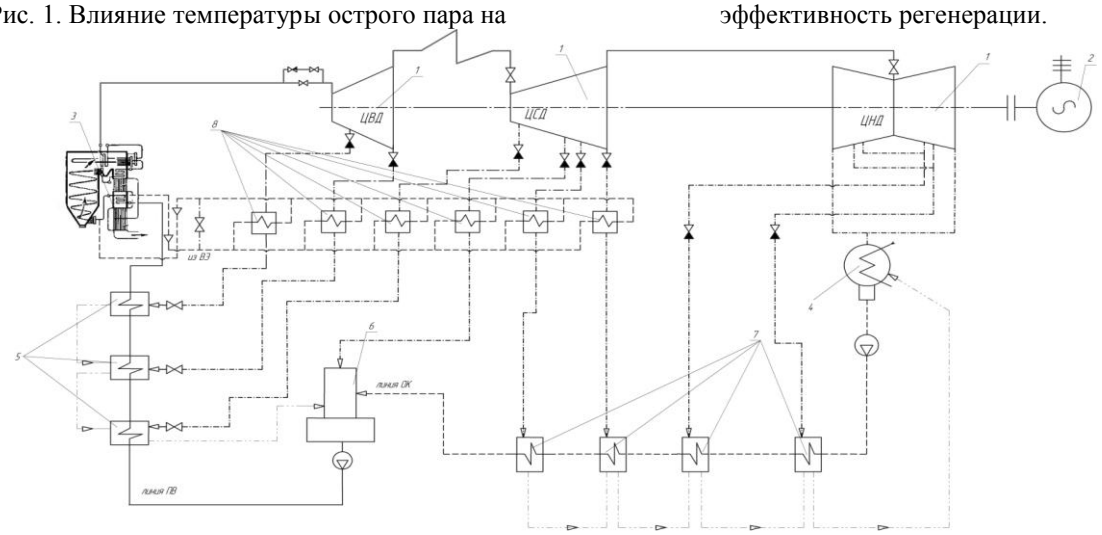


а) зависимость к.п.д. регенеративного цикла от температуры острого пара



б) относительное увеличение к.п.д. цикла за счет регенерации

Рис. 1. Влияние температуры острого пара на эффективность регенерации.



1 – Турбина; 2 – Генератор; 3 – Котлоагрегат; 4 – Конденсатор; 5 – Подогреватели высокого давления; 6 – Деаэратор; 7 – Подогреватели низкого давления; 8 – Промежуточные теплообменники.

Рис. 2. Принципиальная схема турбоустановки с использованием промежуточных теплообменников для охлаждения пара из регенеративных отборов.

Показатель	Установка без использования теплообменников	Установка с использованием теплообменников
Давление свежего пара, МПа	23,54	23,54
Температура свежего пара, °С	800	800
Давление пара после промежуточного перегревателя, МПа	3,53	3,53
Давление отработавшего пара, кПа	3,43	3,43
Расход пара на турбоустановку, кг/с	257,3	257,3
Электрическая мощность турбоустановки, МВт	461,8	441,5
Электричкский КПД турбоустановки, %	44,3	46,7
КПД электростанции (нетто), %	36,7	38,7
Удельный расход условного топлива по отпуску электроэнергии, г.у.т./кВт·ч	334,7	317,5

Таблица 1. Показатели тепловой экономичности для двух установок.

Таким образом, сравнивая результаты расчетов, можно говорить о перспективности использования промежуточных теплообменниках в высокотемпературных паротурбинных установках, обосновывая это повышением эффективности турбоустановки и электростанции в целом и экономией топлива.

Список используемой литературы:

1. Григорьев В.А. Зорин В.М. Тепловыеи атомные электрические станции. Справочник. – М: Энергоатомиздат, 1982. –520 с.
2. Шифрин Б.А. Расчетно-экспериментальное исследование и термодинамический анализ высокотемпературных паротурбинных установок с комплексным использованием органического и водородного топлив: дис. … кандидата технических наук: 05.04.12. – Калуга, 2006. –150 с.
3. Бойко Е.А. Баженов К.В. Грачев П.А. Тепловые электрические станции (паротурбинные энергетические установки ТЭС). Справочное пособие. – Красноярск: ИПЩ КГТУ, 2006. – 152 с.

СПОСОБ ОЧИСТКИ СТЕНОК ОТОПИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ ТВЕРДЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Минибаев А.И., Власов С.М.
Научный руководитель: Чичирова Н.Д., д.х.н., профессор
ФГБОУ ВПО Казанский государственный энергетический университет, 420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51
E-mail: 88mif@rambler.ru

Во время отопительного сезона необходимо беспрерывно подавать тепловую энергию в различные технические сооружения. Чаще всего тепло передают с теплоэлектроцентралей по длинным магистралям. Но при данном виде подачи тепла возникает проблема с отложением ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} внутри радиаторов и подводящих трубах. Отложения (накипь), возникающие в трубах, могут привести к износу отопительной системы в целом.

Причину появления накипи в воде объясняет понятие жесткости воды. В основе понятия жесткости лежит присутствие солей кальция, преимущественно карбоната кальция, в воде. Соли кальция очень распространены в почве и под землей, в том числе в виде известняка. Они прекрасно растворимы, особенно дождевой водой, и из-за этого быстро насыщают собой поверхностные и подземные источники. Воду, богатую кальцием, принято называть жесткой. Соли жесткости необычно ведут себя при нагревании воды: они, в отличие от всех других, при повышении температуры выпадают в осадок, который образует настолько прочные отложения, что по свойствам они очень близки к мрамору. Осадок этот принято называть накипью. Прочность накипи определяется структурой кристалла карбоната кальция.

Со временем из-за твердых отложений на внутренних стенках рабочий диаметр радиатора уменьшается. При постоянной мощности передаваемого тепла от теплоносителя происходит увеличение статического давления в магистральном трубопроводе, что приводит к его механическим разрушениям.

Докажем, что статического давление в магистрали обратно пропорционально четвертой степени рабочего диаметра радиатора.

Количество передаваемого тепла от радиатора можно найти по формуле:

$$Q = cm\Delta t, \qquad (1)$$

где Q – количество теплоты, передаваемое комнате от радиатора, Дж; c – теплоемкость теплоносителя (воды), Дж/кг*^{0}C, Δt – изменение температуры воды, ^{0}C; m – масса воды, протекающей по радиатору, кг.

Найдем массу протекающей воды по радиатору:

$$m = \rho s v \tau, \qquad (2)$$

где ρ – плотность воды, кг/м^3; v – скорость течения воды по радиатору, м/с; τ – время, за которое вода протекает через радиатор, с; $s = \frac{\pi d^2}{4}$ – площадь рабочего сечения радиатора, м^2; d – рабочий диаметр радиатора, м.

Подставляя выражение (2) в формулу (1), поучаем:

$$Q = c\rho \frac{\pi d^2}{4} v\tau\Delta t. \qquad (3)$$

Определим мощность передаваемого тепла:

$$N = \frac{Q}{\tau}, \qquad (4)$$

$$N = c\rho \frac{\pi d^2}{4} v\Delta t. \qquad (5)$$

Скорость потока жидкости через радиатор:

$$v = \frac{4N}{c\rho\pi d^2 \Delta t}. \qquad (6)$$

Из курса гидрогазодинамики известно:

$$p = \frac{\rho v^2}{2}, \qquad (7)$$

где p – статическое давление в широкой части трубы (магистраль), Па.

Подставляя выражение (6) в формулу (7), получаем:

$$p = \frac{16N^2}{2\rho c^2 (\pi d^2)^2 \Delta t^2}. \qquad (8)$$

Обозначим постоянные:

$$k = \frac{8N^2}{\rho\pi^2 c^2 \Delta t^2}. \qquad (9)$$

Получаем:

$$p = \frac{k}{d^4}. \qquad (10)$$

Приведенные выше математические расчеты показывают, что уменьшение рабочего диаметра радиатора в 2 раза приводит к повышению статического давления в магистрали в 16 раза. Следовательно, нагрузка на циркуляционные насосы увеличивается в 16 раз, что приводит к быстрому выходу из строя оборудования, обеспечивающего циркуляцию воды в системе, а также износ магистральных труб.

В связи с этим периодически необходимо очищать радиаторы и трубы от скопившихся в них твердых отложений.

На данный момент в нашей стране применятся химический метод очистки внутренних стенок труб. Но у данного метода есть два существенных минуса:

1) Дорогие химические реагенты.
2) Невозможность ликвидации продуктов очистки без вреда для окружающей среды.

Классический способ борьбы с накипью связан с удалением из воды солей жесткости (поглощением их различными ионитами) или добавлением к воде химических веществ (например, фосфатов). Эти способы очень дороги, экологически не безопасны, а поэтому и применяют их, в основном, на крупных теплообменных устройствах.

Но стоит учесть, что многочисленное оборудование водонагревательной системы, включая и обычную домашнюю теплоцентраль, зачастую питается обыкновенной сетевой водой. Как результат: быстрое образование на стенках аппаратов накипи.

Вторая проблема, связанная с твердыми отложениями заключается в том, что накипь обладает в 200-300 раз худшей проводимостью тепла, чем металл. Теплоноситель – горячая вода, перестает эффективно отдавать тепло в окружающую среду. Это все равно как обернуть все трубы, батареи, полотенце сушилки в квартире в теплоизоляционную вату. Компенсировать эту потерю частично можно повышением температуры теплоносителя в системе, а это потери в деньгах. Так, например, слой накипи толщиной в 1 мм влечет за собой увеличение расхода топлива на 2,5 %, а толщиной 4 мм – на 7,5 %,что соответствует перерасходу мазута в котельных на 770 кг/сутки.

Поэтому была выдвинута идея очистки труб от твердых отложений за счет гидродинамической кавитации потока жидкости.

Кавитация – это формирование, рост и распад пузырьков пара в жидкости. При этом могут создаваться флуктуации от колебания давления в жидкости (гидродинамическая кавитация). Гидрокавитационная очистка основана на кавитационных процессах, возникающих в струе перегретой водо-воздушной смеси. Сталкиваясь с поверхностью, кавитационный поток создаёт мощное разрушающее воздействие на отложения Ca^{2+} и Mg^{2+} в трубах[1].

В РФ существует способ кавитации струй для обработки погруженных в жидкость поверхностей[2]. Устройство содержит насос 1, подводящий трубопровод 2, сопло-кавитатор 3, средство завихрения потока жидкости 4, средство для нагревания жидкости 5, а также магниты, которые могут заменить нагреватели. При осуществлении способа поток жидкости под давлением, создаваемым при помощи насоса 1, через подводящий трубопровод 2 поступает в канал сопла-кавитатора 3. Перед входом в канал или непосредственно в самом канале при помощи средства 4 организуют вихревое движение потока[2] (Рисунок 1).

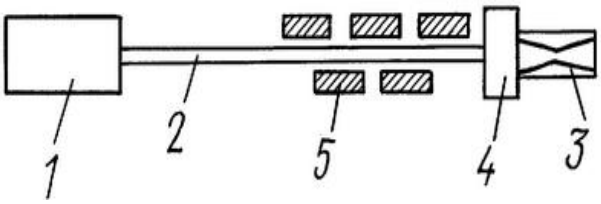


Рисунок 1. Установка для создания кавитирующих струй[2].

Таким образом, гидродинамическая кавитация может использоваться для удаления твердых отложений на стенках труб. Отложения Ca^{2+} и Mg^{2+} будут разрушаться благодаря направленной струе перегретой водо-воздушной смеси.

Список литературы

1. **W.A. Gaines, B.R. Kim, A.R. Drews, C. Bailey, T. Loch, S. Frenette.** Hydrodynamic cavitation pilot study for controlling cooling water quality// Water Environment Foundation, 2006. – с. 154-161.

2. Патент № 2271300 от 10.03.2006. Способ создания кавитирующих струй для обработки погруженных в жидкость поверхностей / Харламов А.И.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИЯХ, ОБОГРЕВАЕМЫХ ГАЗОВЫМИ ИНФРАКРАСНЫМИ ИЗЛУЧАТЕЛЯМИ

Ни А.Э.
Научный руководитель: Нагорнова Т.А., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: nee_alexander@mail.ru

Введение

Системы отопления и обогрева с газовыми инфракрасными излучателями обеспечивают необходимый микроклимат преимущественно в помещениях производственных зданий промышленных и сельскохозяйственных предприятий, на отдельных рабочих местах, открытых и полуоткрытых площадках, а также отдельных общественных зданий, когда устройство других систем отопления по техническим и технико - экономическим соображениям является невозможным или нецелесообразным.

В современной литературе отсутствуют результаты моделирования процессов теплообмена, протекающих в воздушной среде в крупногабаритных производственных помещениях. Обоснованный же выбор технологических решений по рациональному нагреву производственных помещений невозможен без анализа неоднородных и нестационарных температурных полей области нагрева.

Для получения полной картины теплового состояния системы теплоэнергопотребления целесообразно использовать методы математического моделирования процессов теплопереноса с учетом пространственной динамики анализируемого явления. Такой подход может создать как теоретические основы процессов нестационарного теплопереноса в сложных системах, так и предпосылки к достоверному прогнозу максимального энергосберегающего эффекта, оценки которого могут быть более точными, чем при использовании балансовых моделей [1].

Целью данной работы является математическое моделирование нестационарного теплообмена в помещениях, обогреваемых газовыми инфракрасными излучателями.

Постановка задачи

Рассматривается краевая задача кондуктивного теплопереноса для области, представленной на рис.1.

Область решения представляет газовую область (2), окруженную теплопроводными стенками из кирпича (1). На границах между всеми прямоугольниками и на границах с внешней по отношению к рассматриваемому обьекту средой ставились соответствующие граничные условия.

В качестве источника тепловыделения используется газовый инфракрасный излучатель, расположенный на границе М2. Горизонтальные стены (y=0, y=Ly) и вертикальные «стены» (x=0, x=Lx), образующие газовую полость, предполагаются теплоизолированными с внешней стороны. На внешней границе одной из стен осуществляется конвективный теплообмен с окружающей средой.

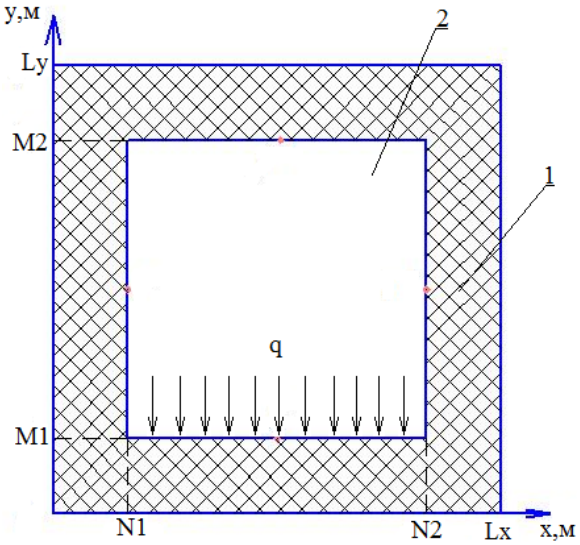


Рис.1. Область решения рассматриваемой задачи: 1) кирпичная стена; 2) воздух.

В качестве допущений предполагалось, что теплофизические свойства ограждающих конструкций и воздуха не зависят от температуры. Воздух абсолютно прозрачен для инфракрасного излучения. Возможность наличия окна, а также какие либо дефекты в ограждающих конструкциях отсутствуют.

В такой постановке процесс переноса теплоты описывается уравнением теплопроводности с линейными граничными условиями.

$$\rho \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right),$$

где T – температура, К;
t – время, с;

ρ – плотность, кг/м^3;

c – теплоемкость, Дж/кг · К;

λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м · К;

x,y – пространственные координаты, м.

Начальные и граничные условия для сформулированной задачи имеют вид:

Начальное условие:

$t = 0,\ T(x, y, 0) = T_0.$

Граничные условия:

- на границе, разделяющей внешнюю среду и рассматриваемую область:

$$\lambda_1 \cdot \frac{\partial T}{\partial x} = \alpha \cdot (T - Te),\ x = 0,$$

- на всех границах рассматриваемой области кроме границы, на которой осуществляется теплообмен с внешней средой, заданы граничные условия теплоизоляции:

$$\frac{\partial T(x, y, \tau)}{\partial \overline{n}} = 0,$$

- на всех участках области решения, где происходит сопряжения материалов с различными теплофизическими свойствами, заданы граничные условия 4-го рода:

$$\begin{cases} T_1 = T_2, \\ -\lambda_1 \cdot \dfrac{\partial T_1}{\partial \overline{n}} = -\lambda_2 \cdot \dfrac{\partial T_2}{\partial \overline{n}}, \end{cases}$$

где 1,2 – номер подобласти.

Предполагалось, что источник тепловыделения излучает постоянный тепловой поток в течении всего времени. Тепловой поток направлен от «потолка» к «полу».

Метод решения

Данная задача с соответствующими начальными и граничными условиями решена методом конечных разностей [2,3].

Для численного решения уравнения теплопроводности использовалась разностная схема переменных направлений. В этой схеме решение двумерной системы сводится к последовательному решению одномерных систем. В этом случае решение одномерной системы сводится к последовательному решению систем разностных уравнений с трехдиагональными матрицами методом прогонки [4].

Результаты

Численные исследования проведены при следующих значениях: размеры области решения Lx=6 м; Ly=1.8 м. Температура окружающей среды Te=278; температура в начальный момент времени T0=293; плотность теплового потока излучателя q=188 Вт/м^2. На рис. 2 приведено распределение температуры в исследуемой области решения при воздействии теплового излучения.

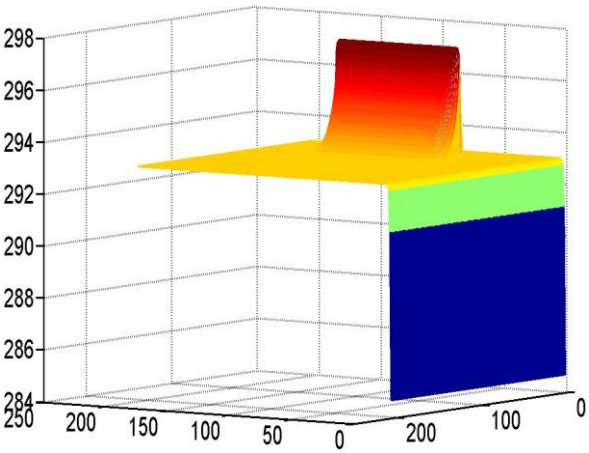


Рис. 2. Распределение температуры в исследуемой области при заданных граничных условиях.

Заключение

Численно исследованы процессы теплопереноса в замкнутой прямоугольной области при обогреве газовыми инфракрасными излучателями. Полученные распределения температур учитывают неоднородность и нестационарность рассматриваемых процессов.

Работа выполнена в рамках НИР Госзадания «Наука» (Шифр федеральной целевой научно-технической программы 7.3073.2011).

Литература

1. Бухмиров В.В., Крупенников С.А., Солнышкова Ю.С. Алгоритм расчета систем лучистого отопления помещений//Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2010. Вып. 4. С. 23-25.

2. Вавилов В.П., Кузнецов Г.В., Шеремет М.А. Моделирование нестационарного теплопереноса в системе теплоэнергопотребления с локально сосредоточенным источником тепловыделения в сопряженной постановке // Пром. теплотехника. – 2005. – Т. 27. - № 4. – С. 43 – 54.

3. Кузнецов Г.В., Шеремет М.А. Разностные методы решения задач теплопроводности: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 172 с.

4. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем. – М.: изд-во «Наука», 1971. – 522с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕНТОЧНЫХ ЗАВИХРИТЕЛЕЙ В КАНАЛАХ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ТЕПЛООТДАЧИ

Котин А.В., Рыжков Д.Н., Соборнов А.Е.
Научный руководитель: Дмитриев С.М., д.т.н., профессор
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
603950, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24
E-mail: jonny_ocean@mail.ru

Конкуренция на рынке современного теплотехнического оборудования заставляет производителей бороться за снижение себестоимости своей продукции. Одним из способов снижения затрат при производстве оборудования является снижение его массо-габаритных характеристик, что можно осуществить применением интенсификаторов теплообмена. Наиболее распространенными и энергоэффективными способами интенсификации теплообмена является пассивные методы интенсификации (турбулизация пограничного слоя, турбулизация потока теплоносителя, увеличение площади поверхности теплообмена и т.д.). Однако при использовании данных методов интенсификации теплообмена возрастает не только коэффициент теплоотдачи, но и величина гидравлического сопротивления. Поэтому для выбора наиболее приемлемого в данных условиях способа повышения интенсивности конвективного теплообмена приводят сравнение различных вариантов между собой по одному или нескольким критериям оптимальности [1].

Таким образом, выбор интенсификатора является важным этапом проектирования теплообменного оборудования. Применение ленточных завихрителей является одним из наиболее предпочтительных способов интенсификации теплообмена, т.к. они наиболее просты в изготовлении по сравнению с другими средствами интенсификации, как пассивными, так и активным. Целью данного исследования является оценка эффективности применения ленточных интенсификаторов с различными шагами навивки в каналах теплообменного оборудования.

Исследования проводились на экспериментальной сборке стенда ФТ-80 НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Экспериментальная сборка предназначена для опытного исследования теплогидравлических характеристик протяженных интенсификаторов теплообмена ленточного типа при однофазном течении потока воды первого и второго контуров стенда ФТ-80. Общий вид экспериментальной сборки представлен на рисунке 1. Конструкция экспериментальной сборки выполнена по схеме противоточного теплообменного канала с внутритрубным подъемным движением нагревающегося закрученного потока воды и опускным движением обогревающего потока воды в кольцевом канале. Конструкцией сборки предусмотрена возможность замены ленточного завихрителя, через верхнее разъемное соединение.



Рис. 1. Общий вид экспериментальной сборки

Ленточные завихрители представляют собой полосу из нержавеющей стали толщиной 1 мм и шириной 9.8 мм, закрученную вокруг центральной оси. Длина протяженных интенсификаторов теплообмена соответствует длине теплообменной трубы экспериментальной модели. Три завихрителя имеют постоянный шаг закрутки по всей длине интенсификатора, равный 40 мм, 60 мм и 80 мм. Остальные завихрители представляют

собой комбинации участков с различными шагами закрутки по длине интенсификатора:

- с нарастающим шагом навивки 40мм-60мм-80мм;
- с переменными шагами навивки 40мм-60мм-80мм-60мм-40мм и 80мм-60мм-40мм-60мм-80мм.

Для получения коэффициентов эффективности теплоотдачи ленточных интенсификаторов теплообмена были проведены теплогидравлические испытания. Экспериментальные исследования теплоотдачи проводились при следующих параметрах:

- давление греющего и нагреваемого теплоносителя P_I=10МПа и P_{II}=5Мпа соответственно;
- температура входа греющего теплоносителя T_I=250°С;
- температура входа нагреваемого теплоносителя T_{II}=40°С.

В процессе проведении исследований соблюдалось условие равенства значений массовых расходов при оценке величины коэффициентов теплоотдачи и гидравлического сопротивления.

На рисунке 2 представлены результаты сравнения коэффициентов эффективности теплоотдачи ленточных интенсификаторов теплообмена.

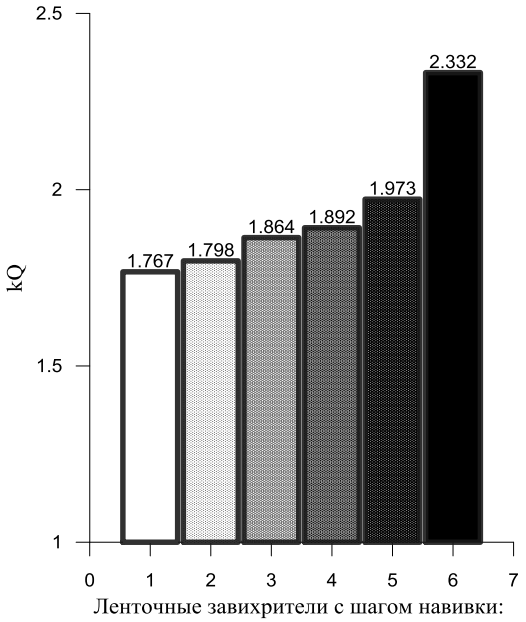


Рис. 2. Результаты сравнения коэффициентов эффективности теплоотдачи ленточных интенсификаторов теплообмена

Из рисунка видно, что ленточные завихрители позволяют увеличивать передаваемое количество тепла в 2 раза при неизменной величине гидравлического сопротивления.

Выводы

В результате проведенной работы был выполнен сравнительный анализ эффективности процессов интенсификации теплообмена с использованием ленточных завихрителей, который позволил сделать следующие выводы:

- интенсификаторы с переменным шагом навивки предпочтительнее, чем с постоянным и нарастающим, т.к. позволяют значительно увеличивать коэффициент теплоотдачи при незначительном увеличении величины гидравлического сопротивления;
- наиболее эффективным из рассмотренных интенсификаторов является ленточный завихритель с переменным шагом навивки с комбинацией участков – 80мм-60мм-40мм-60мм-80мм.

Список литературы

1. Будов В.М., Дмитриев С.М. Форсированные теплообменники ЯЭУ // Энергоатомиздат, 1989 (III). – С. 151.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОБЛОКА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО – ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Сафронов А.В.
Научный руководитель: Щинников П.А. д.т.н., профессор
Новосибирский государственный технический университет,
630092, Россия, г.Новосибирск, пр. К. Маркса, 20
E-mail: a.v.safronov@ngs.ru

Эффективность принятия управленческих решений при техническом обслуживании энергоблоков тепловых электрических станций (ТЭС) существенно зависит от объема и качества информации о состоянии оборудования. Источниками этой информации являются автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП) ТЭС, система отчетных форм технико-экономических показателей, данные результатов регулярных испытаний элементов оборудования и другие.

Оснащение энергопредприятий вычислительной техникой позволяет разработчикам предложить ряд информационных систем для поддержки принятия управленческих решений. В последние годы особенно часто создаются системы для автоматизированного расчета технико-экономических показателей (ТЭП).

Однако само определение ТЭП работы ТЭС возможно лишь с определенной точностью. Эта точность зависит от специфических методических погрешностей алгоритма расчета, погрешностей измерительной техники и методики измерений. Рациональный алгоритм расчета ТЭП позволяет значительно снизить влияние первой группы погрешностей на точность конечного результата. Но даже при полном исключении погрешности этой группы фактическая погрешность вычисления ТЭП в рабочем диапазоне изменения параметров при использовании выпускаемых приборов находится в пределах 0,3÷0,6 % для КПД парогенератора, 2,3÷3,0 % для показателей турбины и энергоблока [1] [2].

Поскольку экономическая эффективность от применения АСУ ТП на ТЭС лежит в пределах вероятностного значения ТЭП, то повышение точности исходной информации для ИВС чрезвычайно актуально.

Погрешности расчетов ТЭП при использовании ИВС могут быть снижены в результате нескольких мероприятий.

Одно из таких мероприятий это индивидуальная градуировка элементов каналов измерений. Эффективным мероприятием для повышения точности является градуировка отдельных элементов или всего измерительного канала с помощью более высокоточной контрольной аппаратуры. Выявленные в процессе градуировки систематические погрешности могут быть затем уменьшены в рабочем диапазоне, либо учтены при вычислении показателей. С помощью индивидуальной градуировки можно снизить погрешность канала измерения мощности генератора более чем на 40%, а расход пара вследствие относительно высокой погрешности сужающих устройств лишь на 15-20%. Полная погрешность показателей турбины и блока снижается при этом на 25% [3].

Другим мероприятием, является стабилизация внешних условий, снижение дополнительных погрешностей, которые в совокупности могут даже превышать основную погрешность прибора. Основными мероприятиями, способствующими снижению дополнительных погрешностей, являются установка приборов в помещениях с постоянной температурой и влажностью, стабилизация источников питания, тщательная «подгонка» сопротивлений входной и выходной цепи, устранение вибраций, влияния магнитных полей и другие мероприятия, а так же подбор для измерений основных технологических параметров приборов, имеющих наименьшие дополнительные погрешности. В результате стабилизации внешних влияющих факторов полная погрешность показателей может быть уменьшена на 20% [3].

Еще одним мероприятием может быть применение оптимальных измерительных средств и приборов повышенной точности. В комплексе указанные мероприятия могут снизить погрешности ТЭП до 1,1% для блока в целом [1].

Эти мероприятия соответствуют основному направлению развития информационно - вычислительной техники. Наряду с ними, как дополнительные, могут использоваться вероятностно-статистические методы повышения информации [4].

Одной из важных особенностей процесса функционирования энергоблока в реальных условиях является неопределенность истинного его состояния в каждый момент времени. Это неопределенность связана с рядом причин, наиболее важные из которых:

- некоторые параметры не измеряются;

- узкие диапазоны измерения ряда параметров соизмеримы с погрешностью контрольно - измерительной аппаратуры;
- численные значения измеряемых параметров оцениваются зачастую с большими ошибками измерений;
- инерционность и колебания показателей и характеристик процессов в энергооборудовании ТЭС обусловливают "запаздывание" в объекте и усиливают не сходимость материального и энергетического балансов.

В этом свете применение вероятностно-статистических методов повышения информации, как методов получения информации с минимально возможной неопределенностью, выгодно дополняет основные методы [5].

Один из таких методов, это метод нахождения поправок к измеренным величинам с помощью согласования энергобалансов.

Суть методики согласования балансов – в следующем. Несходимость балансовых уравнений (из-за неточности измерений и вычисления):

$$H_k\left(\nu_1,...,\nu_n,\ x_1,...x_u\right)=-\omega_k,$$

где ν_n – неизмеряемые (рассчитанные) величины; ω_k – несходимость k-го балансового уравнения.

Введение в балансовое уравнение поправок к каждому члену позволяет получить согласованное балансовое уравнение:

$$H_k\left(\nu_1+\delta_1,...,\nu_n+\delta_n,\ x_1+\varepsilon_1,...x_u+\varepsilon_u\right)=0,$$

где δ и ε – соответствующие поправки к измеренной и вычисленной величинам.

Нахождение поправок основано на линеаризации уравнений путем разложения в ряд Тейлора и использования дополнительных условий, вытекающих из представлений о наиболее вероятном распределении погрешностей как минимуме взаимной суммы квадратов поправок:

$$\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\partial H_k}{\partial \nu_i}\right)\delta_i+\sum_{j=1}^{u}\left(\frac{\partial H_k}{\partial x_j}\right)\varepsilon_j=\omega_k,\ \left(k=1,...,r\right),$$

$$\left(\frac{\partial H}{\partial \nu}\right)\lambda=0,\ \left(i=1,...,n\right),$$

$$\frac{\varepsilon_j}{m_j^2}=\sum_{k=1}^{r}\left(\frac{\partial H_k}{\partial x_j}\right)\lambda_k,\ \left(j=1,...,u\right),$$

где λ_k – неопределенные множители Лагранжа, выполняющие роль коэффициентов пропорциональности; m_j – абсолютное значение среднеквадратической погрешности (с учетом методической составляющей) измеренной величины.

В заключении хочется отметить, что:

1.Фактическая погрешность вычислений показателей в рабочем диапазоне изменения параметров при использовании серийно выпускаемых приборов находиться в пределах 0,3-0,6% для к.п.д. парогенератора и 2,3-3% для показателей турбины и энергоблока,

2. В результате индивидуальной градуировки элементов каналов измерений основных технологических параметров, стабилизации внешних влияющих величин погрешность показателей может быть снижена до 0,2-0,3% для парогенератора и 1,2-1,4 для показателей турбины и энергоблока,

3. При использовании приборов повышенной точности для измерения важных технологических параметров может быть достигнут более высокий уровень точности вычисляемых показателей энергоблока 0,7-1,4%,

4. Наряду с основными методами повышения точности информационной системы ТЭС возможно применение вероятностно-статистических методов повышения информации, как дополнение к основным.

Используемая литература:

1. Повышение точности исходной информации в ИВС путем применения методики согласования балансов / Ю.В.Овчинников, Г.В. Ноздренко, В.И. Тимашев / Управление режимами и развитием электроэнергетических систем в условиях АСУ: межвузовский сборник трудов под редакцией В.К. Щербакова. -Новосибирск, 1977. -С.166-174.

2. Применение методики согласования балансов для уточнения исходной информации применительно к ТЭС/ Ю.В. Овчинников, Г.В. Ноздренко, И.М. Алтухов / Управление режимами и развитием электроэнергетических систем в условиях АСУ: межвузовский сборник трудов под редакцией В.К. Щербакова. –Новосибирск, 1980. –С.45-53.

3. Цейтлин Р.А., Степанов В.И., Шестов Э.Д. К вопросу о точности автоматизированного вычисления технико-экономических показателей энергоблока // Теплоэнергетика. -1975. -№ 1-С.8-13.

4. Аракелян Э.К., Панько М.А., Асланян А.Ш. Методические положения оценки технико – экономической эффективности модернизации АСУ ТП электростанций // Теплоэнергетика. -2010. -№ 10-С.45-49.

5. Система информационной поддержки принятия решений при техническом обслуживании оборудовании ТЭС / К.Э. Аронсон, В.И. Брезгин, Ю.М. Бродов, Н.Н. Акифьева, А.С. Руденко, Д.В. Брезгин / Электрические станции. -2006. № 10-С.55-61.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТНЫХ КОДОВ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ГИДРОДИМНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА В МОДЕЛИ КОЛЛЕКТОРНОГО УЗЛА ОБОРУДОВАНИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТВАНОВКИ

Виноградов А.Л., Рязапов Р.Р., Седов М.К.
Научный руководитель: Дмитриев С.М., д.т.н., профессор
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
603950, Н.Новгород, ул. Минина, д.24
E-mail: sedov.maxim@yandex.ru

Важную роль при создание теплотехнического оборудования ядерных энергетических установок (ЯЭУ) играет обоснование его конструкции. Общепринятая методика обоснования включает в себя экспериментальные исследования гидродинамики и теплообмена на опытных образцах оборудования. Однако выполнение таких исследований всегда сопряжено с большими затратами на проектирование и производство экспериментальных стендов и проведение испытаний. Применение расчетного моделирования при создании теплообменных аппаратов позволяет уменьшить необходимый объём работ и тем самым повысить конкурентоспособность производимого оборудования. Однако полный отказ от проведения эксперимента невозможен по ряду причин, одной из которых является необходимость верификации применяемых расчётных кодов.

В связи с этим актуальность имеет расчетно-экспериментальный подход, при котором верифицированные на основе экспериментальных данных CFD-коды применяются при проектирование теплообменного оборудования.

Целью данной работы является определение оптимальных расчетных параметров и начальных приближений для численного моделирования процессов гидродинамики и теплообмена при сложном движении теплоносителя.

На первом этапе были проведены серии экспериментов по изучению температурного состояния характерных зон коллекторного узла модели теплообменника. Второй этап заключался в проведения CFD-моделирования процессов гидродинамики и теплообмена. После этого производилось сравнение экспериментальных данных и результатов расчетного моделирования.

Эксперименты были проведены на модели теплообменника входящей в состав теплофизического стенда ФТ-80 кафедры «АТСиМИ» НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Стенд имитирует трехконтурную транспортную энергетическую установку и представляет собой три гидравлически замкнутых контура. Теплофизический стенд предназначен для проведения теплогидравлических исследований теплообменного и парогенерирующего оборудования. Конструкция стенда позволяет проводить исследования в диапазоне режимных параметров, характерных для современных ЯЭУ. Экспериментальная модель включена в состав первого и третьего контуров стенда и выполнена в виде коллекторной сборки, помещенной внутрь прочного корпуса с внутритрубным движением охлаждающей воды. Движение греющего теплоносителя осуществляется в межтрубном пространстве. Для измерения температур в характерных участках экспериментальной модели на теплообменной поверхности коллекторной сборки и вблизи от неё расположены 63 хромель-копелевых микротермопреобразователя.

Схема экспериментальной модели представлена на рисунке 1.

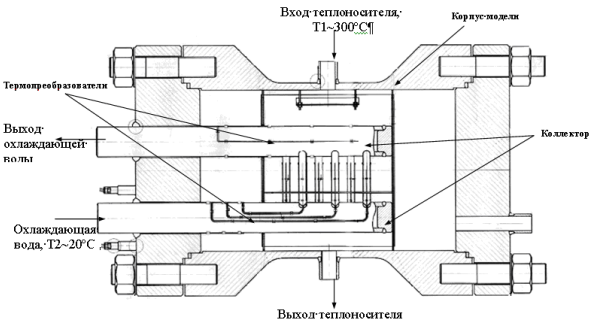


Рис. 1 – Схема экспериментальной модели

Эксперименты проводились в диапазоне расходов от 300 до 2500 кг/ч по первому контуру; температура теплоносителя первого контура в зависимости от режима менялась от 200 до 250 °С, а давление изменялось в диапазоне от 10 до 16 МПа.

Расчетное моделирование проводилось в несколько этапов:

- построение трехмерной геометрической модели коллекторного узла (рисунок 2);
- построение конечно-элементной модели коллекторного узла (окончательный вариант конечно-элементной модели выбирался на основе отладочных расчетов);
- построение расчетной модели коллекторного узла и проведение CFD-расчетов.

Построение конечно-элементной модели было выполнено в сеточном редакторе ANSYS ICEM CFD (рисунок 3) на основе трехмерной геометрической модели созданной в САПР AutoCAD.

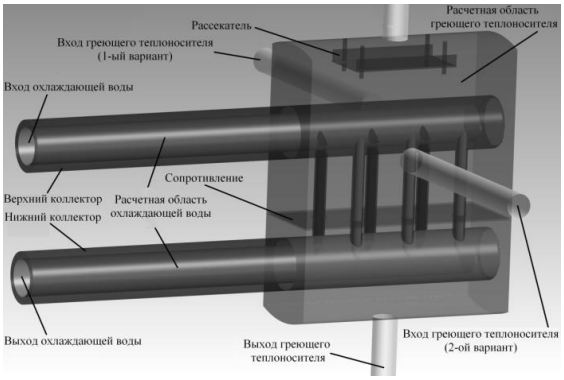


Рис. 2 – Трехмерная модель коллекторного узла

Расчетная модель представляет собой совокупность трехмерных областей имитирующих основные элементы экспериментальной модели коллекторного узла теплообменника с указанием граничных условий на соответствующих поверхностях, начальных условий и физических свойств материалов.

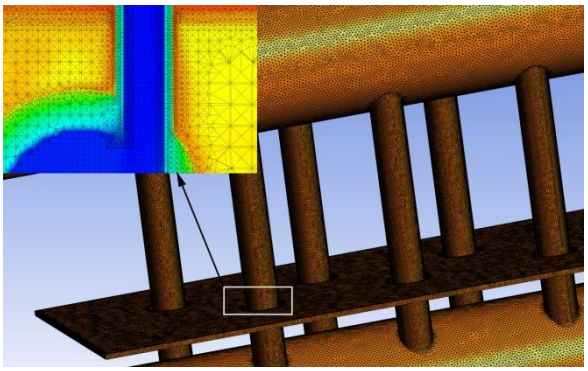


Рис. 3 – Фрагмент конечно-элементной модели коллекторного узла

Отладочные расчеты проводились на нескольких вариантах конечно-элементных сеток. Особое внимание уделялось моделированию теплового пограничного слоя, выбору количества элементов расчетной сетки, а также выбору модели турбулентности, наиболее адекватно отражающей теплогидравлические процессы протекающие в экспериментальной модели теплообменника.

Стационарные расчеты были выполнены в программном комплексе ANSYS CFX 14.0 с использованием высокопроизводительной кластерной системы.

По итогам расчетов проводился анализ, заключающийся в сравнении экспериментальных данных и результатов расчета путем сопоставления полей температур распределенных вокруг элементов коллекторного узла.

На рисунке 4 представлены распределения температур по периметру одной из теплообменных трубок на поверхности теплообмена (стенка) и вблизи от этой поверхности (поток) для трех моделей турбулентности: K-ε, K-ω и SST (Shear Stress Transport).

В результате анализа была выбрана низкорейнольдсовая модель турбулентности SST, дающая наилучшую сходимость с экспериментальными данными, при этом выдерживалось требование Y+≤1 необходимое для точного описания теплового пограничного слоя при использовании низкорейнольдсовых моделей турбулентности [1].

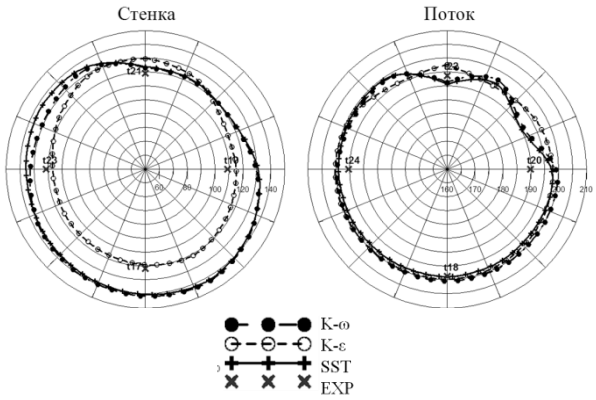


Рис. 4 – Распределение температуры по периметру теплообменных трубок

В настоящее время результаты расчетов, полученных в рамках представленной работы, используются в качестве исходных данных для моделирования процессов гидродинамики и теплообмена развивающихся во времени, с целью описания температурных пульсаций теплоносителя, с последующей верификацией расчетной модели для дальнейшего её использования при обосновании конструкций теплообменного оборудования ЯЭУ.

Список литературы

1. ANSYS CFX Help, Release 14.0 Ansys Inc., 2007

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЧ-НАГРЕВА ПЛОСКОГО УГОЛЬНОГО СЛОЯ. II. ТЕМПЕРАТУРНАЯ И ТЕРМОУПРУГАЯ ЗАДАЧИ

Сладков С.О.[3], Пащенко С.Э.[2], Саломатов Вас.В[1]
Научный руководитель: Саломатов Вл.В.[1,2], д.т.н., профессор
[1]Институт теплофизики СО РАН, г.Новосибирск
[2]Национальный исследовательский Новосибирский государственный университет, г.Новосибирск
[3]Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск
E-mail: slaSO@yandex.ru

2.Температурная задача. При решении задачи приняты следующие допущения:

а) геометрическая форма угля – плоский слой;

б) угольный слой однородный;

в) теплофизические и электрофизические свойства угля – постоянны;

г) внутреннее тепловыделение от СВЧ-излучения является функцией координат.

д) процесс нестационарный и одномерный;

В рамках принятых допущений и известной геометрической схемы наиболее простая задача нестационарного диэлектрического нагрева пластины угля СВЧ-полем выглядит следующим образом:

$$\frac{\partial T(x,t)}{\partial t} = a\cdot\frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x} + \frac{q_{vo}(x)}{c\cdot\rho} \quad (1)$$

$$T(x,0) = 0 \quad (2)$$

$$T(0,t) = 0 \quad (3)$$

$$T^{1}(l,t) = 0 \quad (4)$$

Решение задачи: Задача (1)-(4) решена аналитически с помощью двойного интегрального преобразования: по переменной t - с использованием преобразования Лапласа и по x – конечного sin-преобразования Фурье [1,2], для четырех сформулированных в предыдущей работе случаях А, Б, В, Г.

Учитывая, что $\mu_n = \frac{(2\cdot n-1)\cdot\pi}{2\cdot l}$, для случая А – температурное поле имеет вид:

$$T(x,t) = \frac{2}{\lambda\cdot l}\cdot\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\mu_n}\cdot\left\{\begin{array}{l}\frac{A}{\psi^2+\mu_n^2}\cdot\left[\mu_n-(-1)^{n-1}\cdot\psi\cdot e^{-\psi\cdot l}\right]+\frac{B}{\psi^2+\mu_n^2}\cdot\left[(-1)^{n-1}\cdot\mu_n\cdot e^{\psi\cdot l}-\psi\right]+\\ +\frac{C}{2}\cdot\left[\frac{\cos(\mu_n+\psi-\beta\cdot l)}{\mu_n+\psi}-\frac{\cos(\mu_n-\psi+\beta\cdot l)}{\mu_n-\psi}\right]\cdot\sin(\mu_n\cdot x)\cdot\left[1-e^{-\mu_n^2\cdot a\cdot t}\right]\end{array}\right\} \quad (5)$$

Для случая Б – температурное поле имеет вид:

$$T(x,t) = \frac{2}{\lambda\cdot l}\cdot\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\mu_n}\cdot\frac{\sigma\cdot|S_{21}|^2}{\left|1+S_{11}\cdot\Gamma_н\cdot e^{-2\cdot\gamma\cdot l}\right|^2}\cdot\left\{\begin{array}{l}\frac{1}{\psi^2+\mu_n^2}\cdot\left[\mu_n-(-1)^{n-1}\cdot\psi\cdot e^{-\psi\cdot l}\right]+\\ +\frac{\Gamma_н^{\,2}\cdot e^{-2\cdot\psi\cdot l}}{\psi^2+\mu_n^2}\cdot\left[(-1)^{n-1}\cdot\mu_n\cdot e^{\psi\cdot l}-\psi\right]+\\ +\Gamma_н\cdot e^{-\psi\cdot l}\cdot\left[\frac{\cos(\mu_n+\psi-\beta\cdot l)}{\mu_n+\psi}-\frac{\cos(\mu_n-\psi+\beta\cdot l)}{\mu_n-\psi}\right]\\ \cdot\sin(\mu_n\cdot x)\cdot\left[1-e^{-\mu_n^2\cdot a\cdot t}\right]\end{array}\right\} \quad (6)$$

Для случая В – температурное поле имеет вид:

$$T(x,t) = \frac{2}{\lambda\cdot l}\cdot\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\mu_n}\cdot\frac{\sigma\cdot|S_{21}|^2}{\left|1+S^2{}_{11}\cdot\Gamma_н\cdot e^{-2\cdot\gamma\cdot l}\right|^2}\cdot\left\{\begin{array}{l}\frac{1}{\psi^2+\mu_n^2}\cdot\left[\mu_n-(-1)^{n-1}\cdot\psi\cdot e^{-\psi\cdot l}\right]+\\ +\frac{\Gamma_н^{\,2}\cdot e^{-2\cdot\psi\cdot l}}{\psi^2+\mu_n^2}\cdot\left[(-1)^{n-1}\cdot\mu_n\cdot e^{\psi\cdot l}-\psi\right]\end{array}\right\} \quad (7)$$

Для случая Г – температурное поле имеет вид:

$$T(x,t) = \frac{2}{\lambda\cdot l}\cdot\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\mu_n}\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{\sigma\cdot|S_{21}|^2}{\left|1+S^2{}_{11}\cdot e^{-2\cdot\gamma\cdot l}\right|^2}\cdot\left\{\begin{array}{l}\frac{1}{\psi^2+\mu_n^2}\cdot\left[\mu_n-(-1)^{n-1}\cdot\psi\cdot e^{-\psi\cdot l}\right]+\\ +\frac{e^{-\psi\cdot l}}{\psi^2+\mu_n^2}\cdot\left[(-1)^{n-1}\cdot\mu_n\cdot e^{\psi\cdot l}-\psi\right]\end{array}\right\} \quad (8)$$

3.Термоупругая задача. Рассматриваемая задача термоупругости в угольном массиве в условиях диэлектрического нагрева базируется на трех основных положениях:

a) во-первых, температурное поле определяется без учета деформаций, так как деформации считаются малыми, а сам угольный слой всегда ведет себя, как упругое тело.
b) во-вторых, перемещения в твердом теле незначительны и градиенты перемещений также достаточно малы.
c) в-третьих, скорости изменения температуры и напряжений не очень велики.

При соблюдении указанных ограничений решение уравнения энергии проводятся без учета механической связанности, а задача термоупругости решается при пренебрежении инерционными членами. Поэтому нестационарное температурное поле определяется независимо от поля напряжений [3]. Тогда время в решении термоупругой задачи будет играть роль параметра.

В связи с малыми скоростями изменения температуры, для многих задач практики, влиянием ускорения можно пренебречь и рассматривать движение, как некоторую последовательность состояний равновесия. Такой подход, предложенный Дюамелем, является квазистатическим [4]. Исходя из этого главные компоненты тензора напряжений при отсутствии внешних нагрузок для неограниченной пластины, когда она свободно расширяется, известны [3]:

$$\sigma_{XX} = \sigma_{XY} = \sigma_{XZ} = \sigma_{YZ} = 0 \quad (9)$$

$$\sigma_{YY} = \sigma_{ZZ} = \frac{\beta_T \cdot E}{1-\nu} \cdot \left[-T(x,t) + \frac{1}{l} \cdot \int_0^l T(x,t)\,dx + \frac{3}{l^3} \cdot x \cdot \int_0^l x \cdot T(x,t)\,dx \right], \text{где } E - \text{модуль Юнга}, \quad (10)$$

β_T – коэффициент объемного расширения, ν – коэффициент Пуассона

Тогда подставляя в интегральные члены уравнения (10), найденное ранее температурное поле (5) получаем выражение для термоупругих напряжений для случая А:

$$\sigma_{YY} = \sigma_{ZZ} = -\frac{\beta_T \cdot E}{1-\nu} \cdot \frac{2}{\lambda \cdot l} \cdot \frac{1}{\mu_n} \cdot \left\{ \begin{array}{l} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{A}{\psi^2 + \mu_n^2} \cdot \left[\mu_n - (-1)^{n-1} \cdot \psi \cdot e^{-\psi \cdot l} \right] + \\ + \sum_{n=0}^{\infty} \frac{B}{\psi^2 + \mu_n^2} \cdot \left[\mu_n + (-1)^{n-1} \cdot \psi \cdot e^{\psi \cdot l} \right] + \\ + \sum_{n=0}^{\infty} \frac{C}{2} \cdot \left[\frac{\cos(\mu_n + \psi - \beta \cdot l)}{\mu_n + \psi} - \frac{\cos(\mu_n - \psi + \beta \cdot l)}{\mu_n - \psi} \right] \cdot \\ \cdot \left[1 - e^{-\mu_n^2 \cdot a \cdot t} \right] \cdot \left\{ \begin{array}{l} \sin(\mu_n \cdot x) - \frac{2}{l} \cdot \frac{\sin\left(\frac{l \cdot \mu_n}{2}\right)^2}{\mu_n} - \\ - \frac{3}{l^3} \cdot x \cdot \left[\frac{\sin(l \cdot \mu_n) - l \cdot \mu_n \cdot \cos(l \cdot \mu_n)}{\mu_n^2} \right] \end{array} \right. \end{array} \right\} \quad (11)$$

Для случаев Б, В, Г термоупругие напряжения получаются соответственно из подстановки уравнений(6), (7), (8) в уравнение (10).

Заключение. В данной работе аналитически получены температурные поля для четырех модельных случаев возбуждения электромагнитной волны, а так же для одного из случаев получены термоупругие напряжения. Такая математическая модель может быть полезной для слоя угля, находящегося на ленточном конвейере, для анализа диэлектрического нагрева угольного массива в форме близкой к пластине конечной толщины, избирательному нагреву в плоскослоистых диэлектриках и других практически важных случаях. В первом приближении предполагается неизменность электрофизических и теплофизических свойств, либо их аппроксимация постоянными значениями в рабочем интервале температур.

Литература:

1. Лыков А.В. Теория теплопроводности, М.: Высшая школа, 1967. 599 с.
2. Карташов Э.М. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел. Москва, «Высшая школа», 2001 г. – 560с.
3. Боли Б., Уэйпер Дж. Теория температурных напряжений. Москва: «Мир», 1964г. – 518с.
4. Паркус Г. Неустановившиеся температурные напряжения. Москва: «Физматлит», 1963г. – 252с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЧ-НАГРЕВА ПЛОСКОГО УГОЛЬНОГО СЛОЯ.I. ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА

Сладков С.О.[3], Пащенко С.Э.[2], Саломатов Вас.В[1]
Научный руководитель: Саломатов Вл.В.[1,2], д.т.н., профессор
[1]Институт теплофизики СО РАН, г.Новосибирск
[2]Национальный исследовательский Новосибирский государственный университет, г.Новосибирск
[3]Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск
E-mail: slaSO@yandex.ru

Введение. Эффект микроволнового нагрева основан на поглощении электромагнитной энергии в диэлектрике (уголь). Поля СВЧ проникают на значительную глубину, которая зависит от свойств материалов. Взаимодействуя с веществом на атомном и молекулярном уровне, эти поля влияют на движение электронов, что приводит к преобразованию СВЧ-энергии в тепло.

Применение нагрева токами сверхвысокой частоты наиболее целесообразно для массивных тел с малой теплопроводностью или для мелкодисперсных порошков, для которых обдув горячим воздухом приводит к уносу мелких ценных частиц. Следовательно, угольный материал в любых формах (угольная пластина, угольный брикет, пылеугольная смесь, водоугольное топливо) хорошо подходит для эффективного воздействия на него СВЧ-излучения.

Следует подчеркнуть особенности СВЧ-воздействия на уголь по сравнению с обычными термическими методами обработки, связанные с различием электрофизических свойств минеральной и органической части топлива. Как правило, большему микроволновому влиянию подвергается горючая часть угля. Помимо чисто термического эффекта диэлектрического нагрева в этих условиях возникает важное явление микроволновой термической активации минеральной составляющей.

При СВЧ-воздействии на уголь как внутри угля, так и с наружи возникают, различные по типу физические поля: электрическое, магнитное, поле температур, поле влагосодержаний, поле химических реакций, поле механических напряжений и деформаций. Между всеми этими полями существуют связи, обусловленные различными физико-химическими процессами. Анализ явлений и расчет процесса СВЧ-нагрева с учетом всего комплекса вышеперечисленных взаимосвязей представляет весьма сложную задачу. Поэтому приходится ограничиваться рассмотрением основных связей между различными полями. Так обязательным является знание информации об электромагнитном и температурном полях, термоупругих напряжениях.

Электромагнитное поле СВЧ приводит к возникновению температурного поля, а оно в свою очередь к полю напряжений. Вследствие этого, при длительном воздействии СВЧ-поля, возникают трещины, и происходит разрушение угольного вещества и потеря геометрической целостности. Для одних процессов СВЧ-воздействия на уголь разрушение выгодно (диспергирование, горение), для других опасно (переработка, сушка).

С учетом важности информации о элекромагнитном, температурном поле, термоупругих напряжениях аналитическое исследование СВЧ-нагрева пластины угля выполнено в три этапа: 1-решение электрофизической задачи, 2-решение температурной задачи, 3-решение термоупругой задачи.

1. Электрофизичекая задача. Данная работа посвящена аналитическому поиску распределения от местных источников внутреннего энерговыделения плоского угольного слоя конечной толщины $q_v(x)$.

Цель работы: аналитически вычислить законы распределения внутреннего потока для различных способов возбуждения электромагнитного СВЧ-поля.

Геометрическая схема задачи. Геометрия задачи представлена на рис 1

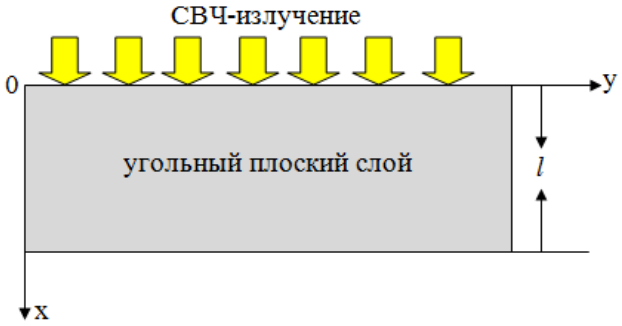


Рис.1 Геометрия задачи

Рассмотрим следующие модельные случаи возбуждения электромагнитного поля СВЧ в пластине угля конечной толщины:

А. Электромагнитное поле СВЧ, является результатом взаимодействия двух встречно распространяющихся волн от когерентных источников,

Б. Электромагнитное поле СВЧ, является результатом многократных переотражений плоской волны между границей раздела «диэлектрик-воздух» и другой отражающей границей,

В. Электромагнитное поле СВЧ, является результатом взаимодействий плоской волны на слой с границей, осуществляется поворот плоскости поляризации,

Г. Электромагнитное поле СВЧ, является результатом взаимодействия двух встречно распространяющихся волн от некогерентных источников.

Решение задачи. В соответствии с сформулированными случаями А, Б, В, Г найдем

мощность внутренних тепловыделений для каждого случая отдельно.

Мощность тепловыделения по толщине плоского слоя для случаев А, Б, В, Г имеет вид:

$$q_v(x) = \sigma \cdot |E(x)|^2$$

По мере проникновения СВЧ-электромагнитной волны в глубину угольной пластины напряженность электрического поля уменьшается по экспоненциальному закону и тем больше, чем больше коэффициент затухания электромагнитной волны.

Для случая А – напряженность поля и внутренний источник имеет вид:

$$|E(x)|^2 = \frac{1}{2} \cdot \left| \frac{S_{21}}{1 + S_{11} \cdot e^{-2 \cdot \gamma \cdot l}} \right|^2 \cdot \cdot \left| \exp(-\gamma \cdot x) + \exp\left[-\gamma \cdot (l - x)\right] \right|^2$$

$$q_v(x) = A \cdot e^{-\psi \cdot x} + B \cdot e^{\psi \cdot x} + C \cdot \cos\left[\beta \cdot (2 \cdot x - l)\right],$$

$$где: A = \frac{1}{2} \cdot \left| \frac{\sigma \cdot S_{21}}{1 + S_{11} \cdot e^{-2 \cdot \gamma \cdot l}} \right|^2, B = A \cdot e^{-\psi \cdot l},$$

$$C = 2 \cdot A \cdot e^{-\alpha \cdot l}.$$

Для случая Б – напряженность поля и внутренний источник имеет вид:

$$|E(x)|^2 = \frac{1}{2} \cdot \left| \frac{S_{21}}{1 + S_{11} \cdot \Gamma_н \cdot e^{-2 \cdot \gamma \cdot l}} \right|^2 \cdot \left\{ e^{-\psi \cdot x} + \Gamma_н \cdot e^{(-2 \cdot \psi \cdot l + \psi \cdot l)} + 2 \cdot \Gamma_н \cdot e^{-\psi \cdot x} \cdot \cdot \cos\left[2 \cdot \beta \cdot (x - l)\right] \right\}$$

$$q_v(x) = A \cdot e^{-\psi \cdot x} + B \cdot e^{\psi \cdot x} + C \cdot \cos\left[2 \cdot \beta \cdot (x - l)\right],$$

$$где: A = \frac{\sigma \cdot |S_{21}|^2}{\left|1 + S_{11} \cdot \Gamma_н \cdot e^{-2 \cdot \gamma \cdot l}\right|^2}, B = A \cdot \Gamma_н^{\,2} \cdot e^{-2 \cdot \psi \cdot l},$$

$$C = 2 \cdot A \cdot \Gamma_н \cdot e^{-\psi \cdot l}.$$

Для случая В – внутренний источник имеет вид:

$$q_v(x) = A \cdot e^{-\psi \cdot x} + B \cdot e^{\psi \cdot x},$$

$$где: A = \frac{\sigma \cdot |S_{21}|^2}{\left|1 + S^2_{11} \cdot \Gamma_н^2 \cdot e^{-2 \cdot \gamma \cdot l}\right|^2}, B = A \cdot \Gamma_н^{\,2} \cdot e^{-2 \cdot \psi \cdot l}.$$

Для случая Г – внутренний источник имеет вид:

$$q_v(x) = A \cdot e^{-\psi \cdot x} + B \cdot e^{\psi \cdot x},$$

$$где: A = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma \cdot |S_{21}|^2}{\left|1 + S^2_{11} \cdot e^{-2 \cdot \gamma \cdot l}\right|^2}, B = A \cdot e^{-\psi \cdot l}.$$

Входящие в уравнения и коэффициенты электрофизические параметры имеют обозначения и находятся следующим образом:

$$j = \sqrt{-1}, \ \gamma = \alpha + j \cdot \beta, \ \psi = 2 \cdot \alpha,$$

$$S_{11} = \Gamma = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}, \ S_{21} = \sqrt{1 - |\Gamma|^2},$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f, \ \sigma = \omega \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot tg\delta.$$

f - частота СВЧ-волны, ω - круговая частота, ε_0 - диэлектрическая постоянная, ε - действительная часть диэлектрической проницаемости угля, $tg\delta$ - тангенс угла диэлектрических потерь для угля, α - коэффициент затухания, β - фазовый коэффициент, Γ - коэффициент отражения волны от границы «воздух-диэлектрик», Z_1 *и* Z_2 - характеристическое сопротивление воздуха и угля соответственно, $\Gamma_н$ - коэффициент отражения от противоположенной границы ($\Gamma_н = -1$ для металлической границы, $\Gamma_н = 1$ для границы в виде запредельных волноводов).

Для немагнитного диэлектрика с малыми потерями справедливы следующие формулы [1]:

$$Z_{1,2} = \frac{120\pi}{\sqrt{\varepsilon}} \cdot \left(1 + j \cdot \frac{\delta}{2}\right), \ \beta = \frac{\omega \cdot \sqrt{\varepsilon}}{c}, \ \alpha = \beta \cdot \frac{\delta}{2}$$

c *- скорость света в вакууме.*

Заключение. В данной работе решена электрофизическая задача СВЧ-нагрева пластины угля. На основе известных по напряженности соотношениях найдены законы распределения внутреннего источника СВЧ-излучения $q_v(x)$ для различных случаев возбуждения электромагнитного поля. Полученные удобные рабочие формулы для $q_v(x)$, дадут возможность аналитически построить температурные поля и термоупругие напряжения для всех четырех случаев А, Б, В, Г. Следует подчеркнуть, что без предварительного анализа теоретических законов распределения внутреннего источника тепла и решения других важных задач СВЧ-нагрева, вряд ли целесообразно приступать к созданию лабораторных макетов и тем более промышленных и полупромышленных установок, так как затраты только на аппаратуру для лабораторных исследований могут оказаться слишком большими.

Литература:

1. Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Высш. шк., 1992. – 416с.

УДК 515.1

РАСЧЕТ ВЫДЕЛЕНИЯ ТЕПЛА ПРИ КАВИТАЦИИ ЖИДКОСТИ В РОТОРНОМ АППАРАТЕ

К.В. Слюсарский, В.И. Беспалов
Научный руководитель: А.Г. Коротких, к.ф.-м.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: slyuskonst@gmail.com

Кавитация является одним из важнейших факторов, способствующих интенсификации различных химико-технологических процессов. С помощью кавитационных процессов жидкости возможен нагрев теплоносителя до заданных параметров за счет высоких температур образующихся в парогазовых пузырьках. Различают кавитацию акустическую, возникающую в жидкой среде при прохождении звуковой волны большой интенсивности, и гидродинамическую, обусловленную резким локальным понижением давления в жидкости вследствие больших скоростей течения.

Под кавитацией обычно понимают образование в жидкости пульсирующих пузырьков, заполненный паром, газом или их смесью [1]. Кавитация известна главным образом своими вредными последствиями, такими как ухудшение характеристик, эрозия и шум гидромашин. Имеется целый ряд исследований, посвященных кавитационной эрозии [2–3]. Однако процессам выделения тепла в жидкости роторного аппарата уделено недостаточно внимания.

В работе проведен расчет процесса тепловыделения в жидкости роторного аппарата. Конструктивно роторный аппарат представляет собой два коаксиальных цилиндра – неподвижного статора и вращающегося ротора, с радиальными каналами в боковых стенках различного поперечного сечения (рис. 1). Жидкая среда обычно подается в полость ротора через входной патрубок 4, находящийся в крышке 3, и через каналы ротора 8 и статора 6 проходит в камеру озвучивания 9 и выводится из аппарата через выходной патрубок 2. В радиальном зазоре δ между ротором 7 и статором 5, осевом зазоре между торцом ротора и корпусом аппарата 1 возникают значительные сдвиговые напряжения, вызывающие диссипацию энергии и приводящие к нагреву потока жидкости, что позволяет снизить энергозатраты на нагрев теплоносителя.

Процессы, происходящие при кавитации в жидкости, в научной литературе описаны подробно, однако практическое применение полученных зависимостей осложнено рядом эмпирических коэффициентов, которые можно получить из эксперимента. С другой стороны, потери мощности в роторных аппаратах описаны довольно подробно [1], что позволяет получить из уравнения энергетического баланса величину тепловыделений при заданных конструктивных характеристиках. Расчет потребляемой мощности основан на общих физических представлениях о закономерностях гидромеханических процессов, имеющих место в роторных аппаратах.

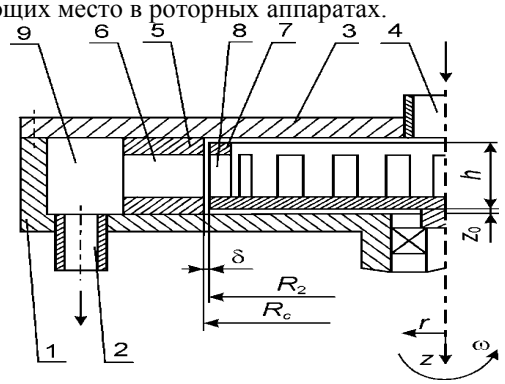


Рис. 1. Конструктивная схема роторного аппарата: 1 – корпус; 2 – выходной патрубок; 3 – крышка; 4 – входной патрубок; 5 – статор; 6 – каналы в статоре; 7 – ротор; 8 – каналы в роторе; 9 – камера озвучивания

Существуют математические модели, описывающие течение несжимаемой среды в каналах роторного аппарата. Закономерности течения среды в каналах ротора и статора различны и должны описываться разными дифференциальными уравнениями движения. Поэтому при построении модели течения среды в каналах ротора и статора используется зонный подход [2], который заключается в том, что рассматриваемые объекты разбиваются на зоны вдоль гидравлического тракта.

Основное положение – кинетическая энергия, приобретаемая потоком жидкости во вращающемся роторе, тратится на нагрев жидкости при кавитации, диссипируется в радиальном зазоре между ротором и статором, в осевом зазоре между торцом ротора и корпусом, теряется в механизме аппарата. Акустическая мощность, затрачиваемая в камере озвучивания, практически полностью трансформируется в тепловую энергию.

Величину тепловыделений, обусловленных кавитацией, определим из потерь энергий в аппарате выраженных через коэффициенты местного сопротивления – гидравлического и кавитационного [2].

Коэффициент местного сопротивления, обусловленный кавитацией – находится по эмпирическому выражению:

$$\xi_k = 12.8 \cdot K_{c\max} \cdot (3.9 - 96 \cdot \delta_a)^{1.82},$$

где K_{cmax} – критерий Стайлса при заданном режиме; δ_a – относительный радиальный зазор.

Гидравлический коэффициент местного сопротивления при произвольном положении ротора равен:

$$\xi_2 = (1 + 0.707 \cdot \sqrt{1 - \frac{F_2}{F_0}} - \frac{F_2}{F_0})^2 \cdot (\frac{F_0}{F_2})^2,$$

где F_0, F_2 – площадь проходного сечения канала ротора и при произвольном положении ротора.

Среднее значение гидравлического сопротивления за цикл открытия/закрытия каналов ротора и статора получим, проинтегрировав предыдущее уравнение по площади:

$$\xi_{ср} = \frac{\int_{F_1}^{F_0} \xi_2 dF_2}{F_0 - F_1},$$

где F_1 – площадь проходного сечения при перекрытых каналах ротора.

В таком случае, установившийся расход воды будет равен:

$$Q = z \cdot F_0 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{dP}{\zeta \cdot \rho}},$$

где dP – перепад давления в аппарате; F_0 – площадь проходного сечения канала ротора; ρ – плотность; $\zeta = \zeta_k + \zeta_{ср}$ – суммарный коэффициент местного сопротивления; z – количество каналов.

Тепловая мощность аппарата за счет кавитации согласно уравнению сохранения энергии равна:

$$N_{теп} = Q \cdot dP,$$

Данная потеря мощности достигает 90 % от суммарной, т. е. является определяющей.

Следующие два вида потерь мощности схожи, т. к. возникают вследствие высоких напряжений при большом градиенте скорости. Это потери на трение в радиальном и осевом зазорах [1]:

$$N_{t1} = M \cdot \omega \text{ и}$$

$$N_{t2} = 0.308 \cdot \pi \cdot \omega^{2.5} \cdot \nu^{0.5} \cdot \rho \cdot (R_2^4 - R_3^4),$$

где M – момент сил сопротивления; ω – частота вращения ротора; ν – вязкость; R_2 / R_3 – радиус ротора/конструктивный радиус.

Механический КПД аппарата принимается равным 5–10 % от двух предыдущих составляющих:

$$N_м = 0.05 \cdot (N_{t1} + N_{t2}).$$

Таким образом, имеем суммарные потери мощности при кавитации жидкости в аппарате, сопровождающиеся тепловыделениями:

$$N_{сум} = N_{теп} + N_{акуст} + N_{t1} + N_{t2} + N_м.$$

Результаты расчета показали, что при ширине и длине каналов ротора $a = 5\,мм$, $l_p = 2\,мм$, радиальном зазоре между статором и ротором $\delta = 0,5\,мм$ и радиусе ротора $R = 10\,мм$ тепловая мощность аппарата N_{sum} составляет 3,179кВт, что примерно соответствует тепловой мощности катационных тепловых насосов.

В зависимости от конструктивных параметров роторного аппарата получены значения выделения тепла при кавитации теплоносителя в каналах ротора и зазоре между статором и ротором (рис. 2–4).

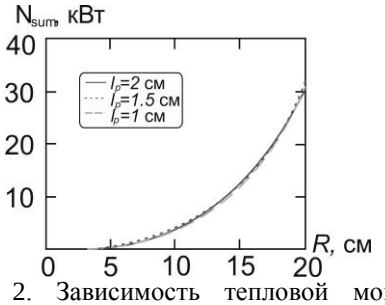


Рис. 2. Зависимость тепловой мощности аппарата от радиуса ротора (a = 5 мм, δ = 0.1 мм)

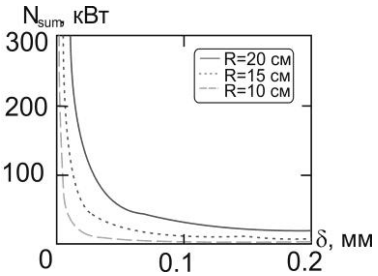


Рис. 3. Зависимость тепловой мощности аппарата от радиального зазора между статором и ротором при различных значениях радиуса ротора (a = 5 мм, l_p = 1 см)

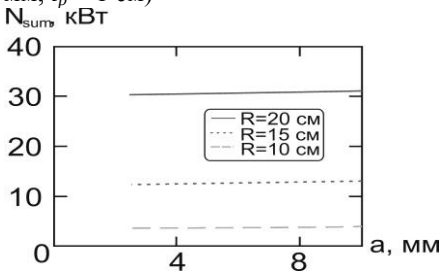


Рис. 4. Зависимость тепловой мощности аппарата от ширины канала ротора при различных значениях радиуса ротора (l_p = 1 см, δ = 0.1 мм)

Анализ полученных результатов расчета показал, что основное влияние на тепловыдление в процессе кавитации теплоносителя в канале ротора оказывает радиус R_2 и длина канала ротора l_p, а также радиальный зазор между ротором и статором δ. Влияние ширины канала ротора a оказалось не существенным на процессы тепловыдения в канале ротора и радиальном зазоре.

Список используемой литературы:

1. Основы теории и расчета деталей роторного аппарата: учебное пособие / В.М. Червяков, Ю.В. Воробьев. – Тамбов: Изд-во Тамбовского государственного ун-та, 2008. –30-5 с.
2. Руденко М.Г. Энергетический баланс кавитационных устройств // Вестник ИрГТУ. – 2006 – №3 (27). – С. 81–84.
3. Рамамурти А.С., Бхаскаран П. Степенная зависимость кавитационной эрозии и шума от скорости потока // Теоретические основы инженерных расчетов. – 1979. – Т. 101, – № 1. – С. 188–195.

СРАВНЕНИЕ ВЫРАБОТКИ ХОЛОДА В СХЕМАХ ТЭС И АЭС

Ромашова О.Ю., Смоляров А.С.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
E-mail: dieseloknv@gmail.com

Комбинированное производство тепловой, электрической и холодильной энергии (тригенерация) представляет на сегодняшний день одну из наиболее современных технологических решений в плане повышения энергетической эффективности и решения экологических проблем[1]. Актуальным представляется использование турбоустановок ТЭС и АЭС в схемах тригенерации. Рассматривается система выработки холода с использованием абсорбционной установки, питаемой из теплофикационных отборов.

В качестве исходных данных приняты следующие условия работы: холодопроизводительность $Q_0 = 22,22\ МВт$; температура рассола на входе в испаритель $t_{н1} = -20\ ^0C$; температура рассола на выходе из испарителя $t_{н2} = -30\ ^0C$; температура охлаждающей воды на входе в аппараты $t_{в2} = 20\ ^0C$; температура охлаждающей воды на выходе из аппаратов $t_{в1} = 25\ ^0C$; температурные напоры: в испарителе $\Delta t_и = 3\ ^0C$; в конденсаторе $\Delta t_к = 5\ ^0C$; в абсорбере $\Delta t_а = 5\ ^0C$; в генераторе $\Delta t_г = 5\ ^0C$; в охладителе $\Delta t_{ПО} = 10\ ^0C$; в теплообменнике $\Delta t_{ТО} = 10\ ^0C$; в дефлегматоре $\Delta t_Д = 15\ ^0C$; рабочий агент – аммиак, абсорбент – вода.

Результаты расчета абсорбционной установки сведены в табл.1. На рис. 2. показаны графические зависимости изменения холодильного коэффициента и удельного расхода тепла от температуры греющего пара.

Таблица 1. «Результаты расчета зависимости эффективности абсорбционной установки от температуры греющего пара».

$t_п, ^0C$	Тепловая нагрузка генератора $Q_г, кВт$	Удельный расход тепла $Э$	Холодильный коэффициент ε
110	91603,1	4,122	0,243
130	47070,4	2,118	0,472
160	42338,5	1,905	0,525

Из рис. 2 видно, что при увеличении температуры греющего пара увеличивается холодильный коэффициент, что говорит об увеличении эффективности абсорбционной холодильной установки при равной холодопроизводительности.

Полагая, что греющий пар забирается из отборов турбины АЭС или ТЭС, определим зависимость недовыработки мощности турбины от температуры греющего пара. Проанализируем данную зависимость, используя параметры турбоустановки К-1000–60/150 ХТЗ[3], применяемую в схемах АЭС с реактором ВВЭР – 1000 и К-1200-240[3], установленную на ТЭС.

Покажем алгоритм расчета на примере отбора турбины К-1000–60/150 ХТЗ.

Определим недовыработку мощности при температуре греющего пара равного $t_п$=110^{0}С, что соответствует P_s=0,1434 МПа.

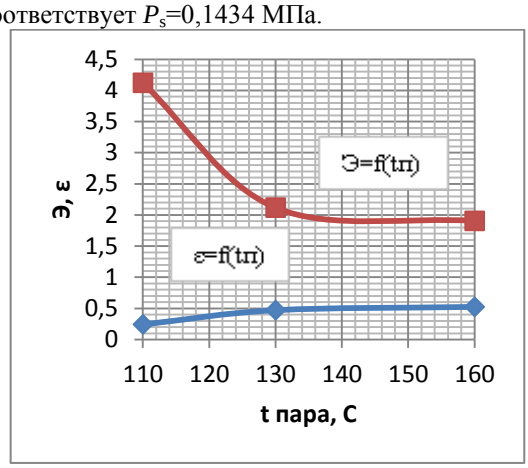


Рис. 1. «График зависимости изменения холодильного коэффициента и удельного расхода тепла от температуры греющего пара».

Рассчитаем расход пара, идущего из отбора турбины:

$$Q_{отб} = D_{отб} \cdot (h_{отб} - h_k^{'}),$$

где $Q_{отб} = Q_г = 91603,1\ кВт$ – тепловая нагрузка отбора; $h_{отб} = 2666,86\ кДж/кг$ – энтальпия пара в отборе при давлении P_s; $h_k^{'} = 121,4\ кДж/кг$ – энтальпия воды для восполнения расхода пара, идущего на абсорбционную установку

$$D_{отб} = \frac{Q_{отб}}{h_{отб} - h_k^{'}} = \frac{91603,1}{2666,86 - 121,4} = 35,99\ кг/с$$

По выше приведенному алгоритму рассчитаем недовыработку для остальных температур греющего пара. Результаты расчета сведем в табл. 2. По результатам расчета строятся зависимости изменения расхода пара на абсорбционную установку, изменения теплоперепада в отборах турбин и недовыработки мощности от температуры греющего пара.

Таблица 2. «Результаты расчетов недовыработки мощности и расхода пара в отборе при различных температурах греющего пара на генератор абсорбционной установки».

t_n, ^0C	$P_{отб}$, *МПа*	$h_{отб}$, *кДж / кг*	ΔH, *кДж / кг*	$D_{отб}$, *кг / с*
110	0,1434	2790,7	491,8	34,19
		2666,9	359,9	35,99
130	0,2703	2897,8	598,9	16,90
		2759,9	452,9	17,84
160	0,6181	3078,3	779,4	14,27
		2897,7	590,7	15,25

$\delta\Delta B$, *г / ч*	$Q_{отб}$, *МВт*	ΔN, *МВт*	$\delta\Delta H$, *%*	$\delta D_{отб}$, *%*	$\delta\Delta N$, *%*
0	91,6	16,31	0,00	0,00	0,00
0		12,56	0,00	0,00	0,00
-13450	47,1	9,82	21,78	-50,57	-39,81
-0,007		7,83	25,84	-50,43	-37,68
-11448	42,3	10,79	58,48	-58,26	-33,86
-0,006		8,74	64,16	-57,63	-30,44

Примечание к таблице 2:

1.Первые строки при различных температура пара показывают параметры при подключении абсорбционной установки к отборам К-1200-240, установленную на ТЭС, а вторые строки показывают параметры при подключении к отборам К-1000–60/150, установленную на АЭС;

2.Значения в колонках 9,10,11 рассчитаны относительно $t_п$=110^{0}С.

Из выше приведенных расчетов установлено:

- При увеличении температуры греющего пара увеличивается холодильный коэффициент, который можно считать главным показателем эффективности абсорбционной холодильной установки;
- При увеличении температуры греющего пара уменьшается расход пара, идущего в генератор абсорбционной холодильной установки;
- В схемах тригенерации с теплофикационными турбинами выбор температуры греющего пара абсорбционной установки является оптимизационной задачей и определяет номер отбора для питания генератора.
- При изменении температуры насыщения греющего пара от 110 С до 160 С при заданной холодопроизводительности $Q_0 = 22,22\ МВт$ недовыработка мощности турбиной К-1200-240 лежим в диапазоне от 9,82 МВт до 16,31 МВт, а для турбины К-1000–60/150 диапазон составляет 7,83 – 10,79 МВт. При этом в обоих случаях оптимальная температура насыщения греющего пара приблизительно равна 130 С, что соответствует параметрам 6 отбора у турбины К-1200-240.
- Выработка холода на АЭС более экономична, так как тратится меньшее количество условного топлива (на АЭС $b_{я.т.} = 0,18 \cdot 10^{-3}\ г/(кВт \cdot ч)$, на ТЭС $b_{у.т.} = 338,1\ г/(кВт \cdot ч)$)

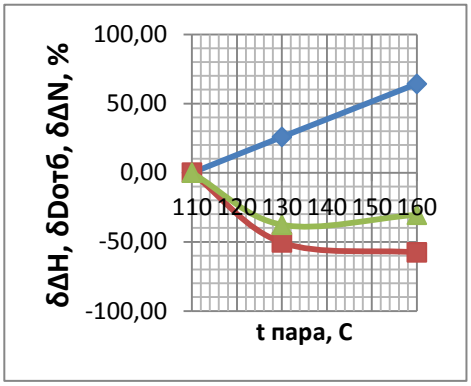


Рис. 2. «График зависимости изменения теплоперепада в отборах турбины, расхода пара на абсорбционную установку и изменение недовыработки мощности при подключении установки к отборам турбины К-1000–60/150».

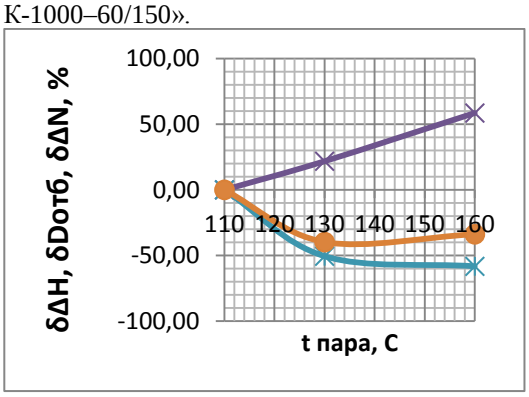


Рис. 3. «График зависимости изменения теплоперепада в отборах турбины, расхода пара на абсорбционную установку и изменение недовыработки мощности при подключении установки к отборам турбины К-1200-240».

Список литературы

1. Бочарников И.А., Лебедева Е.А. Применение систем когенерации для совместного производства тепловой и электрической энергии. Тепловые процессы в паровых турбинах //Сборник IV международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум».

2. Вукалович М.П., Новиков И.И. Техническая термодинамика. – М.: Энергия, 1968. – 496с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕМНОЙ КОНДЕНСАЦИИ ГАЗА В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Тыченгулова А.Ж.
Научный руководитель: Кузнецов Г.В., д.ф.-м.н., профессор.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: a.tychengulova@gmail.com

Введение

В связи с ростом энергопотребления и постоянным увеличением цен на энергоносители во всем мире, в особенности в высокоразвитых странах, таких как Япония, США, страны Западной Европы, для России становятся актуальными вопросы строительства заводов сжиженного природного газа (СПГ) и его экспорта в эти страны. В плане развития индустрии СПГ, Россия имеет много преимуществ, но дело осложняется тем, что в стране нет опыта производства и эксплуатации объектов СПГ, не хватает научной литературы в области криогенной техники [1].

Поэтому исследования процессов, происходящих при сжижении газов, являются актуальными, в частности остаются не изученными вопросы, связанные с объемной конденсацией газа и созданием объективной математической модели, отвечающей реальным условиям.

Цель работы – численное исследование объемной конденсации природного газа в процессе его сжижения при низких температурах.

Постановка задачи

Процесс конденсации можно разделить на две стадии. Начальный, очень короткий период, характеризуется ростом популяции микрозародышей и установлением стационарного распределения по размерам докритических зародышей. Второй, наиболее длительный период (десятки – сотни миллисекунд в камере Вильсона) связи с квазистационарным образованием закритических зародышей новой фазы, т.е. нуклеацией [2].

Детальное описание кинетики объемной конденсации в различных устройствах с учетом сопутствующего тепловыделения традиционно предполагает численное решение системы уравнений кинетики конденсации и газодинамики в постановке, соответствующей решаемой задаче [3].

При гомогенной конденсации в неподвижной среде без учета коагуляции капель уравнение для функции распределения капель по размерам имеет следующий вид [3]:

$$\frac{\partial f}{\partial t}+\frac{\partial(\dot{r}f)}{\partial x}=\frac{I}{\rho_\Sigma}\delta(r-r_{cr}) \quad (1)$$

Здесь f – массовая функция распределения капель по размерам, нормированная на число капель в единице массы парогазокапельной смеси; r – радиус капли; $\dot{r}$ - скорость роста капель; I – скорость нуклеации; ρ_Σ - плотность парогазокапельной смеси; δ – функция Дирака; r_{cr} – критический радиус капель.

Наиболее важными при исследовании объемной конденсации являются такие характеристики процесса, как числовая плотность образующихся капель, их средний размер, весовая или объемная доля жидкой фазы, удельная поверхность. Указанные величины можно найти через моменты функции распределения Ω_n [4]:

$$\Omega_n=\int_{r_{кр}}^{\infty} r^n f dr \quad (2)$$

Этапами конденсационного процесса для уравнения (1) служат рост капель и нуклеация. Соответствующие уравнения записываются следующим образом:

$$\frac{\partial f}{\partial t}+\frac{\partial(\dot{x}f)}{\partial x}=0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial f}{\partial t}=\frac{I}{\rho_\Sigma}\delta(x-x_{cr}) \quad (4)$$

Физика процесса корректным представляет следующий порядок этапов: сначала нуклеацию (уравнение (4)), а затем рост капель (уравнение (3)). Аналогично численному решению уравнения Больцмана, решение уравнения (4) служит начальным условием для уравнения (3), и наоборот, на следующем шаге по времени.

Метод решения и исходные данные

Аппроксимация дельта-функции из уравнения нуклеации (4) осуществляется интегрированием по радиусу капель. При дискретных значениях радиуса этот интеграл заменяется суммой по узлам сетки и по радиусу капель:

$$\sum_i \frac{\partial f_i}{\partial t}\Delta r_i=\frac{I}{\rho_\Sigma} \quad (5)$$

При $r \neq r_{cr}$ правая часть уравнения (4) равна нулю, вследствие чего на этапе нуклеации меняется только значение функции распределения, которое соответствует критическому радиусу. Поэтому ненулевым будем только первое слагаемое в левой части (5) и разностная схема приобретает следующий вид:

$$\frac{f_1^{j+1}-f_1^j}{\Delta t}\Delta r_1=\frac{I}{\rho_\Sigma} \quad (6)$$

где функция распределения f_1 соответствует критическому радиусу, $\Delta r = r_2 - r_1$, j- номер шага по времени.

Постоянство нулевого момента функции распределения обеспечивается отсутствием образования новых капель, вследствие чего разностная схема для уравнения (3) представлена следующим образом [2]:

$$\frac{\partial}{\partial t}\sum_i f_i\Delta r_i=0 \quad (7)$$

Порядок дифференцирования и интегрирования может быть изменен, учитывая

независимость времени и радиуса капли. Соотношение (7) теперь будет записано в виде [2]:

$$\sum_{i=1}^{N} f_i^{j+1}\Delta r_i = \sum_{i=1}^{N} f_i^{j}\Delta r_i \qquad (8)$$

Для решения уравнения роста капель (3) используется явная разностная схема, имеющая первый порядок точности по времени и координате:

$$\frac{f_1^{j+1}-f_1^{j}}{\Delta t} + \frac{\dot r_i^{j} f_i^{j} - \dot r_{i-1}^{j} f_{i-1}^{j}}{r_i - r_{i-1}} \qquad (9)$$

Здесь i – номер узла сетки по радиусу капель, j – номер шага по времени.

Математическая постановка задачи

Математическая модель включает систему дифференциальных уравнений вида [4]:

$$\rho\tilde n\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial T}{\partial r}\right) + \frac{\partial^2 T}{\partial t^2}, \frac{0<r<L}{0<z<H} \qquad (10)$$

Начальные и граничные условия:

$$\begin{aligned}
&t=0: T=T_0, 0\le r\le L, 0\le z\le H;\\
&r=0: \frac{\partial T}{\partial x}=0, t>0;\\
&r=L: \frac{\partial T}{\partial \hat e}=0, t>0;\\
&z=0: -\lambda\frac{\partial T}{\partial z}=\kappa\left(T^e-T\right), t>0, \kappa>0;\\
&z=H: \lambda\frac{\partial T}{\partial z}=q-w_{kon}\cdot Q_{kon}, t>0;
\end{aligned} \qquad (11)$$

$$w_{kon} = \frac{A\left(p^i - p^s\right)}{\sqrt{\frac{2\pi RT}{\mu_v}}} \qquad (12)$$

$$p^i = p_0 e^{\left(-\frac{Q_{kon}}{RT}\right)} \qquad (13)$$

Кинетическое уравнение функции распределения капель по размерам

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial(\dot x f)}{\partial x} = \frac{I}{\rho_\Sigma}\delta\left(x-x_{cr}\right)\\
&x = x_{\max}: f = 0\\
&\dot x = \frac{A\left(p^i-p^s\right)}{\rho_l\sqrt{\frac{2\pi RT}{\mu_v}}}\left(1+\frac{A}{D}\sqrt{\frac{RT}{2\pi\mu_v}}\frac{x^2}{x+\lambda}\right)
\end{aligned} \qquad (14)$$

где A – коэффициент конденсации, ρ_l - плотность жидкости, D – коэффициент диффузии.

Процесс конденсации исследовался для смеси цезий-аргон, которая позволяет протестировать разработанную модель, поскольку для свободномолекулярного режима существует решение кинетического уравнения (1) моментным методом [3].

Расчеты проведены при следующих исходных данных: давление смеси 0,017 МПа, начальная температура 560 К, начальное соотношение числа молекул пара и газа 0,138. Степень пересыщения при t=0 равна 9,956.

Результаты численного исследования

На рис.1 представлена динамика формирования функции распределения капель по размерам. Результаты, представленные в данном разделе, полученные с использованием прямого численного решения совпадают с ранее полученными результатами при использовании моментного метода [2].

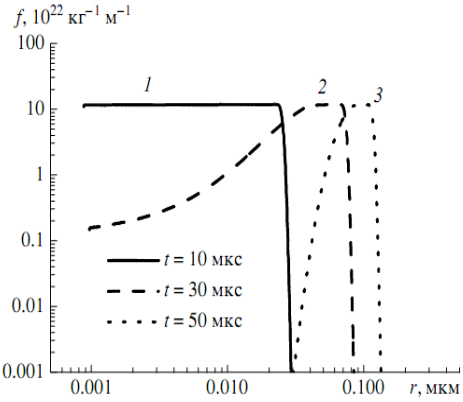


Рис.1. Функция распределения капель по размерам для смеси аргона и цезия

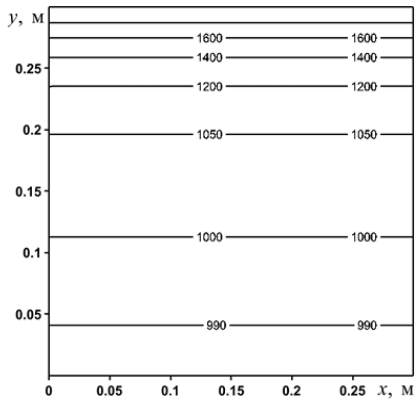


Рис.2. Распределение температуры в емкости при t=120 с

Заключение

Сформулированная в настоящей работе математическая модель процесса объемной конденсации дополнена уравнением для определения температуры капель, что делает более строгим математическое описание задачи и позволяет узнать зависимость моментов функции распределения также и от температуры, чему и посвящаются дальнейшие исследования.

Литература:

1. Бармин И.В. СПГ вчера, сегодня, завтра. М.: МГТУ, 2009.
2. Корценштейн Н. М., Самуйлов Е. В., Ястребов А. К.. Моделирование процесса объемной конденсации пересыщенного пара методом прямого численного решения кинетического уравнения // Известия Российской академии наук. Энергетика, 2010, №5. С. 86-96
3. Зайчик Л.И., Алипченков В.М., Аветисян А.Р. Влияние флуктуаций температуры на скорость нуклеации при гомогенной конденсации. Теплофизика высоких температур, 2009, т.47, №1. С.144-148.
4. Кузнецов Г.В., Шеремет М.А. Разностные методы решения задач теплопроводности: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. С.172

ТЕРМОСИФОННЫЙ ТЕПЛООБМЕННЫЙ АППАРАТ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА В НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ И НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Фиотович Ю.А.
Научный руководитель: Ризванов Р.Г., д.т.н., профессор
Уфимский государственный нефтяной технический университет, 450062, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов 1
E-mail: fiotovich@ovi.com

Любое нефтеперерабатывающее и нефтехимическое производство является мощным источником загрязнения окружающей среды. Наряду с выбросами в атмосферу химических соединений и смесей, сливом в водную среду производственных отходов и сточных вод, попаданием в нее нефтяных продуктов, засорением почвы твердыми отходами, повышением уровня ионизирующей радиации, шума, вибрации, тепловые выбросы в атмосферу и водный бассейн вносят существенный вклад в загрязнение территорий, прилегающих к нефтехимическим предприятиям [1].

В настоящее время происходит недостаточное использование вторичных энергоресурсов на технологических установках нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий, что в свою очередь ведет к полной потери низкопотенциального тепла, загрязнению окружающей среды и снижению тепловой эффективности установок [2].

Разработка и внедрение различного оборудования для утилизации теплоты вторичных энергетических и материальных ресурсов, способствует созданию малоотходных и безотходных производственных процессов. Применение утилизационных теплообменников позволяет сократить потребление невозобновляемых энергоресурсов и снизить объёмы выбросов вредных веществ в атмосферу, способствует охране окружающей среды от теплового и химического загрязнения [1].

Применяемая на сегодняшний день теплообменная аппаратура (кожухотрубчатые, пластинчатые теплообменники, АВО) основана на принципе конвективного теплообмена через разделяющую поверхность и является достаточно эффективной в случае большого перепада температур входа и выхода продукта.

При необходимости снятия низкопотенциального тепла (когда разность температур теплообменивающихся сред составляет лишь несколько десятков градусов и меньше), применение указанной теплообменной аппаратуры является нецелесообразным, в связи с необходимостью значительного увеличения поверхности теплообмена и соответственно металлоемкости аппарата [3].

Таким образом, можно выделить наиболее важные задачи в этой области: утилизация энергии выходящих с установок потоков, необходимость разработки и внедрения нового высокоэффективного теплообменного оборудования, снижение металлоемкости и повышение надежности аппаратуры, а так же ее ремонтопригодности [4].

Одним из перспективных теплообменных аппаратов, которые могут использоваться для утилизации низкопотенциального тепла, является теплообменник на базе закрытого двухфазного термосифона (ЗДТ). Конструктивно такой утилизатор выполнен из двух параллельных каналов для горячего и холодного теплоносителя (рисунок 1) [5]. Каналы разделены перегородкой, в которой плотно закреплены теплопередающие элементы в виде термосифонов.

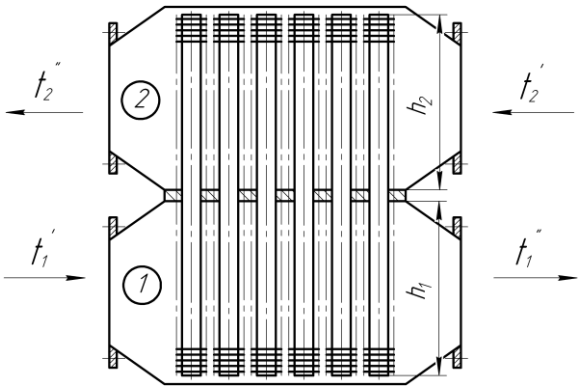


Рис. 1. Схема термосифонного теплообменника–утилизатора

Внутри термосифоны частично заполнены промежуточным теплоносителем, с помощью которого теплота в испарительно-конденсационном цикле передается от горячего потока к холодному. Лучшим теплоносителем по многим параметрам является вода. Она обеспечивает наибольший теплоперенос из всех известных теплоносителей, за исключением жидких металлов, общедоступна, пожаро- и взрывобезопасна.

Давление во внутренней полости термосифона подбирается таким образом, что бы обеспечить необходимые температуры испарения и конденсации теплоносителя [5].

Теплообменник на базе ЗДТ обладает хорошими теплотехническими и прочностными свойствами, малым гидравлическим сопротивлением по обеим средам, надежен при

эксплуатации, коэффициент теплопередачи на порядок выше, чем у более распространенных аппаратов, а так же отсутствует необходимость применения компенсаторов температурного расширения. Теплоотдача при кипении может способствовать высокому тепловому потоку при низкой разности температур между поверхностью и кипящей жидкостью.

Увеличения коэффициента теплопередачи, и соответственно уменьшения поверхности теплообмена, можно добиться применением оребрения термосифонных трубок с наружной и внутренней стороны, а так же применением пористого покрытия внутренней поверхности стенок термосифона со стороны кипения. Использование поверхностей с наноструктурным пористым покрытием позволяет увеличить коэффициент теплопередачи более чем на порядок.

Для подтверждения целесообразности применения аппаратуры на базе ЗДТ был проведен сравнительный теплотехнический расчет двух теплообменников: термосифонного и кожухотрубчатого.

Одной из основных задач при анализе и оценке конструкций теплообменных аппаратов считается определение их теплотехнической характеристики, тепловой эффективности.

Расчет кожухотрубчатого теплообменника производился по типовой методике путем подбора наиболее оптимального аппарата с помощью проверочного и уточненного расчетов [6].

Расчеты теплообменника на базе ЗДТ проводились по методу, разработанному Безродным М.К. [5].

При расчете термосифона обычно принимаются следующие допущения [3]: процесс парообразования происходит при поверхностном испарении конденсата; температура пара одинакова во всех зонах трубы; в зоне конденсации происходит процесс пленочной конденсации по Нуссельту; влияние парового потока на движение конденсата по стенке термосифона отсутствует; режим течения пленки конденсата ламинарный; термосифон располагается вертикально.

Как и при расчетах кожухотрубчатых теплообменников вначале определяется количество тепла, отдаваемое горячим потоком, и среднелогарифмическая разность температур. Затем определяются коэффициенты теплоотдачи, коэффициент теплопередачи и необходимая поверхность теплообмена.

При расчете термосифонного теплообменника определяют следующие коэффициенты теплоотдачи: от горячего потока к наружной поверхности термосифонных труб в испарительной части; от внутренней поверхности термосифонной трубки к промежуточному теплоносителю; от наружной поверхности термосифонных трубок к холодному теплоносителю и коэффициент теплоотдачи при конденсации промежуточного теплоносителя в термосифонных трубках

Проведенный расчет показал, что применение теплообменников на базе термосифонов является целесообразным. Необходимая поверхность теплообмена в кожухотрубчатом теплообменнике составила 77,8 $м^2$. Применение замкнутых двухфазных термосифонов позволяет уменьшить необходимую поверхность до 29 $м^2$, т.е. более чем на 62%.

Применение подобных теплообменных аппаратов целесообразно как на строящихся так и на действующих технологических установках, где теплообменное оборудование в виду своего морального и физического устарения требует замены.

Применение в нефтеперерабатывающей промышленности термосифонных теплообменных аппаратов позволяет утилизировать физическую теплоту отходящих технологических потоков, что выражается в значительном экономическом эффекте. Кроме того улучшается также и экологическая обстановка на заводах благодаря уменьшению тепловых выбросов в атмосферу.

Литература

1. Михаилов, В. В. Рационально использовать энергетические ресурсы [Текст] / В. В. Михаилов,– К.: Техника, 1985. – 383 с.

2. Пиоро, И. П. Эффективные теплообменники с двухфазными термосифонами [Текст] / И. П. Пиоро, В. А. Антоненко, П. С. Пиоро. – Киев: Наук.думка, 1991. – 248 с.

3. Амиров, Я. С. Безопасность жизнидеятельности: Книга 4. ч.1. Идентификация надежности и работоспособности теплообменной аппаратуры [Текст] / Я. С. Амиров, Т. А. Бакиев, Ф. Х. Хурматуллин, М. М. Бикбулатов, В. Н. Назаров. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 1998. – 410с.

4. Бакиев, Т. А. Разработка теплообменных агрегатов на базе термосифонов для производств нефтепереработки [Текст]: Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.04.09 / Бакиев Тагир Ахметович. – Уфа: УГНТУ, 2000. – С. 43.

5. Безродный, М. К. Двухфазные термосифоны в промышленной теплотехнике [Текст] / М. К. Безродный, С. С. Волков, В. Ф. Мокляк. – Киев: Вища школа, 1991. – 75 с.

6. Борисов, Г. С. Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст] / Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский. – М.: Химия, 1991. – 496 с.

КОМБИНИРОВАННОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ С ФРЕОНОВЫМИ ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРАМИ

Францева А.А.
Научный руководитель: Ноздренко Г.В., д.т.н., профессор
Новосибирский государственный технический университет,
630092, Россия, г. Новосибирск, пр. К.Маркса, 20. E-mail: cor_irbiss@mail.ru

Теплофикация в стране приобрела масштабность и большое социальное значение, поскольку надежно обеспечивает теплом практически всех средних и крупных энергопотребителей, занимает существенную долю в общей структуре энергогенерирующих мощностей и, заменяя многочисленные мелкие котельные, способствует улучшению экологической обстановки.

Перспективным направлением развития теплоснабжения является создание комбинированных систем на базе ТЭЦ с термотрансформатрами (рис. 1) [1].

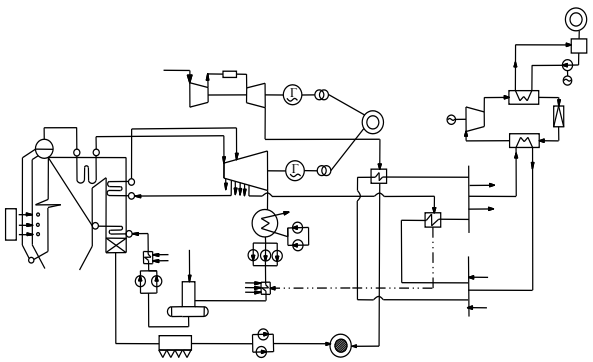


Рис. 1. Технологическая схема энергоблока ТЭЦ в системе комбинированного теплоснабжения с газосетевыми подогревателями и внутриквартальными фреоновыми термотрансформаторами.

По этой схеме в течение всего года сетевая вода параллельно подогревается до 70 °С в газосетевом подогревателе (ГСП) уходящими из газовой турбины газами и в традиционном сетевом подогревателе (СП) паром из теплофикационного отбора паровой турбины. К фреоновым термотрансформаторам (ТТ-технология) сетевая вода подводится из тепловых центров. При этом параметры термотрансформатора должны выбираться с учетом температурного графика, характерного для ТТ-технологии.

Качественное регулирование при теплоснабжении внутриквартальных зданий или микрорайонов осуществляется с использованием термотрансформаторов. Применение ТТ-технологии обуславливает переход ТЭЦ с нормативного температурного графика к графику с пониженными температурами прямой и обратной сетевой воды и уменьшением почти в два раза теплопотерь в магистральных теплопроводах. Низкие температуры сетевой воды в магистральных теплопроводах (МТ) позволяют использовать для них дешевые трубы из синтетических материалов не подверженные коррозии и с долговечностью до 50 лет. При этом принципиально исключается аварийные режимы со вскипанием сетевой воды. Капиталовложения по сравнению с традиционным вариантом уменьшаются. При наличии на ТЭЦ аккумулятора горячей воды турбина ТЭЦ могут работать по электрическому графику нагрузки [2, 3].

Такая технология комбинированного теплоснабжения может быть спроектирована и разработана на базе как оптимального энергооборудования, так и на базе традиционных теплофикационных паротурбинных энергоблоков путем их газотурбинной надстройки с газосетевым подогревателем, перевода в режим с постоянным давлением в теплофикационном отборе и количественным регулировании отпуска тепла сетевой установкой при качественном регулировании теплоснабжения внутриквартальными термотрансформаторами.

На рис. 2 показаны оптимальные и стандартные значения давления и температуры острого пара и температуры питательной воды.

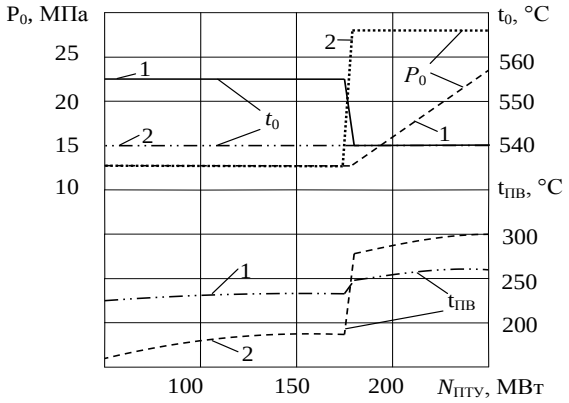


Рис. 2. Параметры острого пара (P_0, t_0) и температура питательной воды энергоблоков ТЭЦ-МТ-ТТ: 1-стандартные параметры; 2-оптимальные параметры.

Оптимальное давление острого пара сопоставимо с давлением, принятым для стандартных энергоблоков соответствующих типоразмеров, т.е. находится на уровне 13 МПа и увеличивается до 28 МПа с ростом мощности энергоблока. Из рис. 3 так же видно, что при разработке специальных (оптимальных) энергоблоков температура острого пара (начальная температура) для энергоблоков без

промперегрева, так и при введении промперегрева должна приниматься на уровне 540°С, температура питательной воды для блоков без промперегрева и докритических параметров принимается на уровне 160-200 °С, что ниже стандартных значений на 40-70 °С, а с введением промперегрева и переходом на закритические параметры принимается на уровне 280-300 °С, что выше традиционной температуры питательной воды на 40-60 °С. Для обеспечения такой температуры питательной воды требуется установка четырех ПВД (подогреватель высокого давления) вместо трех, а паровая турбина должна иметь еще один отбор высокого давления.

Технико-экономическая эффективность функционирования ТЭЦ-МТ-ФТТ (рис. 3) определяется по общему интегральному эффекту как разность между общим интегральным результатом от производственной деятельности объекта и общими интегральными затратами и рассматривается как интегральный социально-экономический эффект, учитывающий влияющие системные факторы:

$$\eta_Z = \frac{\sum\limits_{\tau} Ц_N N + \sum\limits_{\tau} Ц_E E_6}{\sum\limits_{\tau} \lambda_4 N + \sum\limits_{\lambda} \lambda_6 E_6} \qquad (1)$$

где $Ц_N; Ц_E$ – получаемая плата за электроэксергию и теплоэксергию в данном τ-м году, руб./(кВт·ч);

$N; E_T$ - отпущенные в τ-м году потребителю электроэксергия и теплоэксергия, кВт·ч/г.

Очевидно, что критерий эффективности (по сути отражающий интегральный эффект) должен быть больше единицы, и чем он выше, тем эффективнее рассматриваемый вариант.

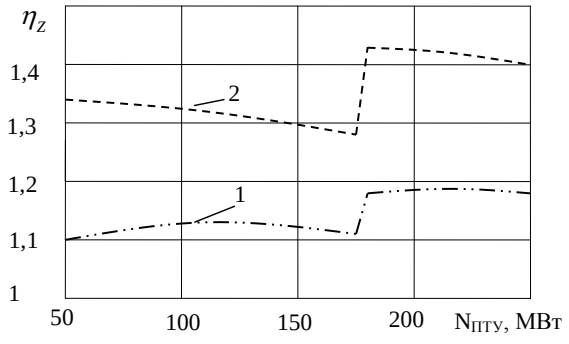


Рис. 3. Функция цели η_Z: 1-при стандартных параметрах; 2-при оптимальных параметрах.

Энергоблоки со всеми вариантами теплофикационных турбин можно считать рентабельными, так как критерий эффективности больше единицы. Оптимальная эффективность комбинированной системы теплоснабжения, увеличивается по сравнению со стандартной ТЭЦ в среднем на 7%.

На рис. 4 приведены удельные капиталовложения на кВт мощности фреонового термотрансформатора.

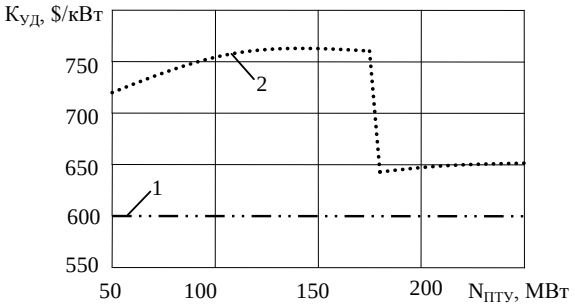


Рис. 4. Удельные капвложения $К_{уд}$, $/кВт, 1-при стандартных парметрах; 2-при оптимальных параметра

Оптимальные значения для энергоблоков без промперегрева на 200-260 $/кВт выше по сравнению со стандартными, с введением промперегрева удельные капиталовложения снижаются до 650 $/кВт мощности фреонового термотрансформатора, что выше стандартных на 150 $/кВт. Более высокая стоимость при оптимальных параметрах объясняется большей суммарной поверхностью фреоновых термотрансформаторов.

В качестве компрессора на фреоне R-134A потребуются компрессоры нового поколения по типу 6FE Bitzer, 19XR Carrier с мощностью электропривода 500…2500 кВт, двухсекционными конденсаторами и охладителями перегретого фреонового пара. Разработка новых фреоновых компрессоров обусловлена тем, что работа КВТН должна быть согласована как с температурным графиком ТЭЦ, работающей в системе комбинированного энергоснабжения, так и с температурным графиком внутриквартальной сетевой воды.

Список литературы:

1. Пат. № 110459 РФ, МПК F24D 3/08. Система централизованного теплоснабжения / Ноздренко Г. В., Щинников П. А., Францева А. А. - Опубл. 20.11.2011. - Бюл. № 32.

2. . Щинников П.А., Ноздренко Г.В., Томилов В.Г., Овчинников Ю.В., Ловцов А.А., Коваленко П.Ю., Зыкова Н.Г., Вихман О.А., Бородихин И.В. Комплексные исследования ТЭС с новыми технологиями. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. 528 с.

3. Андрющенко А. И. Комбинированные системы энергоснабжения // Теплоэнергетика. 1997. № 5. С. 2-6.

4. Бадылькес И.С. Обобщенный метод расчета термодинамических свойств холодильных агентов. –ГТИ, 1963.-211 с.

ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ СТЕН ЗДАНИЙ ИЗ ДЛИННОМЕРНЫХ СОСТАВНЫХ АНИЗОТРОПНЫХ ТЕЛ С ПОПЕРЕЧНЫМИ НЕСКВОЗНЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ

Цветков Д.Н.
Научный руководитель: Козлобродов А.Н., д.ф.-м.н., профессор
Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, Соляная пл., 2
E-mail: kaf_tgs@tsuab.ru

Малоэтажному строительству в настоящее время уделяется большое внимание в России, в странах Дальнего и Ближнего зарубежья. Доля такого строительства в России уже к 2015 году возрастет до 60% от площади сдаваемого жилья.

Россия – крупнейшая лесная держава. На территории России 20 % мировых лесных ресурсов, в том числе почти половина запасов наиболее ценной древесины хвойных пород [1-2].

В настоящее время в России строится около 6 млн. кв. м деревянных жилых домов в год. Ожидается, что к 2020 г. в нашей стране этот уровень достигнет 24 млн. кв. м в год [3].

Поэтому исследования, связанные с разработкой энергосберегающих ограждающих конструкций из утепленных деревянных сортиментов, становятся необходимыми для значительного повышения энергоэффективности и ресурсосбережения при малоэтажном строительстве.

В развитие исследований [1-2,4] нами разрабатывается конструкция деревянной стены из клееного профилированного бруса (Рис. 1). Между внутренней ламелью (левая часть рисунка), выполненной, например, из кедра, и внешней ламелью (правая часть рисунка), выполненной, например, из лиственницы, расположен эффективный утеплитель (пеноплэкс). Ламели каждого бруса связаны коннекторами.

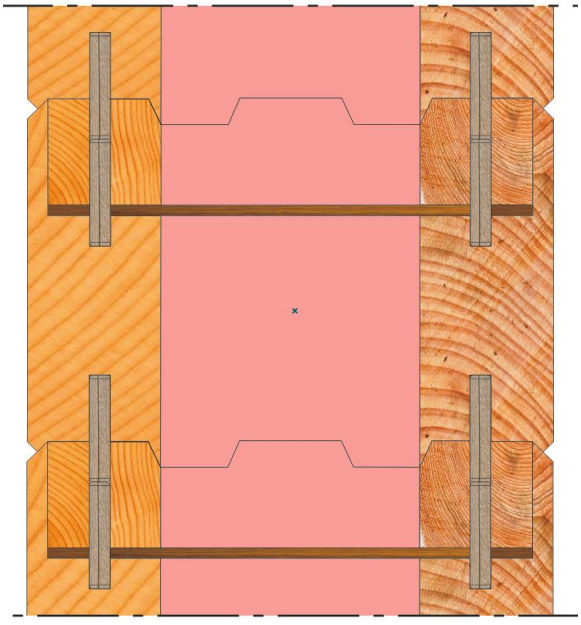


Рис. 1. Фрагмент вертикального разреза стены из утепленного бруса с коннекторами

Коннекторы закреплены в ламелях посредством деревянных шкантов.

Влиянием на тепловой режим стены деревянных шкантов, выполненных из той же породы древесины что и ламели, пренебрегаем. Расчетный фрагмент стены, в этом случае, показан на рис. 2. Размеры ламелей из сосны 1 и 4: толщина 0,04 м; высота 0,11 м; длина 0,44 м. Толщина утеплителя 2 равна 0,13 м. Размеры коннектора 3 из фанеры: сечение 0,00325×0,02 м; длина 0,19 м. Коннектор расположен симметрично и заглублен в ламели на 0,03 м.

Теплопроводность фанеры (ГОСТ 39-16) для условий эксплуатации наружного ограждения А принята равной 0,18 Вт/(м·К), теплопроводность ламелей из сосны поперек волокон – 0,14 и вдоль волокон – 0,29 Вт/(м·К), теплопроводность утеплителя принята 0,04 Вт/(м·К). Температура наружного воздуха со стороны плоскости I – минус 40 °С, внутреннего воздуха (со стороны плоскости II) – плюс 20 °С. На плоскости I задан коэффициент теплоотдачи 23 Вт/(м^2·К), на плоскости II – 8,7 Вт/(м^2·К).

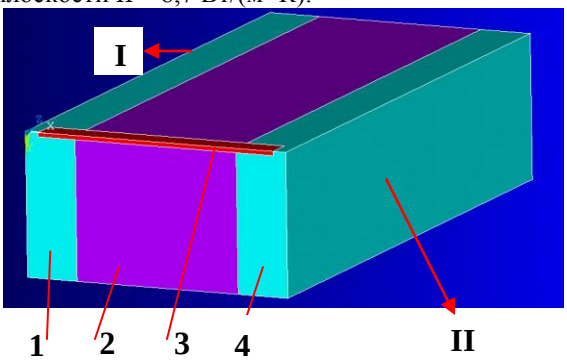


Рис.2. Расчетный фрагмент стены

Рассматривается пространственный тепловой режим в стационарных условиях теплопередачи. Математическая постановка задачи включает 4 дифференциальных уравнения теплопроводности для тел 1-4 (Рис. 2). Для тел 1 и 4 учитывается анизотропия теплопроводности вдоль и поперек волокон. На плоскостях I и II заданы граничные условия 3-го рода. На остальных плоскостях, ограничивающих объем расчетного фрагмента заданы условия симметрии. На всех границах между телами 1-4 заданы граничные условия 4-го рода. Численное исследование тепловых режимов в выделенном фрагменте наружной стены выполнено методом конечных элементов в программе ANSYS с использованием неравномерной сетки (рис. 3).

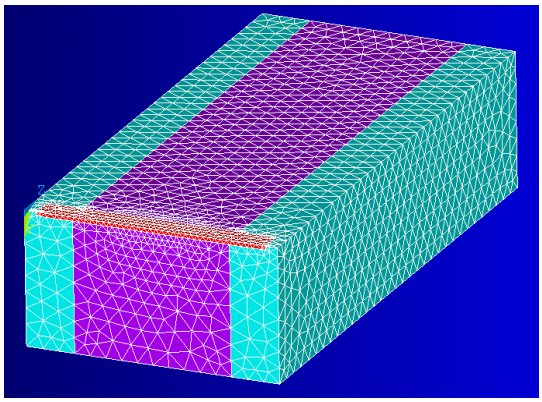


Рис. 3. Неравномерная сетка реализации метода конечных элементов

Результаты расчета температурных полей и тепловых потоков в расчетном фрагменте для заданных выше условий представлены на рис. 4-5.

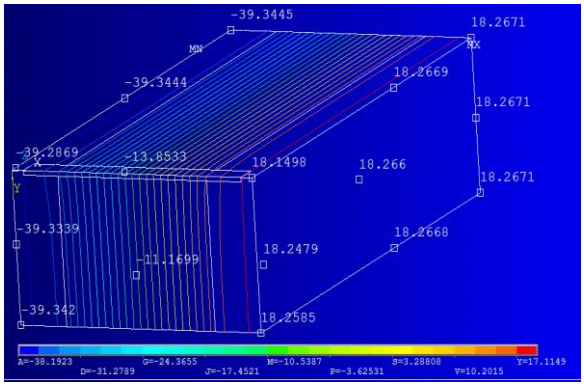


Рис. 4. Температурное поле в расчетном фрагменте с коннектором из фанеры

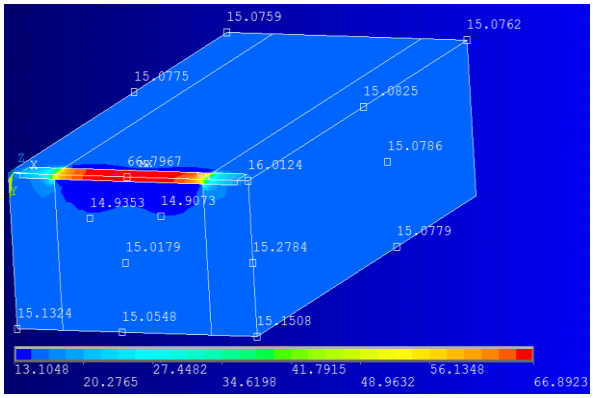


Рис. 5. Тепловые потоки в расчетном фрагменте с коннектором из фанеры

Анализ рис. 4-5 показывает, что коннектор из фанеры практически не возмущает температурное поле в расчетном фрагменте. Плотность теплового потока через стену составляет 15,08 Вт/м^2. В точке прохождения оси коннектора через внутреннюю поверхность стены плотность теплового потока составляет 16,01 Вт/м^2. Максимальная плотность теплового потока 66,8 Вт/м^2 наблюдается в центральном поперечном сечении коннектора.

На рис. 6-7 показаны температурное поле и поле плотностей тепловых потоков в таком же расчетном фрагменте с использованием коннектора из нержавеющей стали толщиной 0,7 мм (теплопроводность стали равна 30 Вт/(м·К)).

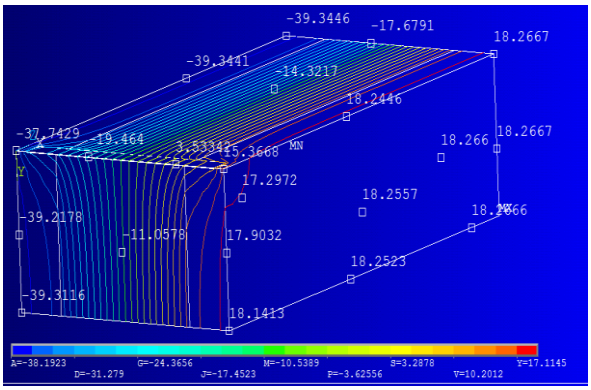


Рис. 6. Температурное поле в расчетном фрагменте с коннектором из стали

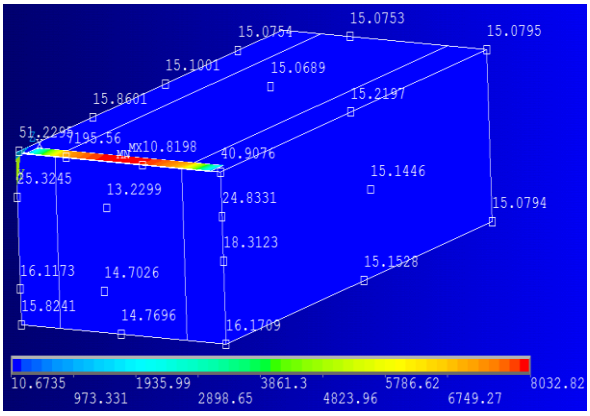


Рис. 7. Тепловые потоки в расчетном фрагменте с коннектором из стали

В этом случае заметно влияние коннектора на температурное поле. В точке прохождения оси коннектора через внутреннюю поверхность стены плотность теплового потока составляет 40,9 Вт/м^2. Максимальная плотность теплового потока в коннекторе составляет 195,6 Вт/м^2. Температура на внутренней стенке в месте заделки коннектора снижается на 1 °С.

Литература

1. Цветков, Д.Н. Теплотехническое обоснование наружных ограждений зданий из клееных деревянных энергоэффективных сортиментов // Вестник ТГАСУ. – 2012, № 2.- С. 81-90.

2. Цветков, Н.А. Пути повышения эксплуатационных свойств клееного профилированного бруса с утеплителем // Вестник ТГАСУ. – 2012, № 2.- С. 163-169.

3. Деревянное домостроение / под общ. ред. проф. А.Г. Черных.–СПб. :СПбГЛТА, 2008.–343 с.

4. Пат. на полезную модель 114982 РФ. Комбинированный клееный брус с поперечным креплением/ Н. А. Цветков, А. В. Колесникова, Н.А. Черкашина, Д.Н. Цветков, А.И. Липихин; ГОУВПО «ТГАСУ». – № 2011138775/03; заявл. 21.09.2011; опубл. 27.04.2012, Бюл. № 11.

УДК 621.311

ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЕЙ ДЛЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ТЭС

. Цибульский С.А.
Научный руководитель: Галашов Н.Н., доцент
Томский Политехнический Университет, 634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: s.tzibulsky@yandex.ru, gal@tpu.ru

Проведен анализ существующих способов газификации угля и использования их для работы теплоэнергетических установок ТЭС.

Россия занимает второе место в мире по запасам угля и пятое место по его добыче, но при этом доля угля в производстве электроэнергии составляет всего 25 %. В этом плане мы существенно отстали от таких стран как Китай, США, Индия и др., где генерация электроэнергии на угле составляет от 50 до 75 %. Главной причиной отставания является большое количество дешевого газа. Но газ не вечен, общепризнано, что доля твёрдых топлив составляет около 95 %, а на нефть и газ приходится порядка 5 % от общего объёма, поэтому в период до 2030 г. предполагается ввести 25–60 млн. кВт энергоблоков с единичной мощностью 660–900 МВт на угле. При этом важным моментом применения угля на ТЭС является его газификация. Газификация угля позволяет существенно сократить выбросы вредных веществ от ТЭС и применять уголь в наиболее перспективных по эффективности парогазовых установках (ПГУ).

Газификация угля – это производство горючего газа (синтез-газа) при термическом разложении угля. Впервые горючий газ из угля получил англичанин Мэрдок в 1792 г. при производстве «светильного масла». К 50-м годам XIX века практически во всех крупных и средних городах Европы и Северной Америки действовали газовые заводы для производства отопительного, бытового и светильного газа [1]. Начиная с 60-х годов XIX века, серьезную конкуренцию углю начинает оказывать нефть. В начале 1960-х годов разработка месторождений дешевой нефти на Ближнем Востоке и в Западной Сибири привела к резкому сокращению угольной промышленности в мире. Но уже в 1972 г. разразился первый «энергетический кризис». Мировые цены на нефть подскочили с 5 до 24 USD за баррель, и стало ясно, что уголь списывать рано, так как в большинстве развитых стран много угля и мало или совсем нет нефти. Этот кризис преподнес миру очень важный урок. Во-первых, все осознали, что запасы углеводородного топлива распределены крайне неравномерно и неудобно, и, во-вторых, эти запасы – конечны. Запасы же угля и других твердых горючих ископаемых (нефтяных сланцев, битумных песков, торфа и т.п.) распределены более равномерно, и сроки их исчерпания оценивается сотнями лет. В результате этого кризиса активизировались работы по энергосбережению и была инициирована разработка новых технологических процессов переработки угля, причем приоритетным было получение жидкого топлива, как прямым ожижением угля, так и косвенным, т.е. синтезом жидких углеводородов из синтез-газа. К 1980-му году были сооружены десятки демонстрационных установок для газификации, ожижения и термической переработки угля.

Но в середине 1980-х годов интерес к углепереработке пошел на убыль. Главными причинами этого стали:

- дешевые нефть и газ;
- программы энергосбережения;
- масштабные работы по разведке новых месторождений нефти и газа, которые показали, что запасы углеводородного сырья на самом деле значительно больше, чем предполагалось;
- а также, ни одна из разрабатываемых технологий процесса получения жидкого топлива из угля не позволила повысить рентабельность в такой степени, чтобы «синтетическая нефть» могла конкурировать с природной.

В итоге интерес к переработке угля уменьшился. Большинство программ было свернуто, а оставшиеся - сильно урезаны. От коммерческого использования технологий прямого и непрямого ожижения угля отказались в конце 1980-х гг., но интерес к газификации угля хотя и уменьшился, но не прекратился. При этом вопрос газификации сместился из плоскости получения жидких углеводородов в сторону получения синтез-газа и сжигания его для получения электроэнергии и теплоты.

В 90-е годы XX века развитие получила внутрицикловая газификация для производства электроэнергии. Первая коммерческая электростанция с внутрицикловой газификацией – Cool Water (США, шт. Калифорния) мощностью 100 МВт (60 т/ч по углю) была построена в 1983 г. Использовался газогенератор «Техасо» с подачей топлива в виде водо-угольной суспензии.

Повышенный интерес к внутрицикловой газификации угля объясняется двумя причинами. Во-первых, ТЭС с внутрицикловой газификацией экологически более чистая, т.к. благодаря предварительной очистке газа сокращаются выбросы оксидов серы, азота и

твердых частиц. Во-вторых, использование бинарного цикла позволяет увеличить КПД электростанции с 35 до 45–52 % и уменьшить выбросы оксидов азота и серы в 5–10 раз.

В настоящее время разработано много различных технологий газификации угля и других твердых отходов в синтез-газ и метан [2].

К наиболее используемым относятся процессы газификации угля первого поколения (установки низкого давления – 0,1–0,13 МПа для коммунальной и промышленной теплоэнергетики): Лурги (в неподвижном слое), Винклера (в псевдоожиженном слое) и Копперс-Тотцека (в спутном потоке), процесс Техасо (газификация водо-угольных суспензий). Идет постоянное совершенствование технологий газификаций с целью повышения энергетического КПД и производительности газификаторов.

Ежегодный прирост мощности газификационных установок с 2000 г. превышает 14 % и обеспечивается в основном за счет пуска установок третьего поколения (мощные кислородные газификаторы среднего давления (2–3 МПа) двойного назначения для промышленной энергетики, а также малые газификаторы распределенной энергетики XXI века от 400 до 1000 кВт).

Современные промышленные технологии газификации угля на ТЭС

Развитие современных технологий газификации направлено на повышение коэффициента готовности оборудования, удешевление получения кислорода для дутья, переход на обогащенное паровоздушное дутье, повышение единичной мощности (сверх 1 ГВт), отработку многоступенчатых газификаторов.

В настоящее время рассматриваются четыре варианта перспективных газификаторов:

I. Проточный газификатор обеспечивает КПД газификации до 85 %. Компании Siemens, Shell, Conoco-Philips и Uhde в настоящее время занимаются модернизацией конструкции реакторов и повышением надежности данных типов газификаторов. Компания MHI разработала и установила на GUE газификатор на воздушном дутье мощностью 700 МВт. Использование воздушного дутья позволяет отказаться от применения дорогостоящей воздухоразделительной станции.

II. Газификатор плотного слоя обладает высокой надежностью с коэффициентом готовности 93 %. В данный момент компания BGL позволила увеличить единичную мощность установки до 200 МВт без потерь надежности и с существенным увеличением КПД конверсии. В настоящее время такие установки применяются в США и Монголии путем перевода устаревших установок Lurgi на технологию BGL с организацией жидкого шлакоудаления.

III. Значительный потенциал развития имеет технология газификации в кипящем слое, при этом единичная мощность аппаратов достигает уровня мощности проточных газификаторов. Гибридные технологии создаются на основе совмещения в разных вариантах поточных и слоевых газификаторов. Концепция газификатора INCI совмещает в одном корпусе поточную и слоевую газификацию с элементами фонтанирующего кипящего слоя. Реактор планируют выполнить на основе газификатора Lurgi.

IV. Наиболее надежно функционируют газификаторы, в которых организованы мембранное водоохлаждаемое ограждение реактора с гарниссажной футеровкой, подача топлива в жидком виде и водяное охлаждение. Наиболее перспективными на сегодняшний день являются многоступенчатые и гибридные установки с разделением стадий газификации и полного горения в одном аппарате, такие как газификаторы типа E-Gas, MHI, TRDU с активным химическим квенчингом [3].

КПД брутто ПГУ с внутрицикловой газификацией может достигать 52–53 % при условии использования малозольных каменных углей с низкой влажностью и высоким выходом летучих. При использовании гибридных установок газификации КПД можно повысить до 60 % при этом существенно возрастает надежность и готовность оборудования. Одним из главных недостатков применения газификации на ТЭС является увеличение стоимости строительства станции на 20–40 %.

Выводы

Имеется большой ряд технологий газификации угля, которые могут быть использованы на ТЭС.

Применение газификации угля позволит поднять КПД генерации электроэнергии до мирового уровня и существенно сократить выбросы вредных веществ от ТЭС.

Список литературы

1. Бекаев Л.С., Марченко О.В., Пинегин С.П. и др. Мировая энергетика и переход к устойчивому развитию – Новосибирск: Наука, 2000. – 300 с.

2. Шиллинг Г.-Д., Бонн Б., Краус У. Газификация угля / Пер. с нем. и ред. С.Р. Исламова – М: Недра, 1986 – 175 с.

3. Рыжков А.Ф., Силин В.Е., Попов А.В., Богатова Т.Ф. анализ эффективности современных промышленных технологий газификации угля// Энергетик. 2012. №10. С. 22-25.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЕЕ РОЛЬ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Шайхутдинов Р.А., Фазуллина А.И.
Научный руководитель: Вачагина Е.К., д.т.н., профессор
Казанский Государственный Энергетический Университет, 420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская 51
E-mail: Fertessios@mail.ru

Наиболее важной задачей развития современной промышленности является экономия материальных и энергетических ресурсов. Одним из методов ее решения является интенсификация теплообменного оборудования. Из анализа литературных источников следует, что интенсификаторы конвективного теплообмена отличаются большим разнообразием конструктивных решений: оребрение поверхности теплообмена, использование шероховатых поверхностей, криволинейных каналов, закручивание потока теплоносителей и др. На основании проведенного сравнения были выявлены конструкции интенсификаторов конвективного теплообмена, которые предпочтительно использовать в нефтяной промышленности.

Интенсификация теплоотдачи посредством дискретных выступов осуществляется за счет турбулизации и разрушения пристенной зоны течений. Увеличение интенсивности теплообмена и гидросопротивления зависит от высоты выступа, расстояния между выступами, формы выступов и их взаиморасположения.

Отмечается, что интенсификация теплообмена в трубах посредством кольцевой и винтовой накатки обладает рядом преимуществ:

1) канавки, образующиеся на наружной поверхности трубы при накатке выступов, интенсифицируют теплообмен в межтрубном потоке теплоносителя;
2) технология накатки проста;
3) существующая технология сборки кожухотрубчатых теплообменников целиком применима для накатанных труб;
4) дешевизна (стоимость накатки составляет лишь несколько процентов от стоимости гладкой трубы);
5) не требуется дополнительных затрат металла.

При использовании интенсификатора в форме спиральных выступов в трубе возникает эффект интенсификации, обусловленный закручиванием пристенного потока. При ламинарных течениях высоковязких и реологически сложных сред (нефти и нефтепродуктов) хороший эффект дает применение вставных интенсификаторов: винтовых локальных и сплошных закручивателей потока; винтового оребрения коаксиальных каналов.

На основании приведенного сравнения интенсификаторов конвективного теплообмена были выявлены их конструкции, которые предпочтительно использовать в нефтяной промышленности.

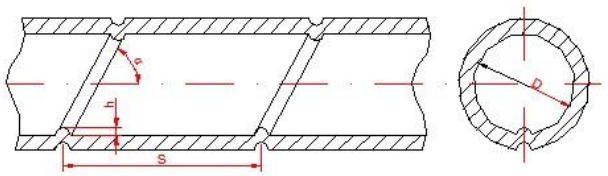


Рис. 1. Общий вид трубы с винтовой накаткой

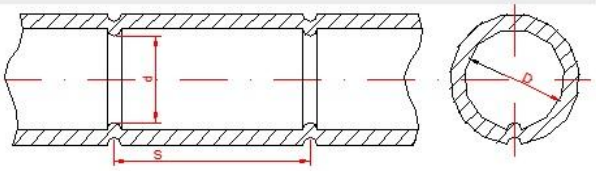


Рис. 2. Общий вид трубы с кольцевой накаткой

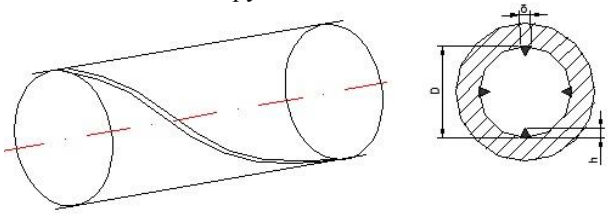


Рис. 3. Общий вид трубы со спиральным оребрением

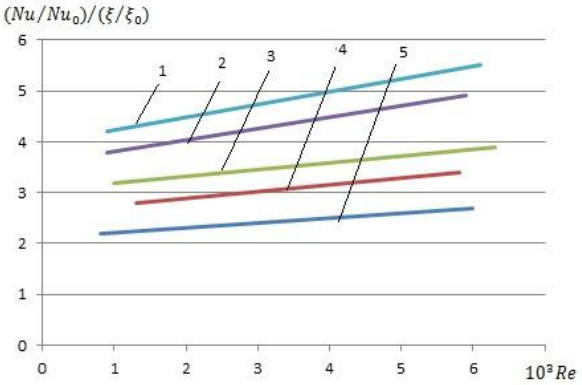


Рис. 4. Опытные данные теплогидродинамической эффективности применения винтового оребрения для интенсификации конвективного теплообмена в коаксиальном канале для неньютоновских вязких сред (5%-ного раствора Na-КМЦ): 1 – S/D = 0,032; 2 – S/D = 0,05; 3 – S/D = 0,08; 4 – S/D = 0,11; 5 – S/D = =0,22

При рассмотрении винтового оребрения на относительное увеличение коэффициента теплоотдачи, было отмечено, что с уменьшением относительного шага S/D отношение Nu/Nu_0 увеличивается. При увеличении чисел Рейнольдса максимум относительного увеличения теплоотдачи смещается в сторону уменьшения шага ленточного закручивателя.

Анализ зависимостей показывает, что теплогидродинамическая эффективность применения винтовых закручивателей для интенсификации конвективного теплообмена в неньютоновских средах

резко увеличивается с ростом эффективной вязкости. Причем, как следует из проведенных опытов, с дальнейшим увеличение эффективной вязкости, рост теплогидродинамической эффективности, как и рост относительной теплоотдачи, будет продолжаться.

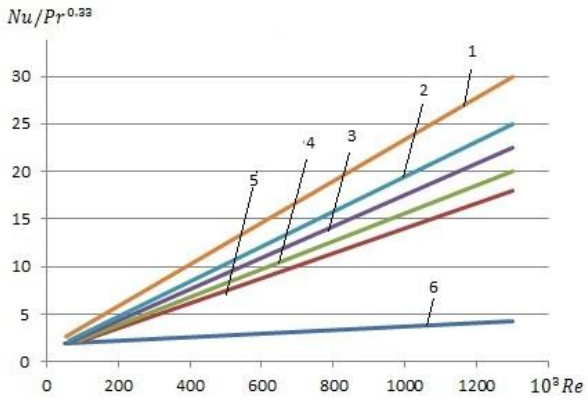


Рис. 5. Зависимость теплообмена от Re при течении трансформаторного масла в трубах с кольцевой накаткой (d/D = 0,92): 1 – S/D = 0,66; 2 – S/D = 0,33; 3 – S/D = 1,22; 4 – S/D =1,66; 5 – S/D = =1,94; 6 – гладкая труба

Следует отметить, что с уменьшением чисел Re интенсификация теплообмена снижалась и наступал такой момент, когда $Nu_0 \approx Nu$, т.е. интенсивность теплообмена в накатанных трубах становилась меньше, чем в гладкой трубе. Образующаяся при этом режиме малоподвижная прослойка жидкости между выступами увеличивала термическое сопротивление и, следовательно, снижала по сравнению с гладкой трубой интенсивность теплоотдачи. Анализ результатов исследований показал, что относительный шаг накатки S/D оказывает существенное влияние на интенсивность теплообмена. Наилучший эффект достигался при S/D = 0,66 (S = 12 мм). Установлено, что $Nu \approx$

$\approx (S/D)^{0,66}\exp(1 - S/D)$. С уменьшением S/D или его увеличением степень интенсификации снижалась для всех значений чисел Re, т.е. наблюдался максимум Nu/Nu_0.

Исследование гидравлического сопротивления в гладкой и накатанных трубах проводилось при изотермическом и неизотермическом течениях жидкости. Коэффициент сопротивления ξ в опытах находился из выражения:

$$\Delta P = \xi \frac{1}{D}\frac{\bar{v}^2}{2}\rho.$$

В диапазоне чисел $Re = 30 \div 1200$ опытные значения коэффициентов гидравлического сопротивления ξ_0 при ламинарном течении в гладкой трубе при изотермическом и неизотермическом режимах описывались с точностью до $\pm 6\%$.

Было установлено, что относительная глубина накатки d/D заметно влияет на гидравлическое сопротивление: $\xi \approx (d/D)^{-1,45}$. Влияние числа Re на гидравлическое сопротивление в накатанных трубах идентично его влиянию в гладких трубах.

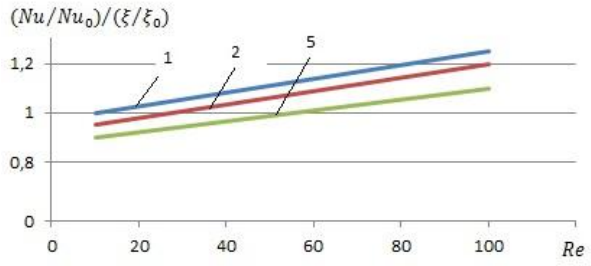


Рис. 6. Экспериментальные зависимости теплогидродинамической эффективности метода интенсификации при течении СКТН марки А в трубах с различными геометрическими характеритиками винтовой накатки: 1 – S/D = 0,032; 2 – S/D = 0,05; 5 – S/D = 0,22

Как видно из Рис. 6, теплогидродинамическая эффективность метода интенсификации возрастает с ростом числа Re и зависит от геометрических размеров исследуемого канала. Так, при Re > 40 эффективность теплоотдачи превышает рост гидравлического сопротивления для всех труб на 10-30 %; причем для трубы с минимальным шагом и максимальной высотой винтовой накатки этот эффект достигает наибольших значений.

Получено выражение для относительной характеристики R_3, которая определяет интенсивность теплоотдачи при фиксированной площади теплообмена. Относительная характеристика R_3 определялась с помощью соотношения:

$R_3 = Nu|_{Re}/Nu_0|_{Re_0}$,

где Nu, Nu_0 – числа Нуссельта, соответствующие фиксированному числу Re в интенсифицированном канале и приведенному числу Re_0 в гладкой трубе.

Приведенное число Re_0 определялось из условия:

$$Re_0 = Re\sqrt{\frac{\xi}{\xi_0}\frac{F}{F_0}},$$

где F, F_0 – площади поверхности теплообмена в трубе с накаткой и в гладкой трубе.

Отмечено, что для случая течения трансформаторного масла во всем диапазоне чисел Re (10 < Re < 2000) R_3 существенно не меняется при различных геометрических характеристиках трубы. Максимальное значение R_3 имеет для трубы с наибольшей высотой (d/D = 0,72) и наименьшим шагом (S/D = 0,72) ($R_3 \approx 1,77$). Значение R_3 снижается с увеличением шага накатки и уменьшением ее высоты (R_3 = 1,03 для трубы S/D = =1.79, d/D = 0,86).

Для случая течения СКТН марки А отмечается рост параметра R_3 с ростом числа Re, в частности для трубы с характеристиками S/D = 0,72, d/D = 0,72 R_3 меняется от 1,08 (Re = 2) до 1,97 (Re = 100). Очевидно, это происходит вследствие проявления реологических свойств исследуемой жидкости. Так, с ростом чисел Re эффективная вязкость из-за роста тензора скоростей деформации в области, непосредственно примыкающей к стенкам канала, значительно снижается, поэтому интенсивность теплоотдачи существенно возрастает.

СОВРЕМЕННЫЕ ПУТИ ОБНОВЛЕНИЯ КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПЫЛЕУГОЛЬНЫХ ТЭС

Яганов Е.Н., Томилов В.Г.
Научный руководитель: Томилов В.Г., д.т.н., профессор
Новосибирский Государственный Технический Университет,
630092, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20
E-mail: yaganov_e_n@mail.ru

Современное состояние электроэнергетики характеризуется высокой степенью изношенности генерирующих мощностей. Суммарная мощность устаревшего оборудования на ТЭС составляет 82,1 млн. кВт, или 39 процентов установленной мощности всех электростанций [1].

В контексте предложенной тематики развитие отрасли характеризуются следующими особенностями:

1. Минимизация удельных расходов топлива путем модернизации (реконструкции) существующих фондов;
2. Оптимизация топливного баланса ТЭС;
3. Снижение техногенного воздействия электростанций на окружающую среду.

Генерирующие компании приоритетным направлением в реализации инвестиционной программы считают модернизацию оборудования, так как удельные затраты средств при этом ниже чем при возведении новых мощностей.

Состояние производственных фондов ТЭС России

Необходимость технического перевооружения ТЭС определяют сроки службы оборудования. ТЭС вырабатывают свой парковый ресурс ежегодно. Достаточно ясное представление о «возрасте» генерирующего оборудования дает гистограмма, представленная на рисунке 1.

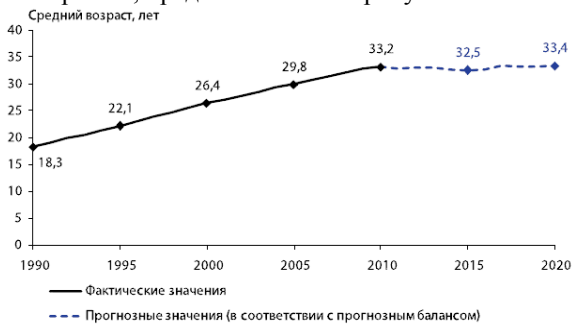


Рисунок 1. Динамика среднего возраста оборудования электростанций

Видно, что 38 % генерирующего оборудования введено в эксплуатацию до 1970 г. (это оборудование реально введено в эксплуатацию в 1945—1970 гг., хотя есть и более старое) [2].

Анализ вариантов обновления котельного оборудования ТЭС

При обновлении ТЭС рекомендуется использовать новейшие технологии [2].

Выбор направления по повышению технического уровня ТЭС определяется состоянием физического износа и морального старения основного оборудования. Повышение эффективности котельных установок возможно за счет:

– снижения температуры уходящих газов;

– газоплотное исполнение ограждений топочной камеры и конвективной шахты;

– применение технологий «сухого» шлака при сжигании твердого топлива.

Для различных типов котлов за счет перечисленных и других мероприятий прогнозируемое повышение экономичности агрегата составляет 2,7…3,4% [2].

Выбор объекта для реализации программы обновления.

Теплоэлектроцентрали с давлением пара 130 кгс/см^2 являются доминирующей группой по установленной мощности энергетической отрасли страны с долей участия 31,5% [2]. На территории РФ насчитывают порядка 106 котлов серии ТП-80…87 (Е-420-140), являющиеся котельными установками данной группы ТЭЦ-130.

Примером тепловой электростанции типа ТЭЦ-130 с установленными котлами серии ТП-80...87 является Новосибирская ТЭЦ-2, ОАО «Сибэко». Котлы обладают следующими основными конструктивными недостатками, выявленными в процессе эксплуатации и являющиеся причинами снижения надежности и экономичности их работы:

– конструкция обмуровки котлов не достигает нормативной плотности топочных камер.

– низкая эффективность котла, связанная с завышенной температуры уходящих газов. Конструкция не обеспечивает устойчивый выход шлака и полное сжигание топлива.

– при сжигании кузнецких каменных углей выбросы оксидов азота NO_X выше нормативных значений 540 мг/м^3 и составляет не менее 700 мг/м^3 [3].

Разработка программы обновления котлов ТП-80…87

Произведенный анализ конструкции котла ТП-87 и эксплуатационных показателей его работы приводят к выводу о не соответствии требованиям НТД [3]. Предлагаются следующие мероприятия по обновлению данных котлов:

1. Реконструкция. Замена поверхностей нагрева топки котла на газоплотные экраны.

Эффект: газоплотные сварные экраны имеют на 10…15% меньшую массу металла на единицу

лучевоспринимающей поверхности по сравнению с гладкотрубными. Трубы Ø 60×6 сталь 12Х1МФ с вваркой полосы 6×20 сталь 12Х1МФ. Газоплотная топка обеспечит глубокую интенсификацию горения твердого топлива, существенно снизит температуру уходящих газов, за счет исключения присосов воздуха, не участвующего в горении. Повышение КПД до 91 %.

2. Модернизация. Установка системы ступенчатого сжигания топлива с применением пыли ультратонкого помола.

Эффект: Технология включает стадийную подачу топлива в три зоны сжигания. При этом в зону восстановления подается часть угольной пыли от дезинтеграторов. Технология позволяет достичь концентрации оксидов азота в уходящих газах на уровне 450 мг/м^3, что удовлетворяет требованиям к котельным установкам [4].

3. Техперевооружение. Замена системы твердого шлакоудаления котла на «сухое» шлакоудаление.

Эффект: тепло золошлаков будет использоваться в топочном процессе путем передачи его воздуху, который направляется в топку для сжигания. Увеличение КПД 0,5%.

Обоснование целесообразности реализации мероприятий

Общие капиталовложения состоят из капиталовложений в новые поверхности нагрева [5,6], в систему стадийного сжигания с применением пыли ультратонкого помола [7], в систему «сухого» шлакоудаления от котла [8]. Капиталовложения в четыре котлоагрегата происходят последовательно по 122,343 млн.руб/год с 2012 года. Общий размер эффекта от обновления ТП-87: 37,979 млн. руб./год.

Горизонт проекта – 28 лет. Парковый ресурс металла устанавливаемых поверхностей нагрева.

Принятая ставка дисконтирования при оценке критериев эффективности инвестиционной программы 14,1 % для ОАО «СибЭКО». Цена условного топлива 2252 руб/тут.

Чистый дисконтированный доход в конце горизонта проекта 372,885 млн. руб/год, рисунок 2. Срок окупаемости проекта составил 8 лет.

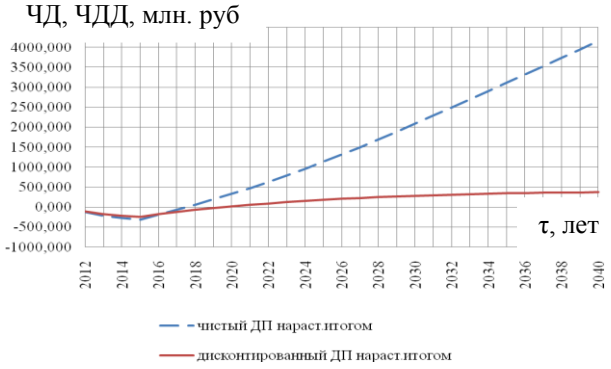


Рисунок 2. Изменение показателя ЧД и ЧДД на всем горизонте проекта

Таким образом, проведенный анализ доказывает коммерческую эффективность предложенного варианта обновления ТЭС.

Выводы

1. Состояние производственных фондов ТЭС характеризуется высокой степенью изношенности.
2. Предлагаемые мероприятия по обновлению котлов включают комплекс новейших технологий: системы ступенчатого сжигания топлива с применением микропыли, а также системы «сухого» шлакоудаления.
3. Проведенный анализ указывает на техническую и коммерческую целесообразность предложенных вариантов обновления оборудования ТЭС.
4. Разработанные решения универсальны для остальных котлов группы ТЭЦ-130.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 года [Электронный ресурс] // Агентство по прогнозированию балансов в электроэнергетике: сайт. 2008. URL: http://www.e-apbe.ru/scheme/gs.doc (дата обращения: 09.08.2011).

2. Ключевые события электроэнергетики России в 2011 году [Электронный ресурс] // Данные Минэнерго РФ: сайт. 2012. URL: http://holding-energy.ru/elektroenergetika-rossii.html (дата обращения 28.11.2012)

3. Яганов Е.Н. Обследование технического состояния котлоагрегата ТП-81, ст. №9 Новосибирской ТЭЦ-2 перед реконструкцией золоулавливающей установки: технический отчет.- ОАО«Сибтехэнерго»,инв.1398 Новосибирск.- 2012. – 95 с.

4. Яганов, Е.Н. О применении пыли ультратонкого помола в системах ступенчатого сжигания топлива // Современные технологии в энергетике: сб. науч. тр. М. Изд-во ВТИ, 2012. – С.274–280.

5. Технико-экономическая эффективность энергоблоков ТЭС. Ларионов В.С. и др.//Учебное пособие, Новосибирск, 1998 – 32 с.

6. Григорьева О.К., Боруш О.В. Расчёт тепловых схем паротурбинных ТЭС. Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. техн. ун-та, 2010. 57 с.

7. Бурдуков А.П.Использование механоактивированных углей микропомола в энергетике // Ползуновский вестник. 2010. №1.с.15-20.

8. Системы сухого золошлакоудаления [Электронный ресурс] // The company RVS: сайт. 2011. URL: http://www.en.rvsco.ru/solution/1/275 (дата обращения 03.12.12).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ТОПЛИВА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ В УСЛОВИЯХ ЗАДАЧИ ИЗМЕНЕНИЯ ТОПЛИВНОГО БАЛАНСА ТЭС

Яганов Е.Н., Томилов В.Г.
Научный руководитель: Томилов В.Г., д.т.н., профессор
Новосибирский Государственный Технический Университет,
630092, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20
E-mail: yaganov_e_n@mail.ru

На сегодняшний день в рамках угольного сектора страны происходит исчерпание запасов ряда углей по отдельным месторождениям, либо происходит изменение теплотехнических характеристик в пределах одного месторождения при выработке пластов. Актуальным для энергетики является вопрос изменения топливного режима пылеугольных ТЭС в контексте коммерческого развития генерирующих компаний.

Существует три причины изменения топливного баланса пылеугольных ТЭС:

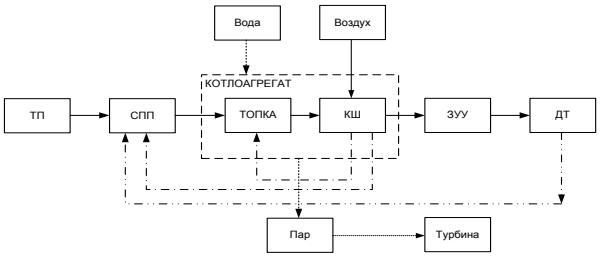
– возможность использования более дешевого угля;

– нестабильность поставок и качества проектного топлива;

– выработка угольных месторождений.

При изменении качества угля для сжигания изменяются термодинамические параметры пара за котлом, составляющие тепловых потерь, что в свою очередь отражается на эффективности установки в целом. Если отклонения качества топлива несущественны, то регулирование параметров происходит путем воздействия на топочный процесс. Если же изменение характеристик топлива значительно, то встает вопрос о смене режима работы оборудования котельного острова и его реконструкции.

В рамках работы предлагается основную схему технологии сжигания твердого топлива рассматривать в виде функциональной блок-схемы, представленной на рисунке 1.



ТП-топливоподача; СПП - система пылеприготовления; КШ-конвективная шахта; ЗУУ-золоулавливающая установка; ДТ-дымовая труба

Рисунок 1. Функциональная блок-схема котла

Влияние теплоты сгорания топлива

Изменение теплоты сгорания топлива тесно сопряжено с изменениями показателей, как влажности, так и зольности.

Наибольшее влияние показатель оказывает на блок-связь «Топка-КШ» (рисунок 1). Здесь при уменьшении теплоты сгорания увеличивается количество топлива, подаваемого в топку. Влажность готовой пыли при этом увеличивается [1]. Очевидно, что на срезе горелок ухудшается воспламенение пыли ввиду увеличенной влаги пыли. Факел «вытягивается» по высоте топки, значения теплонапряженности по сечениям выше ядра увеличиваются, стремясь к эквивалентности между собой. Температура перегретого пара при этом растет, зачастую превышая расчетные значения. Эффективность уменьшается.

При улучшении качества сжигаемого угля происходит в целом обратная картина – экономичность увеличивается, преимущественно за счет снижения потерь тепла при сжигании твердого топлива, а также удельных расходов электроэнергии на тягодутьевые установки и пылеприготовление.

Анализ промышленных опытов, проводимых на котлоагрегатах паропроизводительностью 230 т/ч и 420 т/ч, показал, что наибольшие значения КПД достигаются при больших значениях теплотворной способности топлива [1,2]. Соответствующие зависимости приведены на рисунках 2 и 3. Эффективность в каждом опыте рассчитывалась с помощью зависимостей [3,4]. Значения КПД определены при оптимальных избытках воздуха за котлом.

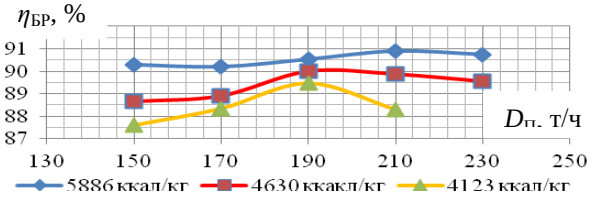


Рисунок 3. Зависимость КПД котла паропроизводительностью 230 т/ч от паровой нагрузки

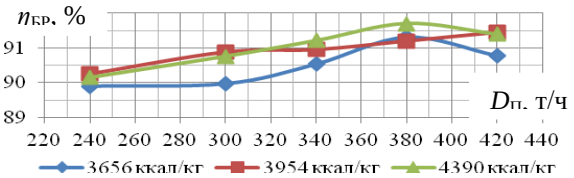


Рисунок 4. Зависимость КПД котла паропроизводительностью 420 т/ч от паровой нагрузки

Таким образом, можно заключить, что:

– при увеличении теплотворной способности топлива очевидна явная тенденция увеличения общей эффективности котла;

– существенные различия в КПД котла возникают при изменении теплоты сгорания более чем на 15 % от теплоты сгорания, соответствующей наибольшим значениям КПД.

Влияние рабочей влажности.

Существенное влияние данный показатель оказывает на функциональные блоки «СПП», «Топка» и «ТП» (рисунок 1). Для блока «Топка» изменение показателя влажности описано выше.

Рассматривая блок «СПП», необходимо отметить, в первую очередь, влияние влажности топлива на сушильную производительность пылесистемы [1,5]. Причем сушильная производительность явно определена типом сушки топлива, поэтому глубокое варьирование данного показателя при смене марки топлива невозможно без соответствующего объема реконструктивных работ.

В рамках проведенных исследований при сжигании углей различной влажности на котельном острове с котлоагрегатом паропроизводительностью 230 т/ч, системой пылеприготовления с двумя шаробарабанными мельницами, промбункером и горячим воздухом в качестве сушильного агента определен ряд совокупных закономерностей [1,6]. А именно, увеличение рабочей влажности топлива на величину менее 30 % от исходной компенсируется режимными параметрами. Ограничения производительности мельницы при этом не возникает. При увеличении влажности сырого угля на величину менее 50 % от исходной, неизбежно увеличение аналитической влаги готовой пыли, уменьшение температуры аэросмеси и соответствующее снижение сушильной производительности пылесистемы. При увеличении рабочей влаги угля более чем на 50 % от исходной проявляется явное сокращение производительности мельниц и, как следствие ограничение паровой нагрузки на котле.

Рассмотрим функциональный блок «ТП». Увеличение внешней влаги приводит, прежде всего, к ухудшению сыпучих свойств углей, затруднениям при разгрузке топлива и прохождении его по трактам топливоподачи и системе пылеприготовления. Время выгрузки угля при этом существенно увеличивается – остро встает вопрос об ограничении мощности всей ТЭС (сниженная производительность тракта топливоподачи).

Уменьшение же влажности более чем на 15 – 20% от расчетной для котла ведет к повышению температуры аэросмеси на выходе из мельниц, что потребует принятия специальных мер по обеспечению взрывобезопасной работы системы пылеприготовления.

Выводы

1. В условиях исчерпания запасов, нестабильности поставок непроектных углей, а также меняющейся конкурентной политики ценообразования на них для генерирующих компаний остро стоит вопрос изменения топливных режимов своих ТЭС.
2. Для обеспечения надежности и экономичности работы ТЭС при изменении их топливного режима необходимо создание общей методологической базы, позволяющей на начальных этапах прогнозировать все положительные и отрицательные стороны от смены топлива
3. Допустимые значения качества топлива на отдельных этапах технологического цикла ТЭС, в значительной мере, определяются резервами производительности и гибкостью используемого основного и вспомогательного оборудования.
4. Обладая аналитическими данными и экспертными оценками о возможности сжигания конкретной марки угля возможно сократить время поиска альтернативных вариантов взаимозаменяемых углей, исключить затраты на проведение работ по опытному сжиганию с отрицательными результатами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Яганов, Е.Н. Проведение опытного сжигания непроектного угля марки ДР разреза «Виноградовский» на котле ТП-230 ст. №6 ОАО «ТГК-11»: технический отчет. - ОАО «Сибтехэнерго» инв. № 1194, г. Новосибирск. 2011.-130 с.
2. Яганов Е.Н. Проведение опытного сжигания непроектного угля – марки КСН разреза «Екибастузский» ТОО «Ангренсор» на котле БКЗ-420-140 ст. №1 ОАО «ТГК-11»: технический отчет.- ОАО «Сибтехэнерго» инв. № 1268, г. Новосибирск, 2012.- 126 с.
3. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). Изд 3-е, перераб./НПО ЦКТИ, СПб,1998. 256с. с ил.
4. Пеккер, Я. Л. Теплотехнические расчеты по приведенным характеристикам топлива (обобщенные методы). М., «Энергия», 1977.
5. Мальцева, А.В. Проведение опытного сжигания углей Южного Кузбасса на котле ПК-10 ст. №6 ОАО «Южно-Кузбасской ГРЭС» // Технический отчет ОАО «Сибтехэнерго» инв. № 937, г. Новосибирск, 2009, 81 с.
6. Гребеньков, П.Ю. Опытное сжигание непроектного Хакасского каменного угля в котле типа ТП-230-2 Томской ГРЭС-2 // Технический отчет ООО «Инженерная компания», инв. № 01-2010, г. Красноярск, 2010, 133с.

СЕКЦИЯ 11

Дизайн и технология художественной обработки материалов

SECTION 11

Design and technology of art processing of materials

УСТРАНЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ МЕТАЛЛА В ДИЗАЙНЕ

Акентьева О.Е.
Научный руководитель: Кухта М. С., д.ф.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: autumnforever@mail.ru

Также как театр начинается с вешалки, наш дом начинается с двери. Дверь принято украшать декоративными элементами, которые придают ей некоторую уникальность. Ранее парадные двери украшались родовыми гербами и девизами; порталы и двери церквей - скульптурой и орнаментальной резьбой, ее замысловатые переплетения на языке церковной символики означали хитросплетение человеческих судеб. В Англии, например, существует традиция давать жилым домам поэтичные имена, вроде "Цветочное поле", "Тополиная конюшня", "Двор цапли". В России прочно привилась система нумерации - и на квартирах, и на домах [1]. Нумерация домов и квартир, так же как и таблички с адресами являются ориентиром для человека в пространстве улицы или дома, поэтому работа над ними имеет общие правила.

При разработке дизайна табличек с названием улиц, нужно учитывать требования, предъявляемые к этим объектам, например: шрифт на табличке должен быть достаточно крупным и легко читаемым, надпись — горизонтальной[2]. Но, в работе над квартирными номерами, главным остается условие читабельности шрифта, в остальном дизайнеру предоставляется больше свободы. Номерки несут в себе отражение того места, для которого они служат средством идентификации. Поэтому к изготовлению номерков нужно подходить со всей ответственностью.

В современном мире существует большой диапазон материалов используемых для создания квартирных номеров и широкое многообразие способов их получения.

В качестве примера предлагается рассмотреть процесс изготовления металлических номеров с использованием технологий плазменной резки. В качестве используемого оборудования - станок с ЧПУ **OXYCut 6001.20 G**.

Технология плазменной резки, позволяет с высокой эффективностью и хорошими экономическими показателями производить высокоточную разделительную резку для получения заготовок, художественных изделий или деталей.

OxyCut - функциональная портальная машина с ЧПУ, предназначенная для автоматической газокислородной резки в сочетании с плазменной резкой. Машина разработана для работы, как на небольших предприятиях, так и в тяжелой металлообрабатывающей промышленности.

Работа над проектом состоит из 4 этапов:

1. Обзор аналогов.

Существует огромное количество номеров разработанных в различных стилях и материалах, это и номерки в стиле минимализм из металла, из дерева, из оргстекла с подсветкой и др. материалов.



Рис. 1 Примеры квартирных номеров [4]

2. Изучение формообразования основ стиля модерн.

Модерн-художественное направление в искусстве наиболее распростарненое в последней декаде XIX-начала XX века. Его отличительными особенностями является отказ от прямых линий и углов в пользу более естественных «природных» линий, интерес к новым технологиям [3].



Рис. 2 Орнаменты в стиле модерн [3]

3. Эскизирование.

В результате изученного материала были разработаны эскизы для двухзначных и трехзначных номеров, композиция которых, построена на природных мотивахи и является симметричной.

На основе созданных эскизов были вычерчены в программном продукте CorelDraw двухмерные модели разрабатываемых номеров и экспортированы в формат программы машинной обрабоботки Asper– dxf.

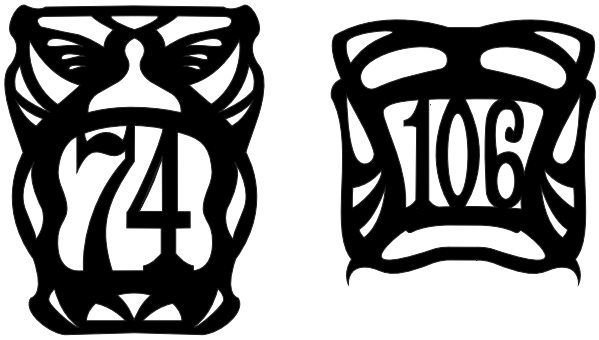


Рис. 3 Эскизы номеров

4. Изготовление изделия

Определив порядок обхода и сгенерировав управляющую программу, автоматика станка переходит к резке материала по заданному контуру

В результате плазменной резки были получены изделия с прожогами, поэтому дальнейшей целью проекта было их устранение. Данные дефекты образовались в связи с тем, что в момент зажигания дуги в начальной точке траектории время контакта луча с материалом максимально, что приводит к образованию зоны с температурой выше средней при резке, отсюда и увеличенный диаметр входного отверстия – прожог.



Рис. 4 Полученное изделие

Для того чтобы избежать дефектов такого рода, нужно осуществлять вход на рабочую траекторию строго по касательной к контуру, которая может быть задана и изменена в программе Asper.



Рис. 5 Касательная к контуру эскиза

Готовое изделие тщательно полируется и подвергается гальваническому покрытию, в данном случае золотого цвета.

Результатом проделанной работы являются квартирные номера в стиле модерн изготовленные на станке с ЧПУ OXYCut 6001.20 G плазменной резкой.

Данная технология помогает создавать из листов металла изделия различной сложной геометрии. Ограничение плазменной резки в том, что, в итоге, получаются только плоские изделия, и важно при создании эскизов помнить этот момент, а так же учитывать заходы и выходы дуги, направленные по касательной к конкретной точке контура.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Дизайн. Материалы. Технологии. Энциклопедический словарь / Под. ред. В.И. Куманина, М.С. Кухта, г. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. □ 320 с.
2. [Электронный ресурс] Режим доступа http://www.adresaspb.ru/arch/adresa_15/15_024/15_24.htm
3. [Электронный ресурс] Режим доступа http://staratel.com/pictures/modern_/main.htm
4. [Электронный ресурс] Режим доступа http://nomerok.zamoment.ru/catalog/detail.php?ID=1145

РОБОТ КАК ДИЗАЙН-ПРОДУКТ

Антипина Е.В.
Научный руководитель: Ившин К.С., к.т.н., профессор
Удмуртский государственный университет, 426034, Россия, г. Ижевск, ул. Университетская, 1
E-mail: antipinaelena@gmail.com

В последние годы происходит роботизация буквально всех сфер человеческой деятельности. Полная автоматизация многих процессов сводит участие людей в производстве к принятию важных решений и устранению возникающих неисправностей оборудования; роботы используются при исследованиях космического пространства и океанских глубин; с помощью роботов проводятся сложнейшие хирургические операции на мозге и сердце. Военная техника становится все «умней» и самостоятельней – управление движением, контроль обстановки, прицеливание и поражение цели производит машина, а человеку остаются решение тактических задач и техническое обслуживание.

Предполагается, что для проектирования робота необходимо обладать не только рядом технических знаний и технологий, но и также понимать цели и задачи проектирования, ориентироваться на конечного потребителя. При этом если робототехника с инженерно-конструкторской точки зрения становится все совершеннее и совершеннее, то вопросы дизайна в проектировании остаются практически незатронутыми.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что традиционное проектирование робототехники необходимо пересмотреть и методы дизайна позволят внести необходимые и закономерные структурные изменения в создаваемый объект. Анализ теории и практики роботостроения позволяет сформулировать основные аспекты проектирования робототехники, которыми надлежит руководствоваться дизайнеру, вовлечённому в процесс ее создания.

Особенностью методологии в дизайне является направленность проектных действий одновременно и на прагматический, и на художественный результаты, причем иерархия соответствующих установок и путей их достижения может меняться в процессе работы. Это означает, что метод и методика дизайнера должны содержать элементы, синтезирующие возможности и инженерно-технического, и художественного творчества, что предопределяет специфику его подготовки и технологии профессиональной работы [1].

1. В результате инженерного конструирования определяются внешний вид и структура изделия. Основные задачи, решаемые на этом этапе, заключаются в создании планов, чертежей, расчетов, макетов машины. Кроме того, конфигурация и размеры элементов, их расположение и вид материалов, устройство узлов и соединений должны обеспечить хорошую функциональность, удобство и надежность в эксплуатации, экономичность в производстве и т.п.

Однако специфика проектирования робототехники заключается в том, что формообразование машины, состоящей из множества элементов и подсистем, находящихся в тесном взаимодействии друг с другом, подчиняется определенным технологическим принципам и зависит от множества взаимозависимых факторов, Дизайнер не может произвольно формировать ни внутреннюю, ни внешнюю форму машины, он должен действовать в рамках определенных конструктивно-технологических ограничений [2].

2. Одной из важнейших задач робототехники является комплексная унификация и стандартизация роботов и их компонентов.

В робототехнике унификация развивается по трем уровням: для компонентов роботов, собственно роботов и технологических комплексов, использующих роботов. Хорошо отработанные и серийно выпускаемые унифицированные компоненты – по существу, единственно возможная основа развития робототехники в условиях неограниченного роста номенклатуры роботов с учетом необходимости при этом оперативного создания, освоения в производстве и эксплуатации новых типов роботов и их модификаций.

Сущность унификации функциональных компонентов роботов (устройств управления, приводов и т. д.) на основе модульного принципа построения заключается в построении механических, аппаратных и программных частей робота из унифицированных частей – модулей. Модули унифицированы по функциональному назначению и условиям сопряжения друг с другом (по конструкции, входным и выходным параметрам и т. д.).

Наряду с модульным существуют и другие принципы построения техники, тоже основанные на идее унификации – это принципы базового изделия и агрегатного построения. Первый принцип заключается в создании гаммы (семейства) изделий, повторяющих конструкцию первоначально отработанного базового изделия, но в других габаритах и грузоподъемности. Принцип агрегатного построения заключается в создании различного назначения и компоновок из унифицированных сборочных функциональных единиц – агрегатов [3].

Грамотное прогнозирование и проектирование машины, базирующейся на принципах унификации, базового изделия, агрегатного построения, в конструкции которой предусмотрены средства сопряжения модульных элементов, не только расширяют ее функциональные и модернизационные возможности, но также

позволяют комбинировать ее в зависимости от поставленной задачи [4].

3. Важным моментом является проблема сопряжения и взаимодействия человека и роботов, обеспечения эффективности их совместной работы. При этом особое внимание уделяется безопасности, распределению функций между человеком и роботом, обучению работе с роботами.

Эргономические задачи решаются и при конструировании робототехнических комплексов, включающих в себя панели управления, дисплеи, органы управления, средства подачи предупреждающих сигналов; при организации рабочих мест и формировании среды на производстве, при разработке аппаратных и программных средств вычислительной техники [5].

Развитие технологий позволяет дизайнеру робототехники успешно решать многие эргономические проблемы и расширяет вариативность возможных компоновочных решений.

4. Художественное конструирование связано с поиском и предметным выражением художественного образа будущей машины. Основная задача, решаемая дизайнером, заключается в согласовании внешней, воспринимаемой визуально, формы с внутренней структурой машины, ее функцией и назначением, обликом потребителя и окружающей среды [6].

Основными рабочими категориями дизайнерского проектирования являются образ, форма, эстетическая выразительность. Ключевой вопрос дизайна о конкретном проявлении связи формы и содержания (функции) в технике связан с рядом основных категорий и понятий теории композиции [7].

Наиболее важные композиционные качества определяют форму машины и являются обязательными. К ним относятся объемно-пространственная структура и тектоника, а также пропорциональность, масштабность, композиционное равновесие, единство характера формы, колористическое и тональное единство, которые обеспечивают гармоничную целостность формы [6]. Единство стиля и образность формы не обеспечивается обычными, «классическими» средствами композиции (пропорциями или ритмом, контрастом, нюансом и т. п.); его достижение зависит от умения дизайнера передать дух времени в самом облике вещи [7].

5. В процессе работы над формой машины качество композиции обеспечивается с помощью композиционных средств [6]. Это пропорции, масштаб, контраст, нюанс, ритм, метрические повторы, характер формы. Несколько особняком стоит группа средств композиции, основанных на использовании цвета и тона, фактуры и текстуры материала, а также пластика, которая непосредственно связана со светотеневой структурой формы [7].

6. Методика проектирования робототехники имеет нюансы в зависимости от особенностей проектной задачи. В зависимости от того, как можно классифицировать робототехнику, применяются определенная методика проектирования.

При проектировании бытовых роботов увязка внутреннего содержания с внешней формой, проблема связи механизма и внешней оболочки предмета осуществляется в самой элементарной форме. Общее и важное требование к проекту военного робота – создание формы, отвечающей требованиям аэродинамики и баллистики. Значительный удельный вес имеет в таких проектах работа над объемно-пространственной структурой [8].

Дизайн-проектирование робототехники, представляющей собой системные объекты со сложными структурными взаимосвязями, требует глубокого предпроектного анализа и комплексного подхода к решению проектных задач, среди которых нет первостепенных или второстепенных.

Дальнейшее исследование на данную тему проводятся на кафедре дизайна промышленных изделий Удмуртского государственного университета совместно с ОАО «Ижевский радиозавод», целью данного исследования является создание прототипа робота.

Список литературы

1. Дизайн. Иллюстрированный словарь-справочник / Г. Б. Минервин, В. Т. Шимко, А. В. Ефимов и др.; Под общ. ред. Г. Б. Минервина, В. Т. Шимко. – М.: «Архитектура - С», 2004. – 288 с.

2. Мосоров А.М., Мосорова Н.Н. Теория дизайна. Проблемы онтологического и методологического знания /А.М. Мосоров, Н.Н. Мосорова. – Екатеринбург: Печатный дом Солярис, 2004.

3. Юревич, Е. И. Основы робототехники / Е. И. Юревич. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.: ил.

4. Раппопорт А. Проект и время /А. Раппопорт // Проблемы дизайна-2: сб. ст. под ред. В.Л. Глазычева. – М.: Архитектура-С, 2004.

5. Мунипов, В. М., Зинченко, В. П. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учебник / В. М. Мунипов, В. П. Зинченко. – М.: Логос, 2001. - 356 с: ил.

6. Барташевич А. А. Основы художественного конструирования: Учебник для втузов / А. А. Барташевич. – Мн.: Выш. шк., 1984. – 224 с., ил.

7. Петров А. П. Основы эргономики и дизайна в автомобилестроении: Учебное пособие / А. П. Петров. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2004. – 163 с.

8. Проектирование и моделирование промышленных изделий: Учеб. для вузов / С. А. Васин, А. Ю. Талащук, В. Г. Бандорин, Ю. А. Грабовенко, Л. А. Морозова, В. А. Редько; Под ред. С. А. Васина, А. Ю. Талащука. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 692 с., ил.

ТЕХНОЛОГИЯ РУЧНОГО ПЛЕТЕНИЯ БРАСЛЕТА

Богачева Ю.М., Молдавский С.Н.
Научный руководитель: Чумаченко Г.В., к.т.н., доцент
Донской государственный технический университет, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
gchumachenko@dstu.edu.ru

В данной работе изложена технология изготовления ручного плетения браслета. Для изготовления изделия можно использовать следующие металлы и сплавы: золото, серебро, нейзильбер и мельхиор. Плавку металла проводим в тигле, изготовленном из шамота. Перед плавкой глазурируем его бурой.

Для отливки используем чугунную изложницу. После остывания металла извлекаем слиток из изложницы и погружаем в раствор лимонной кислоты для очистки поверхности.

Затем приступаем к прокатке. Вальцуем брусок через вальцы, изменяя его до нужного сечения. Полученную заготовку покрываем борной кислотой (флюс) и отжигаем до малинового цвета. Затем погружаем в раствор лимонной кислоты для очистки поверхности от флюса и промываем водой. Переходим к волочению с использованием фильеры.

Проволоку протаскиваем последовательно через отверстия, уменьшая ее до нужного диаметра. Через каждые 3-4 прохода проволоку сворачиваем в бухту, погружаем в борную кислоту, отжигаем и очищаем в растворе лимонной кислоты.

Для изготовления пружины берем ригель нужного диаметра и приспособления для навивки (рис.1).

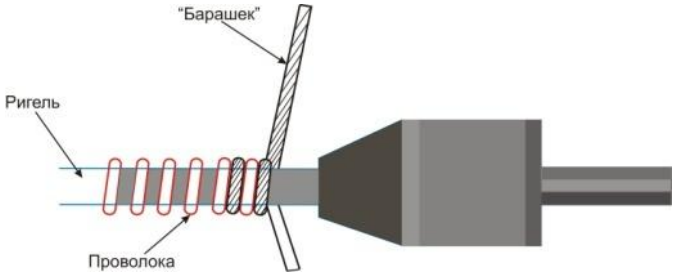


Рис.1. Процесс навивки

В зажимном патроне фиксируем ригель. Продеваем в патрон проволоку и накручиваем спираль (рис.2).



Рис.2. Спираль

С помощью бокорезов делим спираль на одинаковые звенья (рис.3).

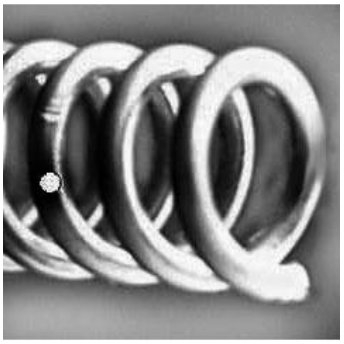


Рис.3. Место деления спирали

В полузвене (рис.4) должно получиться 2,3 оборота.



Рис.4 Полузвенья

Приступаем к сборке браслета.

Плетение первого звена. В первую часть звена (полузвено) вкручиваем вторую часть (полузвено), затем звено зажимаем (рис.5).





Рис.5. Начало сборки

В полученное звено вкручиваем следующее полузвено. Конец этого звена должен зайти под виток **b**, и выйти из под него **a**, затем минуя виток **c** опять под **b** и выйти из под **a** (рис.6).

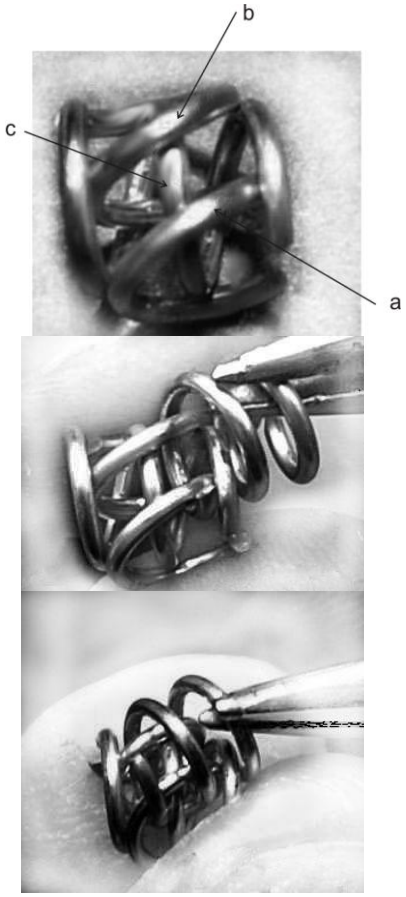


Рис.6.Сборка звеньев

Таким образом собираем последующие звенья, до нужной длины.

Переходим к пайке. Используем бензиновый паяльный аппарат. Пайку проводим под флюсом, состоящий из буры, борной кислоты и воды.

Изделие погружаем во флюс и помещаем на леткал (металлический столик с асбестовым покрытием). Нарезаем припой, подносим тонкое пламя горелки к припою. С помощью водила перемещаем припой в место спая звена, и прогреваем до полного растекания. Таким образом, пропаиваем две стороны браслета (рис.7).



Рис.7 Места спайки

После соединения всех звеньев изделие подвергаем очистке в растворе лимонной кислоты.

С помощью бокорезов удаляем проволоку, выходящую ха пределы пайки.

Фиксируем концы изделия в ручные тиски, натягиваем и проворачиваем по спирали пока цепь не станет ровной(рис.8)



Рис.8. Выравнивание цепочки

Далее просаживаем цепь в вальцах до желаемой толщины, после чего переходим к окончательной обработке. С помощью надфилей зачищаем острые края, удаляем заусенцы.

Припаяв замок к браслету, изделие полируем. В процессе полировки используем шлифовальный станок, а так же щетки щетинные, нитяные пушки, муслиновые круги и абразивные пасты.

Пасту наносим на полировальные круги и щетки. Изделие обрабатываем на шлифовальной машине до полного исчезновения рисок на поверхности проволоки, и получения зеркально-гладкой поверхности. Затем производим очистку в ультразвуковой установке моющим раствором, промываем водой и подвергаем сушке.

Представленное описание технологии использовано в методическом пособии к практическим занятиям по дисциплине «Мастерство».

РАЗВИТИЕ СТЕНОВОЙ КЕРАМИКИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ

Бурякова А. С., Черевкова Я.В.
Научный руководитель: Котляр В. Д., к.т.н., доцент, Лапунова К.А., ассистент
Ростовский государственный строительный университет
Россия, г. Ростов – на – Дону, ул. Социалистическая, 162
E-mail: diatomit-kvd@mail.ru

Изготовление кирпича прошло долгий путь: от лепки вручную, где края выравнивались дощечками (Месопотамия, VII тыс. до н.э.), формования в деревянных формах (вплоть до XIX в.), обжиг (Месопотамия, с VI – V тыс. до н.э., Египет в эпоху Среднего царства) до промышленного производства (с XIX в.).

В технологическом плане в истории кирпича можно выделить три периода. Первый период – это период ручного изготовления кирпича. Примитивные лепные кирпичи плохо подходили один к другому из-за неточных размеров и форм. Поэтому их кладка велась с использованием толстых слоев глины, имевших значительно меньшую прочность, чем сами кирпичи. В обязательном порядке глину выветривали, вымораживали в буртах, а затем замачивали в чанах или ямах. После обязательно проминали с помощью людей, лошадей, волов. И только далее приступали к формовке. Появление пресс-форм стало одной из первых технических инноваций в кирпичном производстве. Наиболее распространенной ручной деревянной формой была так называемая «пролетка» - рама без дна из тонких досок, скрепленная железом. Доски каждый раз смачивали водой и посыпали песком, чтобы не прилипала глина, для особо тщательной выделки их обшивали железом и смазывали керосином. Более высокие сорта изготовляли в поддонах, глину в них вдавливали пяткой, что дало кирпичу название подпятного. Форма кирпичей стала правильной, с четким прямым углом, а нужные партии кирпича были одинакового размера. Египетский рабочий таким способом отформовывал несколько сот кирпичей в день.

На Руси секрет производства кирпича был привезен строителями - монахами из Византии в X веке, и первые кирпичные мастерские сооружались при монастырях, продукция шла на нужды храмов. В XV в. при Иване III после первой неудачной попытки построить из кирпича Успенский собор, был приглашен в Москву из Италии инженер и зодчий Аристотель Фиораванти. По его инициативе был построен в 1475г. первый из известных нам кирпичный завод за Андрониковым монастырем в районе нынешних Калитниковских улиц. Возведение новых Кремлевских стен и башен с 1485 г. потребовало большого количества кирпичей. Постепенно строятся в столице и кирпичные жилые дома. В 1584 г. создается «Приказ каменных дел», ведавший строительством. А в середине XVII в.- период блестящего расцвета русского кирпичного и изразцового зодчества, появляется завод у Даниловского монастыря, где используется печь для обжига 34 тыс. кирпичей в сутки. Производство кирпича значительно расширяется. Кирпичные цехи строили в Хамовниках, Крутицах, Строгино. В XVII столетии был узаконен определенный размер кирпичей, теперь они назывались “государевы” и отформовывались в специальных формах из осины. В первой половине XVIII в. в Москве уже насчитывалось 72 завода, которые производили около 30 миллионов изделий ежегодно[1].

Первый «технологический» период в истории кирпича продолжался вплоть до XIX века, в течение которого происходит постепенный переход на машинное производство кирпича. Первые попытки повысить производительность труда рабочих-кирпичников и вывести производство на новый уровень, прежде всего в процессе формования сырца, были предприняты русскими инженерами еще в XVIII в. – раньше чем в Западной Европе. Были разработаны кирпичеделательные станки в виде деревянных рам, с помощью которых формовались сразу несколько десятков кирпичей.

В 1816 г. впервые запатентован механический способ формования кирпича петербуржцем И. Штегером, который заключался в новом методе уплотнения глины в форму между вращающимися колесами. Огромным шагом в сторону прогресса в кирпичном производстве стало появление мундштука. Теперь глиняный брус разрезался подсобными рабочими на отдельные кирпичи, а должность формовщика была сокращена. Непрерывность процесса формовки повысила производительность труда.

Англичанин Клейтон разработал ряд кирпичеделательных машин для кирпичного производства, которыми были оснащены российские заводы.

Летняя сушка кирпича, определяющая сезонность кирпичного производства имела и другие недостатки. Прямые солнечные лучи, ветер, дождь - отрицательно влияли на сырец. С середины XIX в. российские конструкторы создавали проекты устройства сушил на основе тепла обжиговой печи. Старые печи нуждались в коренном усовершенствовании. Первым российским ученым, разработавшим научные основы конструирования обжиговых печей, был профессор В.Е. Грум-Гржимайло. В своем методе расчета печей он использует гидравлическую теорию движения пламени в печи и опирается на труды М.В. Ломоносова. Российские инженеры (Дельвис, Ф.Томас, Штральман, Зверев, А.К. Больман) конструирова-

ли четырехкамерные, трехкамерные печи разных емкостей. А идеи наших инженеров послужили толчком к западноевропейским разработкам в этой области. В 1859 г. была построена первая кирпичеобжигательная кольцевая печь непрерывного действия по проекту немецких инженеров Гофмана, Лихта, Мацеевского. В этом же году первые четыре гофмановские печи заработали в России.

В середине XIX в. с появлением кольцевой обжиговой печи, ленточного пресса, вальцов, глиномялок и других технических новинок, количество и качество кирпичей шагнуло на новый промышленный уровень. Кроме обычного строительного кирпича промышленным способом стали производить лекальный кирпич сложной конфигурации, пустотелый облицовочный кирпич, глазурованный и ангобированный. Для контроля качества продукции была продумана система клеймения. Каждый кирпичный завод имел собственный фирменный знак – клеймо.

Второй период условно можно назвать периодом механизации. Он продолжался вплоть до 20-30 гг. XX века. Однако наряду с машинным производством, долгое время сохранялось и ручное производство. Обусловлено это было тем, что ручное производство, несмотря на его меньшую эффективность, было относительно дешевым. К 1854 г. в России работало более 850 кирпичных заводов, на которых было занято около 10 тыс. рабочих, выпускавших примерно 126 млн. шт. кирпича в год. Дешевизна рабочих рук не стимулировала применения механического оборудования[3].

Со второй четверти XX века и по настоящее время можно выделить третий период в технологии кирпичного производства. Условно этот период можно назвать периодом новых технологий и автоматизации. В СССР к 1930 г. производство керамического кирпича возросло до 4132 млн. шт. в год. В 1930 г. Джузеппе Морандо спроектировал и изготовил принципиально новую модель экструдера, схема работы которого является основой для всех современных прессов пластического формования. Ганс Лингл (1910-1983) является разработчиком системы автоматизации кирпичного производства[4]. Карл Келлер разработал систему транспортировки сырцовых изделий. Развитие машиностроения предопределило появление принципиально новых технологий в производстве керамического кирпича.

С начала XIX века начинает внедряться технология полусухого прессования. Активно этот процесс начался в 30-х годах прошлого века. Вначале этот способ применялся для камневидного трудноразмокаемого глинистого сырья – аргиллитов, глинистых сланцев. Технология полусухого прессования облегчает одну из наиболее сложных и длительных стадий технологического процесса – сушку. В СССР данная технология получила широкое развитие. Американская фирма «J.C. Steele & Sons, Inc.» на протяжении 70 лет является основным разработчиком технологии и оборудования «жесткой» экструзии и почти монопольно владеет мировым рынком. «Жесткий» метод дает возможность экструдировать глинистое сырье при влажности 12-18 % (оптимальная влажность 14-16 %), поэтому при сушке требуется удалить меньше влаги. Общая усадка при этой технологии не выше 4-5 %, что положительно влияет на качество кирпича, стабильность и прочность садочного пакета. В последние годы для формования клинкера и полнотелого лицевого кирпича в Западной Европе используется технология «Soft mud». Оборудование для такого формования производится голландской фирмой Де Бур (De Boer B.V.). Формование осуществляется при влажности формовочной массы 30-33 %. Этот способ позволяет изготовить изделия, имитирующие старинные, сформованные вручную[3].

В настоящее время, в силу особых причин, Россия, к большому сожалению, не располагает машиностроительной базой для производства комплектных технологических линий для производства керамического кирпича. Существовавшие в СССР мощности находились на территории Украины и Белоруссии. В обозримом будущем нет технических и экономических предпосылок для организации производства оборудования для комплектных технологических линий пластического формования и «жесткой» экструзии, отвечающего современным требованиям. Проведенный анализ показал, что в настоящее время, возможна организация производства лишь технологических линий для производства керамического кирпича только способом полусухого прессования. Обусловлено это тем, что оборудование для производства (гидравлические пресса, дробилки, смесители и т.д.) выпускается и используется в других отраслях промышленности и требует лишь несложной доработки и адаптации. Учитывая, что производство кирпича является одной из основ строительной отрасли и не может базироваться только лишь на импортном оборудовании, эта задача является стратегической и приоритетной.

Список используемых источников:

1. Гинзбург В.П. Керамика в архитектуре. – М.: Стройиздат. - 1983.

2.Синютин М. История кирпича и кирпичного производства.- «Вечерняя Москва». - 1985.

3.Сайбулатов С.Ж. Производство керамического кирпича. - М.: Стройиздат. – 1989.

4.Салахов А.М., Салахова Р. А. Керамика вокруг нас.–М.: «Стройматериалы». - 2008

ВЛИЯНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ КЛАССИЧЕСКОЙ КОЛОКОЛЬНОЙ БРОНЗЫ.

Бурцев Д.С.
Научный руководитель: Ершов М.Ю., д.т.н., профессор.
Университет машиностроения (МАМИ), 107023, г. Москва, ул. Большая Семеновская, д.38
E-mail: rezon333@yandex.ru

Колокол относится к уникальному изделию, которое на протяжении нескольких тысячелетий получается с помощью литейных технологий, различающихся применяемыми материалами и технологическими режимами. Все эти технологии (способы литья) включают общую последовательность операций: изготовление литейной формы, расплавление металла, заливку металла в форму, его затвердевание и последующее извлечение отливки из формы.

Центральным звеном литейных технологий является процесс затвердевания колокола, определяющий его акустические свойства, в зависимости от сформированной микроструктуры изделия, плотности и механических свойства сплава.

В настоящей статье рассмотрено влияние технологических процессов, применяемых для литья колоколов на формирование микроструктуры и механические свойства классической колокольной бронзы (20% олова).

Традиционно колокола изготавливали в сухие песчано-глинистые формы, применяя шаблонную формовку. Изготовленную из песка и глины литейную форму перед заливкой тщательно просушивали и обжигали для придания ей необходимой прочности. В настоящее время на большинстве Российских предприятий применяется адаптированная к современным формовочным материалам традиционная литейная технология с использованием холоднотвердеющих смесей (ХТС). В ряде случаев используются специальные, созданные в последнее время технологии.

В случае ХТС применяют постоянные модели из металла, древесины или пластмассы. Смесь из кварцевого песка и карбомидо-фурановой смолы марки КФ-90 приготавливают в лопастном смесителе с добавлением катализатора. Живучесть смеси составляет около 10 минут, в течении которого её необходимо уплотнить в литейной форме. Хорошее качество поверхности достигается при использовании мелкодисперсных огнеупорных красок. Применение постоянных моделей с наименьшим количеством разъемов позволяет повысить точность размеров отливок, а следовательно, уменьшить отклонение по частотам звукового спектра колокола. Теплофизические свойства формы в этом случае близки к песчано-глинистой, прокалка формы перед заливкой не производится.

Литье в керамические формы по Шоу-процессу обеспечивает высокое качество поверхности отливки. Формовочная смесь состоит из кварцевого песка, добавок пылевидной фракции и связующего – гидролизованного этилсиликата. Для управления процессом твердения в смесь добавляют катализатор.

Возможна формовка как по постоянным моделям, так и с помощью шаблона. При этом меняется количество катализатора и консистенция формовочной массы. В случае формовки по постоянным моделям, приготавливают жидкоподвижную смесь, которую заливают в пространство между моделью и опокой. В случае формовки по шаблону смесь доводят до густой консистенции, путем добавки дополнительного количества пылевидного кварца. После затвердевания смеси, формы прокаливают с помощью газовых горелок. Прокалка формы перед заливкой изменяет условия затвердевания в форме.

Интересным для колокольного производства представляется кокильное литье. В настоящее время этот способ не применяется на заводах, в виду дороговизны кокилей; отсутствия данных о влиянии быстрого охлаждения на частотные характеристики колоколов и их физико-механические свойства; технических затруднений при изготовлении колоколов большой массы, а также получении украшений сложной конфигурации на поверхности колокола. Вместе с тем способ характеризуется высокой геометрической и размерной точностью, возможностью получения высокой плотности сплава и мелкозернистой структуры. Для колоколов вышеперечисленные свойства являются одними из главных параметров, влияющими на срок службы и качество звучания (длительность звучания, распределение частот в звуковом спектре колокола). Освоение данной технологии и изучение влияния параметров литья, по нашему мнению, является весьма актуальной научно-технической задачей.

Эксперименты проводили на опытных отливках в виде стержня, диаметром 10 мм. Опытные плавки проводились в печи сопротивления с графитовым тиглем на чистых шихтовых материалах. Микроструктуры исследовали на поперечных шлифах, вырезанных из стержневых отливок. Методами стереометрической металлографии были определены объемные доли структурных составляющих колокольной бронзы. Физико-механические свойства проверялись методом конечно – элементного моделирования

путем измерения основной частоты звучания свободно подвешенного стержня. Звуковой спектр опытных образцов анализировали с помощью профессиональных программ.

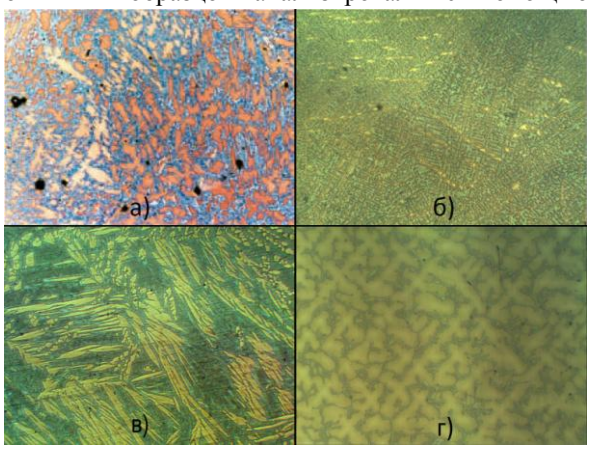


Рис.1 Микроструктуры (×100) классической колокольной бронзы при различных способах литья: а) в сухую песчано-глинстую форму [3], б) в кокиль, в) в форму из песчано-смоляной смеси (ХТС), в керамическую форму.

На рис. 1,а показана микроструктура колокола, отлитого в 19 веке. Темные пятна на ней усадочные микропоры.

Микроструктура классической колокольной бронзы вне зависимости от метода литья представлена α-фазой – твердым раствором олова в меди с гранецентрированной кубической решеткой, имеющей дендритное строение. Междендритное пространство заполнено двухфазным эвтектоидом, состоящим из α+δ фаз. Фаза δ - твердый раствор на основе электронного соединения $Cu_{41}Sn_8$ (32,6% Sn), имеет сложную кубическую решетку типа γ-латуни с концентрацией валентных электронов на атом 21/13 [1].

Для рассматриваемых случаев заметно влияние условий затвердевания на средний размер дендрита α-фазы (желтые поля на снимках) и дисперсность эвтектоида (серо-голубые поля на снимке). При кокильном литье зёрна имеют существенно меньший размер, в отличие от разовых форм. Высокая скорость кристаллизации приводит к уменьшению площади, занимаемой на шлифе α-фазой, которая для кокиля составляет – 58%. Стереометрическое определение этого параметра для других способов показало более высокие значения, приведенные в табл. 1.

Сложилось представление [3,4] о том, что высокие акустические свойства классической колокольной бронзы объясняются присутствием в ней δ-фазы. Действительно, при литье в металлические формы демпфирующая способность сплава ниже, чем при литье в керамические формы, это заметно на слух. Во-первых, это связано с количеством хрупкого интерметаллида, во-вторых, с тем, что плотность сплава также повышена по сравнению с другими методами литья. Значения модуля упругости образцов, их плотность и частота основного тона приведены в табл. 1.

На сегодняшний день идут большие споры, какая же технология литья наиболее удачная для изготовления колоколов. С точки зрения богатства украшений и их сложности наиболее удачной технологией является, несомненно, литье в керамические формы по Шоу-процессу. Но если речь завести об акустических характеристиках колоколов, то тут литье в кокиль имеет ряд преимуществ, с которыми очень сложно поспорить. До сих пор на современных заводах не удается достичь той красоты звучания, которая была у старинных колоколов. Поэтому очень важно исследовать достаточно большое количество образцов металла именно исконно-русских колоколов. Изучая их микроструктуру, возможно, будут раскрыты и секреты технологии древних мастеров.

Табл. 1 Свойства образцов.

Образец.	Доля α-фазы, %	Модуль Юнга, гПа	Частота основного тона, Гц.	ρ, г/см^3
а).	65			
б).	58	119	4457	8,93
в).	62	98	3843	8,8
г).	69	93	3569	8,78

1. Физико-химические основы материаловедения / Готтштайн Г.; пер. с англ. К.Н. Золотовой, Д.О. Чаркина; под ред. В.П. Зломанова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 400с.

2. Audy J. *Bells Evaluation from Buchner Workshop from Casting Point of View*. Engineering Thesis, The Technical University in Kosice City, Czechoslovakia, June 1988.

3. Соколова М.Л. Металлы в дизайне. [Текст] / Научн. Изд. – М. : МИСИС – 2003. – 168 с.

4. Шашкина Т. Б. Серебряные колокола. [Текст] // Природа. 1983. №6. С.: 69-73.

ХУДОЖЕСТВЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННОГО БУЛАТА И ДАМАСКА

Е.Р. Григоренко,
Научный руководитель: Куликовских С.Н., к.и.н., доцент
Южно-Уральский государственный университет (НИУ), филиал в г. Златоусте,
456209, Россия, г. Златоуст, ул. Тургенева, 16
E-mail: snk.zlat@yandex.ru

Интерес к узорчатым сталям, обладающим замечательными технологическими и эксплуатационными характеристиками, не угасает на протяжении многих веков. И сегодня, в XXI в. все чаще стал проявляться спрос на изделия, выполненные из булатной и дамасской сталей.

История узорчатой стали – это история войны, торговли, технического прогресса, вековых исследований, щедро сдобренная мифами и ошибочными суждениями. В Европу удивительной красоты и прочности дамасские сабли первыми принесли с Востока крестоносцы [1, с. 9]. Существуют три гипотезы возникновения словосочетания «дамасская сталь». Вода по-арабски звучит как «дамас» и дамасские клинки часто описываются как имеющие водообразный рисунок на поверхности. Но некоторые исламские авторы утверждают, что мечи называемые «дамасцины» были произведены и откованы в Дамаске. Однако другие ссылаются на кузнеца-оружейника по имени Дамаскуй, который делал мечи из литой стали. Любая из этих гипотез может соответствовать действительности, но корень «дамас» (вода) кажется наиболее вероятным, поскольку связан с характерным узором на поверхности.

Отечественные учёные, в отличие от зарубежных коллег, чётко разграничивают понятия «булат» и «дамаск» [2]. Принципиальные отличия материалов заключаются в их структуре и свойствах. Булат – это композитный материал из мягкой стали с фрагментами из высокоуглеродистой стали, полученный литьем. Отсюда уникальное сочетание вязкости, упругости клинка, его высокой твердости и отличных режущих свойств.

Наиболее известными исследованиями в области булатной стали считаются труды выдающегося учёного-металлурга П.П. Аносова. В начале 1840-х годов в Златоусте он получил литую булатную сталь, из которой были созданы клинки, составляющие сегодня коллекции многих музеев России и мира [3,с. 127].

Существующее многообразие сортов булата определяется главным образом исходной структурой сплава и приёмами ковки клинка. Эффект проявления узора объясняется резкой структурной неоднородностью металла, в котором участки с разным содержанием углерода и травятся по-разному. Таким образом, неизменный спутник классического булата – различимый невооруженным глазом узор того или иного вида.

В настоящее время с узорчатой сталью работают ученые-металлурги филиала ЮУрГУ (НИУ) в г. Златоусте, а студенты ТХОМ с успехом используют их наработки в своих дипломных проектах.

Дамаск – это композиционный сплав, составленный из двух или более разных типов сталей с различным содержанием углерода, соединенный путем многократного проковывания. Как и у булатной стали, у дамаска имеется множество различных классификаций, но самой популярной считается классификация по узору. Типичный для дамасской стали рисунок образуется в результате поверхностного травления кислотой или хлоридом железа. После травления слоистость стали становится отчетливо видна.

Неповторимый узор булатной и дамасской сталей издавна привлекает внимание ценителей украшенного холодного оружия. В условиях современной металлургии стало возможным добиться множества других различных характеристик узорчатой стали – как внешних, так и внутренних. Компания «АиР» (г. Златоуст) известна среди ценителей ножей серийного производства и изделий декоративно-прикладного искусства, как предприятие, широко использующее в производстве высококачественные марки стали, в том числе, нержавеющий дамаск «Damasteel AB» (рисунок 1). Этот материал открыт одноименной шведской компанией, которая предложила метод производства узорчатых нержавеющих сталей с использованием технологий порошковой металлургии [4].



Рисунок 1 – Т. Султанова, В. Юмагулов. Кортик «Чёрная ночь». «Damasteel AB» (Швеция). Компания «АиР».

Одной из последних новаторских разработок, применяемых Компанией «АиР», являются композиционные (дамасские) стали, известные под торговой маркой «БулатградЪ». Высокие

эксплуатационные и декоративные свойства, а также перспективность нового материала стали причиной решения компании открыть производство дамасских сталей на собственных площадях. Внедрённая технология обеспечила получение высококачественных композиций различных сталей и сплавов. Zladinox (Zlatoust+Damast+Inoxidable) – под таким названием «Компания «АиР» вывела на рынок свой нержавеющий дамаск. Специалисты мирового уровня отмечают высокие режущие свойства нового дамаска, технологичность и, безусловно, декоративные свойства [5].

Современные мастера, следуя традициям Златоустовской школы художественной металлообработки, находят применение современной златоустовской узорчатой дамасской стали в произведениях декоративно-прикладного, оружейного в том числе, и ювелирного искусства (рисунок 2).

Рисунок металла, по сути является декоративным свойством, которое отражает структуру металла. А поскольку структура и свойства находятся в неразрывной связи, то при дальнейшем изучении «тайн» уже имеющихся исследований в сфере кузнечного искусства и термообработки, представляется возможным совершенствовать декоративные свойства этих сталей и программировать более сложные узоры. Не отвлекать внимание от рисунка стали, а, напротив, подчеркнуть художественно-декоративные достоинства дамаска и булата – в этом суть творчества художника-гравёра, проявление его деликатного и уважительного отношения к материалу.



Рисунок 2 – Н. Рябинина, П. Иванов. Подвеска «Талисман удачи». «ZD-1016» (Златоуст). Компания «АиР».

Таким образом, металл, обладающий поразительными художественно-декоративными особенностями, благодаря своей структуре, заслуживает внимания художников. Уральские оружейники и мастера декоративно-прикладного искусства, сохранив трепетное отношение к материалу – дамасской и булатной стали, продолжают традиции Златоустовской школы художественной обработки металла, обогатив ее арсенал . Современные произведения с применением дамаска и булата отвечает требованиям времени, отличаются высоким мастерством и эстетикой исполнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1 Гуревич, Ю.Г. Загадка булатного узора / Ю.Г. Гуревич. – М.: Знание, 1985. – 192 с.
2 Фейербах, Анна. История дамасской стали / А. Фейербах. – http://ostmetal.info/istoriya-damasskoj-stali.
3 Пешкин, И.С. Аносов / И.С. Пешкин. – Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 1987. – 207 с.
4 Каталог изделий «Компании «АиР», 2012. – 72 с.
5 Zladinox. – http://zlatoust-air.ru/shop/auxpage_opisanie.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕСС-ФОРМ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ФИЛИГРАННОГО ОРНАМЕНТА В ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЯХ ИЗ МЕТАЛЛА

Гуделайтис А.К., Жукова Л.Т.
Научный руководитель: Жукова Л.Т.., д.т.н., профессор
Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна,
198186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 18
E-mail: gugi@yandex.ru

Художественная обработка металла является одним из древнейших ремесел, освоенных человеком. В России это ремесло принадлежит к самым известным народным промыслам и занимает значительное место в национальной культуре. Изучение и анализ традиционных ювелирных технологий позволяет взглянуть с новых позиций на современный дизайн ювелирных изделий, открывая новые возможности в совершенствовании технологических процессов производства ювелирных изделий.

Известны ручные способы обработки материалов, применяемые в ювелирном ремесле. За многовековую историю они неоднократно совершенствовались, модернизируя производство, ускоряя и делая эффективнее труд ювелира [1].

В современном производстве большинство ювелирных изделий изготавливаются при помощи автоматизированной техники. Однако во многих случаях при применении сложных технологических решений в изготовлении ювелирных украшений ручная работа остаётся незаменимой.

Примером ручной работы может служить технология филиграни. Этот способ художественной обработки металла известен с глубокой древности, но до сих пор ювелиры предпочитают изготавливать филигранные украшения традиционным способом, т.е. гнуть элементы узора вручную.

Технология изготовления филигранных изделий на сегодняшний день представляет собой одну из наиболее интересных и перспективных задач для практического совершенствования технологического процесса и применения его на производстве. При сочетании с современными технологиями традиционный способ изготовления филиграни обладает широкими возможностями для получения разнообразных оригинальных промышленных изделий.

Сущность процесса изготовления филиграни состоит в образовании ажурного узора из гладкой или кручёной проволочной заготовки. Узор набирается из традиционных элементов [2] в соответствии с эскизом, сочетание которых позволяет создавать разнообразные орнаменты. В единое целое отдельные элементы филиграни соединяют при помощи пайки.

В работе было предложено изготовление орнамента филигранных изделий с использованием специальных пресс-форм для набора и пайки элементов декора.

Лазерные технологии дают возможность локального управляемого нагрева плоских и объёмных металлических поверхностей [3], что позволяет спроектировать и изготовить новый тип пресс-формы, в которой можно выполнить последовательный набор всего узора. Лазерный луч обеспечивает высокую концентрацию энергии, под воздействием которой, материал плавится, возгорается, испаряется или выдувается струей газа. Таким образом, под воздействием лазерного излучения на металлической поверхности осуществляются узкие резы сложной формы, с высокой степенью точности и качества, а также, с минимальной зоной деформации металла вокруг обрабатываемого участка.

Совершенствование технологического процесса позволит снизить затраты производства, повысить качество и увеличить ассортимент филигранных изделий на современном ювелирном рынке.

Традиционно для формирования филигранного орнамента используют специальные пинцеты - корнцанги (шириной до 15 мм, толщиной до 1,5 мм и длиной до 150 мм с коротко заостренными и слегка согнутыми внутрь концами). В некоторых случаях при работе с элементами сложной конфигурации или большим количеством одинаковых элементов применяют ленивец - это деревянная дощечка с металлическими стержнями, расположенными друг от друга на расстоянии 3 мм [4].

Набор скани и подготовка его к пайке обычно состоит из трех операций:

1) выгибание элементов орнамента из проволочной заготовки;
2) пасовка элементов друг к другу, по эскизу;
3) фиксация элементов при помощи клея, а также биндры (тонкая железная проволока, используемая для соединения элементов филиграни);

При традиционном способе набора орнамента имеет место ряд недостатков, оказывающих влияние на качество изделий и трудоемкость их изготовления:

- элементы согнутые вручную, могут не соответствовать эскизу, а также элементы, имеющие одинаковую форму, могут отличаться друг от друга;

- при фиксации декора на клей и при обвязывании биндрой существует вероятность смещения элементов;
- набор и фиксация узора требует больших временных затрат;

Помимо традиционного способа фиксации орнамента перед пайкой применяются и другие способы, такие как погружение филигранных элементов в горячую расплавленную буру или формование в гипсе [5]. Но эти способы направлены только на закрепление элементов при пайке и набор филигранного узора осуществляется вручную.

Следует отметить, что филигранные изделия также могут быть изготовлены методом литья, гальванопластики или при помощи штампов, быть обработаны методом чеканки, просечения, выпиливания и гравировки. Однако, в отличие от подлинной филиграни, такие изделия зачастую оказываются экономически нерентабельными и имеют низкие эстетические свойства, не создают эффектной фактуры, игры светотени, благодаря чему филигранные изделия должны приобретать особо нарядный, изысканный вид.

При изготовлении филигранных изделий процесс пайки является одним из самых ответственных этапов. Важную роль играет плотный и правильный набор элементов, именно этот фактор отвечает за надёжность филигранного изделия в эксплуатации. Чистота пайки также имеет особое значение. Избыток припоя может привести к заливке фактуры элементов и порче внешнего вида изделия. Использование пресс-форм для соединения филигранного орнамента облегчает процесс пайки, делает его более удобным и качественным.

В отличие от способа фиксации орнамента на клей, фиксация узора в пресс-форму исключает вероятность сдвига элементов в процессе пайки. Клей при температурном воздействии вспучивается и выгорает, в то время как в пресс-форме элементы прочно фиксируются и соединяются друг с другом. Это позволяет сразу после набора плоского ажурного орнамента осуществить качественную пайку элементов филиграни непосредственно в пресс-форме без применения каких-либо вспомогательных материалов и приспособлений.

Сложные и накладные (многоплановые) композиции из филиграни могут также изготавливаться при помощи пресс-форм. В этом случае, сборка и пайка деталей узора осуществляется отдельно, по частям, а затем формируется в единый орнамент. При работе с объёмным филигранным орнаментом в изделиях набор элементов производится в пресс-форме и после пайки из плоской ажурной заготовки дифуют необходимый объем.

Область применения филиграни в ювелирном деле чрезвычайно широка. Ажур может сочетаться с драгоценными камнями, эмалью, чернью и т. д. В пресс-форме филигранный орнамент может быть соединён с другими частями изделия - кастами, накладками, цепочками и замками.

Разработанная модель пресс-формы позволит найти новые дизайнерские решения при формировании филигранных орнаментов, увеличить серийность художественных изделий с филигранью, существенно снизить время набора филигранных элементов, тем самым повысить производительность труда и сократить потери драгоценных металлов. Приспособление простое в практическом использовании и работа с ним не требует особых квалификационных навыков. Пресс-формы могут быть применены как на производстве, так и в учебном процессе.

Филигранные изделия поражают своим изяществом и тонкостью работы. Предметы, выполненные в этой технике весьма разнообразны: личные украшения и сувениры, предметы религиозного культа и предметы обихода, украшения для интерьеров и др. Одежда также может быть расшита филигранью.

Современным достижением является изготовление филигранных скульптур разнообразных размеров [6]. Такой вид применения техники филиграни отличается значительностью идеи и создаёт задачу промышленного тиражирования скульптур, что открывает новые технологические возможности в использовании пресс-форм.

Разработанный способ формирования филигранного орнамента при помощи пресс-форм направлен на частичную механизацию технологического процесса и может являться основой для полной автоматизации процесса изготовления филигранных ювелирных изделий.

Библиография:

1.Новиков В.П. Книга начинающего ювелира [Текст] / В.П. Новиков. - СПб.: Политехника, 2001. - 6 с.

2.Марченков В.И. Ювелирное дело [Текст] / В.И. Марченков. - М.: Высшая школа, 1992. - 197 с.

3.Афонькин, М.Г. Применение современных технологий при декорировании художественных изделий из металла [Текст] / М.Г. Афонькин, Е.В. Ларионова // Журнал «Дизайн. Материалы. Технология», / СПБ: СПБГУТД, 2009 – Вып. 3 (10) – 100 с. – С.3-8

4.Флёров А. В. Художественная обработка металлов [Текст] / А.В. Флёров. – М., Высшая школа, 1976. – 122 с.

5.Малаховский, И. Сканные узоры [Текст] / И. Малаховский // Журнал «Наука и жизнь», / М.: 1982. - 2 с.

СТЕКЛЯННЫЙ СТОЛ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОПОРОЙ

Денисова М.В., Соколов А.П.
Научный руководитель: Соколов А.П., к.т.н., доцент
Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ledymary@bk.ru

Дизайн мебели – создание модной, современной и качественной мебели. И главное в этом деле – материал, из которого она изготовлена.

В современном дизайне интерьера стало очень модным применять стекло.Его применяют для изготовления зеркальных потолков и стен, журнальных столиков, барных стоек, различных шкафов и дверей, тумб, комодов и т.д. (Рис.1) Но, как и у всякого материала, у стекла есть свои достоинства и недостатки.[1]



Рис.1.Предметы интерьера из стекла[2]

Начнём с достоинств стекла:

1. Высокая прочность.
2. Эстетическая привлекательность.
3. Сочетание почти со всеми материалами.
4. Способность расширять пространство.

Выделим главный недостаток полностью стеклянной мебели (Рис.1): низкая вариативность изделий. Стекло в большинстве случаев имеет плоскую форму, поэтому изделия имеют ограничения в вариантах формы.

Целью данной работы является исследование возможности расширения формообразования стеклянных столов.В данной статье будут рассматриваться только стеклянные журнальные столики с металлической ажурной опорой.

При проектировании журнального столика было выявлено, чтоихвариативность увеличивается за счёт металлической опоры.Пластика металла позволяет «пластично» расширяет возможности дизайнера в формообразовании.

На рисунке 2 представлен эскиз разработанного журнального столика с ажурной металлической опорой:



Рис.2.Эскиз стола с металлической опорой



Рис.3 Макет стола с металлической опорой

По данному эскизу был выполнен макет стола, представленный на рисунке 3:

Макет выявил недостаток данной модели – она неустойчива, поэтому далее были разработаны еще эскизы столов (Рис.4., Рис.5).

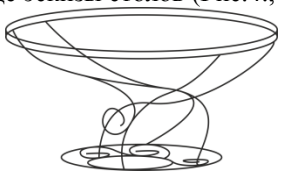


Рис.4.Эскиз стола с металлической опорой

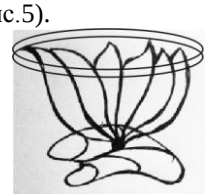


Рис.5. Эскиз стола с цветком

Макет стола по эскизу (рис.5) показал минусы этого варианта и подсказал лучший вариант, реализованный в макете (рис. 6).



Рис.6. Макет стола с металлической опорой

Прочность стола с металлической опорой определяется прочностью соединения её со стеклянной столешницей, а также прочностью соединения деталей самой металлической опоры.

Рассмотрим сначала прочность соединения металлической опоры со стеклянной столешницей. Для того чтобы обеспечить прочное соединение стекла с металлом, существуют различные способы, но выделим два основных: «уф-склейка» и склейка пастой или клеем.

В настоящее время существует технология склеивания конструкции из листового стекла – «уф-склейка». Данный способ позволяет соединять не только стекло со стеклом, но и стекло с металлами и сплавами, включая нержавеющую сталь и латунь. Суть технологии «уф-склейки» заключается в том, что элементы соединяются посредством прозрачного клея, полимеризующегося под действием уф-лучей. В результате стыки получаются более прочными, чем сама конструкция, и в процессе эксплуатации мебель из стекла, даже под воздействием больших нагрузок, сохраняет свою целостность (рис.7).

Процесс уф-склейки стекла имеет ряд достоинств:

1.Высокая прочность склеенного соединения.

2.Визуальный эффект прозрачности в месте уф-склейки стекла.

3.Быстрота выполнения операций.

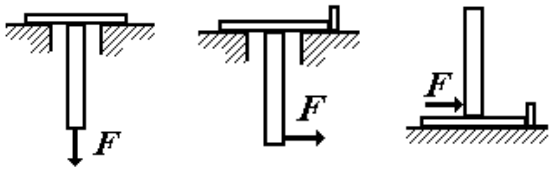
4.Широкий спектр применения [3].



Рис.7.Стол, в котором применена уф-склейка [4]

Также стекло с металлом соединяют при помощи клеев, например, на основе эпоксидной смолы. Такие клеи удобны, но требуют большой площади склеиваемых поверхностей.

После описания всех соединений материалов, необходимо перейти к расчету стеклянного кованого стола на прочность в месте соединения стекла с металлом. Рассмотрим случай, когда ножки стола не связаны между собой. На рис. 2 представлен эскиз стола с витыми ножками, состоящими из нескольких деталей, неразъёмно соединённых между собой, но на схемах моделей для испытания их можно аппроксимировать в виде балок, консольно соединённых со столешницей (рис. 8). Прочность такого соединения нужно испытывать на растяжение, изгиб и срез.



а) б) в)

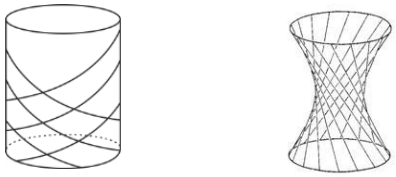
Рис.8. Схемы моделей испытания соединения опоры со стеклянной столешницей: а) растяжение, б) изгиб, в) срез

Так как ножки стола не связаны между собой, то по данным схемам определяется прочность соединения каждой ножки в отдельности. Пользуясь теорией сопротивления материалов, можно показать, что при одной и той же площади соединения ножки со столешницей наиболее возможно нарушение соединения при изгибе. Поэтому рассчитывать и испытывать нужно на изгиб. Если же ножки соединены друг с другом, то рассчитывать и испытывать нужно на растяжение и срез.

При создании ажурных металлических объектов наиболее часто используется ручная электродуговая сварка, основанная на использовании тепловой энергии электрической дуги. Она не требует сложного оборудования, и можно сваривать детали на месте в любом положении, но необходимо решать несколько проблем (например, обработка шва). Изделия, изготовленные с применением сварки, находят широкое применение. С её помощью можно сделать все что угодно, начиная от миниатюрных фигурок и заканчивая архитектурными деталями и скульптурными композициями. Благодаря тому, что сварка всё большее применение находит в арт-дизайне, сформировался даже термин «художественная сварка»[5].

Если ножки стола объединяются в одно целое, то получающаяся конструкция при определённой плотности неразъёмно соединяемых деталей может рассматривается как оболочка[6].

Проведен анализ двух тел вращения: цилиндра и гиперболоида. (Рис.9)



а) б)

Рис.9 Схемы оболочек: а) цилиндр, б) гиперболоид вращения

Гиперболоид вращения, созданный из стержней, является более жесткой конструкцией, чем цилиндр, за счет прямых стержней, соединённых неразъёмно в точках пересечения. Цилиндр таких прямых линий не имеет, соответственно, является менее жесткой системой.

При расчете стеклянного кованого стола следует обратить внимание на следующее:

1.Вес металлической части стола зависит от ее формы.

2.Площадь соединения металла со стеклом.

3.Выбор клея зависит от экономичности и технологичности.

Выводы:

1.Анализ формообразования стола со стеклянной поверхностью показал, что применение металлической опоры расширяет вариативность формы стола.

2.Предварительный расчёт прочности стола может быть сведён к выяснению возможности аппроксимирования конструкции металлической опоры оболочкой.

Список литературы:

1.http://www.meb-z.ru/staty/steclo.html

2. http://www.domechti.ru/steklo-v-interere/7070

3.http://www.fstekla.com/glassfurniture

4.http://vior.ru/products/Zhurnalnyj_stol_Dueht-32.html

5.Каховский Н. И., Фартушный В. Г., Ющенко К. А., Электродуговая сварка сталей. Киев, Наукова думка, 1975, 396с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕРКОВНОГО ТЕКСТИЛЯ

Т .Ю. Дерябина
Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Л.Т.Жукова
Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна
Санкт-Петербург Большая Морская 18
E-mail: muravejkina@fromru.com, lt_zhukova@mail.ru

Церковный текстиль представляет собой совокупность всех предметов из ткани, употребляемых в Церкви, включает в себя непосредственно богослужебные вещи, предметы интерьера и одеяния духовенства.

Формы и размеры предметов церковного текстиля варьируются от монументальных до миниатюрных. Некоторые изделия являются святынями для поклонения, другие выполняют функцию покровов или одеяний, встречаются изделия, совмещающие эти функции.

В процессе исторического развития сложилась традиция декорирования литургического текстиля художественной вышивкой, состоящей из изобразительных элементов, имеющих символическое значение и происхождение из текстов Священного Писания и Священного Предания. Вышитые произведения используются в каждом храме России в виде облачений священнослужителей, богослужебных предметов, святынь, деталей интерьера и, является неотъемлемой частью русского церковного искусства [1]. Их влияние важно для создания гармонии, способствующей ритуалу богослужения, молитве. На рисунках 1-3 представлены литургические изделия мастерской «Убрус».



Рис. 1. Комплект облачения



Рис. 2. Митра



Рис. 3. Комплект покровцов

Актуальность исследования в этой области вызвана растущей потребностью в предметах церковного убранства, декорированных вышивкой, связана с восстановлением и строительством храмов и монастырей. По этой причине существует необходимость комплексного исследования технологии церковной вышивки и создания объектов церковного интерьера непосредственно с применением современных дизайнерских разработок и прогрессивных промышленных технологий. Это исследование позволит выявить самобытность и выразительность современных предметов церковного убранства, будет способствовать расширению номенклатуры изделий, повышению их качества и эргономических свойств.

В настоящее время в России существует лишь несколько мастерских церковной вышивки,

которые не в полной мере удовлетворяют спрос на предметы церковного текстиля [2]. Выделяются два направления в работе современных мастерских:

-художественно-археологическое;

- создание собственного стиля.

Сущность художественно - археологического направления заключается в копировании древних церковных памятников путём выполнения их в особой технике ручной вышивки, соответствующей догматико-каноническим и иконографическим требованиям. Примером такой работы является копия пелены «Преображение» XV века, выполненная в мастерской Православного Свято-Тихоновского гуманитарного университета и представленной на рисунке 4.



Рис. 4. Пелена «Преображение»

Особенностями направления по созданию собственного стиля являются: новые иконографические сюжеты, многообразие применяемых материалов и техник, эксперименты в стилистике, поиск новых художественных форм, расчёт на эстетическое восприятие. Примером изделия этого типа является оклад на икону Спасителя, изготовленный в мастерской Свято-Елизаветинского монастыря и представленный на рисунке 5.

В рамках этого направления применяется дизайн-проектирование литургических объектов в целях оптимизации их разработки и изготовления. Задача дизайнера в данном случае заключается в гармонизации структуры и формы проектируемого литургического изделия. Она решается воплощением в объемно-пространственной структуре, тектонике, пластике, колористике вещи как утилитарно-технически, так и эстетически значимого содержания объекта проектирования.

В рамках этой задачи применяется художественно-образное моделирование объекта дизайн-проектирования посредством композиционного формообразования. Этот метод базируется на результатах анализа утилитарных и эстетических запросов и предпочтений потребителей, с учетом среды использования (храмового интерьера) и восприятия объекта, а также анализа функций объекта, свойств конструкционных и отделочных материалов и технологии изготовления изделия [3].

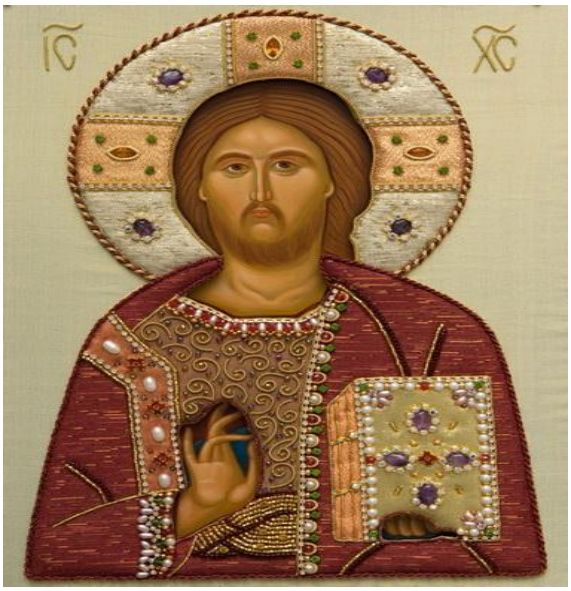


Рис. 5. Оклад на икону Спасителя

Соотношение утилитарной и эстетической составляющей объекта дизайн-проектирования различна в разных видах и типах изделий храмового убранства, что находит отражение в характере их композиционно-стилевого решения, особенностях объемно-пространственной структуры, колорита, выборе средств и приемов достижения их образности и выразительности, преобладании технического или декоративного начала в художественном образе изделия [4].

В результате точного воплощения проекта в готовом изделии и совершенства промышленного изготовления продукции, эстетическое совершенство дизайн-проекта материализуется в промышленном изделии (серии изделий). Применение современных технологий и материалов в проектировании и изготовлении церковного текстиля открывает новое направление в церковном искусстве.

Литература:

1. Шабельская, Н. П. Материалы и технические приёмы в древнерусском шитье / Н. П. Шабельская // Вопросы реставрации: Сб. ЦГРМ / Под. ред. И.Э. Грабаря. - М., 1926.

2. http://ubrus-ru. (дата обращения 15.02.2013).

3. Гаршин, А. А. Методология дизайн-проектирования элементов предметной среды: учеб. пособие / А. А. Гаршин. - М.: Архитектура - С, 2004. - 232 с.

4. Логвиненко, Г. М. Декоративная композиция: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Изобразительное искусство» / Г. М. Логвиненко. - М.: Гуманитарное издательство центр ВЛАДОС, 2008. – 144 с.

ВЛИЯНИЕ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ НА ФОРМУ ПРОМЫШЛЕННОГО ИЗДЕЛИЯ

Жукова Н.В
Науный руководитель: Зуев А.В.
Томский Политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30.
E-mail: yanido@mail.ru

Ресурсоэффективность - это стратегия любой современной компании. В условиях экономического кризиса и надвигающегося кризиса ресурсов Земли каждый старается максимально использовать исходные материалы в производстве.

С одной стороны стоит экономия бюджета, в силу большой стоимости сырья. Высокая себестоимость и количество материалов приводит к увеличению цен на конечный продукт, и, как следствие, к снижению спроса. Кроме того, необходима утилизация отходов производства, приводящая к дополнительным затратам.

Другая же сторона - экологическая. Есть необходимость беречь каждый грамм, сантиметр ресурсов, для сохранения их для будущих поколений.

Повышение ресурсоэффективности означает использование меньшего количества ресурсов для создания того же объема продукции или получения того же свойства – например, срока эксплуатации и качества продукции – при наличии определенного количества материалов и энергии[1].

В данной статье предлагается рассмотреть повышение эффективности использования материальных ресурсов, на примере раскроя листового материала: сталь, фанера, ДВП, ДСП, ПВХ и пр. Именно эта форма материала наиболее наглядно демонстрирует наличие отходов и их количество при изготовлении.

В первую очередь, интересует область использования листового материала. Это могут быть:

- деревосодержащие панели для производства мебели;
- металлические листы применяются для облицовки зданий и сооружений, создании декоративных и бытовых изделий;
- листовой пластик, как и металл, находит применение в наружной рекламе: вывески, баннеры, рекламные стелы и т.д.

Одним из главных параметров ресурсосбережения в использовании листового материала является рациональный раскрой листа материала, а именно, такое расположение заготовок на листе, при котором остается минимальное количество отходов.

Существует различное программное обеспечение (ПО), разработанное специально для безотходного раскроя заготовок прямоугольной формы. Такая функция называется «фигурный раскрой». Однако, сложно найти ПО, способное эффективно скомпоновать на листе контуры деталей сложной криволинейной формы, так часто используемых в дизайне.

Кроме того, требуется проследить как влияет повышение эффективности использования материалов на дизайн промышленного изделия. Иначе говоря, как именно изменяется форма изделия от создания эскиза до готового продукта.

Промышленный дизайн охватывает огромное множество изделий, но за основу была взята форма сложно поддающаяся рациональной компоновке, на основе которой был разработан ажурный светильник, выполняемый из листовой стали (рис.1, рис.2).



Рис. 1. Ажурный светильник (первоначальный вариант) в светлое время суток



Рис. 2 Ажурный светильник в темное время суток

Для раскроя заготовок светильника были использованы различные программы (Техтран, ProNest's, Astra S-Nesting,), которые по описаниям разработчиков оборудованы функцией фигурного(безотходного) раскроя.

К сожалению, результат работы программ не удовлетворил требованию получения минимума отходов. Лишь одно приложение САПР T-FLEX CAD по факту имеет возможности ресурсосберегающего раскроя заготовок [2]. Хотя, при использовании этого приложения по-прежнему остаются отходы, главная же цель данной статьи - нахождение такой формы изделия, при производстве которого не останется никаких остатков.

В связи с этим, необходим поиск нового метода раскроя, что приводит нас к эскизной разработке.

Дорабатывая боковой модуль исходного светильника, осуществим переход к более простой и экономичной форме (рис.3), при этом не менее эстетичной.

Именно эта готическая форма взята за основу нового осветительного прибора.

Разрабатывая новое изделие, по-прежнему происходит столкновение с проблемой наличия остатков. Именно по этому предлагается создание еще одного изделия дизайна из отходов исходного.

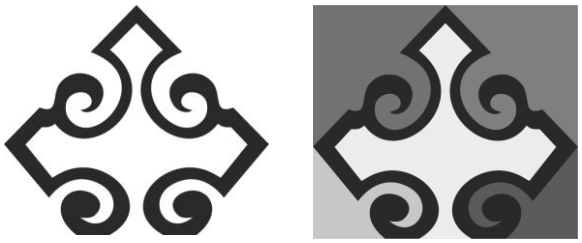


Рис. 3. Базовая форма

Проанализировав форму, взятую за основу, и форму излишков, получаем основной продукт - светильник и дополнительный - подсвечник.



Рис. 4. Элементы (детали) светильника/подсвечника

Оба изделия имеют сложную форму деталей, и при компоновке их на листе с помощью программ, не было бы реализовано ресурсоэффективное производство. Но при использовании метода, предложенного автором, из двух листов материала абсолютно без остатков получается два самостоятельных изделия (рис.5, рис.6).



Рис. 5. Готовое (модель) изделие - светильник



Рис. 6. Готовое (модель) изделия - подсвечник



Рис.7. Использование изделий в темное время суток

Детали получаются плазменной или лазерной резкой листовой стали и соединяются точечной сваркой. При выполнении боковых стенок светильника возможно использовать вставок из стекла, с целью приглушения светового потока. Однако, без использования стеклянных вставок боковые стенки дают легкие ажурные тени, что придает особый шарм (рис.7).

Кроме того, возможен вариант производства разработанных изделий и из листового пластика, но в этом случае, непригодным к эксплуатации становится подсвечник. Таким образом, следует рассматривать в качестве материала термостойкие полимеры: фторопласты, полифенилены и т.д.

Таким образом, был пройден путь от создания дизайна изделия под влиянием важного для современной промышленности фактора-ресурсосбережения. Именно этот фактор и повлиял на конечную форму продукта, его функциональную часть, а также подвел к созданию еще одного изделия. Следовательно, любой дизайнер-создатель современного мира должен обращаться к этому условию производства, ведь именно он определяет конечный результат.

Список литературы:

1. Ресурсоэффективность и утилизация отходов Bankwatch URL: http://bankwatch.org/ru/our-work/our-themes/resource-efficiency (дата обращения - 25.01.2013)
2. Андреева М.С. дипломный проект «Разработка приложения по автоматизации фигурного раскроя деталей в составе САПР T-FLEX CAD»

СОЗДАНИЕ ДЕКОРАТИВНОЙ ПОДСТАВКИ ДЛЯ КОЛЕЦ

Жукова Н.М.
Научный руководитель: Утьев О.М., ст. преподаватель.
Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: nadusha@sibmai.com

Во все времена без украшений не обходилась ни одна женщина. Кольца, например, самые распространенные украшения. Наверное хоть одно кольцо украшает пальцы каждой женщины, ну а любительницы этого вида украшений имеют в своем арсенале большое их разнообразие, как говорится, на все случаи жизни. Не хочется терять любимые кольца, а имея место для хранения, все ваши любимые украшения будут всегда под рукой. Поэтому я решила изготовить декоративную подставку для колец. В настоящее время существуют различные виды подставок для украшений, рис.1. Свою подставку я выполнила методом литья по выплавляемым моделям.



Рис.1 виды декоративных подставок

В совершенстве литье по выплавляемым моделям было разработано в 1950-е гг. В нашей стране этот вид литья получает развитие в 1968 г. В основном данный вид литья применяется в промышленном ювелирном производстве.

Технология литья по выплавляемым моделям имеет ряд специфических особенностей:

— модель служит для получения только одной отливки, потому что вытапливается в процессе изготовления формы;

— металл заливают в тонкостенные неразъемные формы, получаемые путем нанесения огнеупорного покрытия на модель, сушки покрытия, удаления (вытапливания) модели и последующего прокаливания формы;

— формовочная смесь представляет собой суспензию, состоящую из мелкозернистого огнеупорного материала и связующего раствора;

— применение мелкозернистых пылевидных огнеупорных материалов обеспечивает очень высокое качество поверхности отливки.[1]

Основные этапы данного вида литья:

Изготовление модели и монтаж модельных блоков. Для художественных отливок модель изготавливается из восковых смесей (парафин, стеарин и т.п.) в резиновой пресс-форме. С помощью инжектора (модель 1500.D-DIGIT, производство Италия) заполняют пресс-форму воском и вынимают модели. Затем собирают припаиванием в модельный блок с общей литниковой системой и окрашивают, окуная в облицовочный жидкий состав, состоящий из 30-40% гидролизованного этилсиликата и 60-70% кварцевой муки. Толщина наносимого слоя 1-1,5 мм. Использование этилсиликата является преимущественным по времени, т.к. при использовании кристобалита, слой застывает в течение суток.

Формовка модели. Модели формуют в цилиндрических металлических опоках, используя готовые смеси на основе кристоболита. В опоку устанавливается елочка из моделей и литниковой системы, затем в опоку заливается формовочная смесь и опока устанавливается на вибро - вакуумный стол (PRO-CRAFT, производство США), чтобы из смеси вышел воздух и поверхность формы стала более качественной.

Выплавление модельного состава и прокалка формы. Режимы данной операции зависят от состава и характеристик выплавляемой массы. И могут варьироваться по времени от 6 часов до 18. Данная операция состоит из двух этапов: первый при низких температурах (около 100 °С) происходит выплавление модельного состава, второй – прокалка формы проводится при высоких температурах (от 300 до 750°С).

Заливка металла. Режим заливки металла имеет значение для качества поверхности отливки. Заливка металла производится на вибро – вакуумном столе.

Чистка изделий и удаление литниковой системы. При необходимости проводится очищение поверхности изделий, а также полировка. Возможна обработка чеканкой и нанесение покрытий. [2]

Литье по выплавляемым моделям имеет следующие преимущества[3]:

- возможность изготовления из практически любых сплавов отливок сложной конфигурации, тонкостенных, с малой шероховатостью поверхности, высоким коэффициентом точности по массе, минимальными припусками на обработку резанием, с резким сокращением отходов металла в стружку;
- возможность создания сложных конструкций, объединяющих несколько деталей в один узел, что упрощает технологию изготовления машин и приборов;
- уменьшение расхода формовочных материалов для изготовления отливок, снижение материалоемкости производства;
- улучшение условий труда и уменьшение вредного воздействия литейного процесса на окружающую среду.

К недостаткам данной технологии следует отнести:

- процесс изготовления литейной формы является многооперационным, трудоемким и длительным;
- большое число технологических факторов, влияющих на качество формы и отливки, и соответственно связанная с этим сложность управления их качеством;
- большая номенклатура материалов, используемых для получения формы;
- сложность манипуляторных операций изготовления моделей и форм, сложность автоматизации этих операций;
- повышенный расход металла на литники и поэтому невысокий технологический выход годного (ТВГ).

Учитывая возможности литья по выплавляемым моделям, были разработаны эскизы будущих отливок (см.рис. 1).



Рис.1. Эскизы декоративной подставки, автор: Жукова Н.М.

На данном эскизе изображены варианты декоративной подставки. Тематикой для созданного объекты был выбран мир животных. Стилизованный аист выполнен из скульптурного пластилина. Это одно из преимуществ использования жидкой резины, т.к. не требуется нагрев для ее застывания. Также можно использовать другие материалы: пластик, глину, пасту, дерево, металл.

В данной работе было решено использовать силиконовую двухкомпонентную резину. Преимуществом данного материала можно обозначить способность заполнять собой мелкие впадины и отверстия, чего не может обеспечить сырая резина, обычно используемая в лабораториях института, также необходимо отметить, что резина застывает при комнатной температуре в течение 40-60 мин., а значит нет необходимости использования дополнительного оборудования для нагрева. Из за ее прозрачности можно проследить ход работы наглядно. Недостатком однако является относительная дороговизна материала.

Надо отметить, что в процессе изготовления пресс-формы, на модель был нанесен защитный разделяющий слой (силиконовая смазка ВЭЛВ, производство Россия) для более легкого изъятия пластилиновой модели. На рис. 3,4 изображены промежуточные этапы работы.



Рис.3 установка пластилиновой модели в пресс-форму

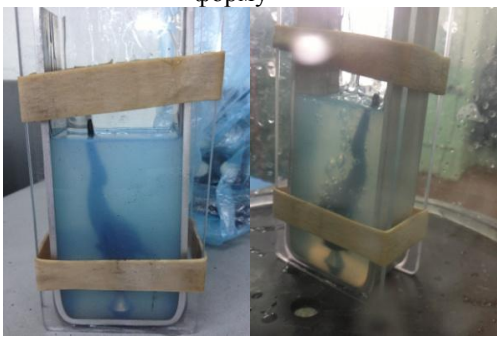


Рис.4 заливка пресс-формы жидкой силиконовой резиной и вакуумирование

Для заливки была выбрана литейная латунь – это многокомпонентный сплав на основе меди, где основным легирующим элементом является цинк, иногда с добавлением олова, никеля, свинца, марганца, железа и других элементов. В ювелирном литье чаще используют латунь с содержанием от 5 до 20% цинка, которая имеет золотистый цвет и называется томпаком (Л90, Л77), с содержанием 20 –36% цинка – желтой латунью (Л67).

После механической обработки, чтобы придать изделию благородный вид, изделие покрывают гальваническим покрытием — металлической пленкой толщиной от долей мкм до десятых долей мм, наносимой на поверхность металлических и неметалических изделий путем электролитического осаждения металлов или сусальным золотом - тончайшие (обычно около 100 нм) листы золота, которые обычно используются в декоративных целях. Серебро, золото, никель и хром наносятся на поверхность стали или других металлов не только для улучшения внешнего вида, но и для защиты от коррозии.

Список литературы:

1. http://xn--80aagiccszezsw.xn--p1ai/uchebniki/specialnye-vidy-litya/3-lite-po-vyplavlyaemym-modelyam
2. Методические указания по курсу «Технология художественного литья» для студентов IV курса, сост. О.М. Утьев : изд. ТПУ, 2012г. – 30с.
3. http://uas.su/books/spesialmethodsforcasting/21/razdel21.php
4. http://uas.su/books/2011/sertifikacia/44/razdel44.php

ЗНАЧЕНИЕ ЦВЕТА В АРХИТЕКТУРЕ КИРПИЧНЫХ ЗДАНИЙ

Зайцева В.Н.
Научный руководитель: Лапунова К.А., ассистент
Ростовский государственный строительный университет,
344022, Россия, г. Ростов – на – Дону, ул. Социалистическая, 162
E-mail: keramik_kira@mail.ru

Цвет в архитектуре - одно главных из средств выразительности. Композиционные задачи в области цвета при возведении зданий, сооружений и архитектурных комплексов решаются путем использования собственного цвета строительных, или отделочных материалов, окрашиванием поверхностей в процессе возведения зданий и сооружений, либо при изготовлении отдельных конструктивных элементов в заводских условиях. Проблема цвета в архитектуре тесно связана с вопросами освещения зданий и сооружений.

Выбор цвета определяется: назначением здания, сооружения или помещения, габаритами здания (помещения), световым климатом района строительства, природным окружением, значением сооружения (либо его части) в общей композиции комплекса сооружений или помещений, характером архитектурных форм и др. С помощью цвета можно выделить отдельные сооружения. [1]

На протяжении многих веков цветовое решение архитектурных зданий менялось: оно становилось то более сложным, то более простым, то заполняло собой целые фасады, то сосредотачивалось лишь в отдельных местах, отражая в своих изменениях особенности архитектуры. Цвет создает общий фон зданию, акцентирует внимание на его деталях и отдельных частях, а также подчеркивает его тектонику. Эта особенность цвета служит и в настоящее время прекрасным средством для выявления весовых зрительных соотношений отдельных частей фасада.

Цвет создает настроение и оказывает воздействие на наше восприятие. Однако он способен воздействовать не только на эмоциональном, но и на рациональном уровне: заложенные в здании цветовые коды могут апеллировать к культурной памяти или актуальным модным тенденциям, нести в себе не только явные или завуалированные смысловые послания, но и мгновенно считываемую невербальную информацию. Цветовое решение почти всегда субъективно (и как бы необязательно) - для него не существует утвержденных стандартов или предписаний, оно не заложено в функциональной программе здания. Однако именно цвет зачастую придает проекту неповторимость и законченность, благодаря ему даже ординарную по форме постройку можно превратить в произведение искусства. Работая с цветом, архитектор проявляется как художник. И в его распоряжении сегодня огромная палитра красок и материалов - от традиционных до самых современных. Полихромность в архитектуре уходит корнями в древность и имеет такую же историю, как сама архитектура. Однако эта линия развития никогда не была непрерывной. И если в интерьерах цвет на протяжении многих эпох присутствовал неизменно, то во внешнем облике, на фасадах зданий, он то появлялся, то исчезал - иногда надолго.[2]

Рассматривая архитектуру различных эпох и культур можно проследить, что в греческой архитектуре здания были интенсивно окрашены, они не боялись контрастных цветовых соотношений. Вся цветовая гамма не снижала значения структуры сооружений, а, наоборот, подчеркивала ее. Этому обстоятельству способствовало то, что греки, при интенсивности окраски сооружения, основные конструктивные части оставляли неокрашенными или окрашивали их под цвет естественного материала. В храмах, сооруженных из менее дорогого материала - известняка, конструктивные части покрывались тонким слоем обмазки и окрашивались под естественный цвет камня. Такая окраска, во-первых, способствовала ощущению прочности и материальности конструктивных частей, и, во-вторых, светлый тон колонн и архитрава (цвет мрамора и известняка) сильно выделялся, благодаря контрасту с ярко окрашенными остальными частями сооружения, и тем самым подчеркивался основной конструктивный костяк.

В средние века архитектор, оставляя фасады почти неокрашенными, применял полихромию, главным образом, внутри здания. В окнах соборов были вставлены цветные стекла. Проникая через цветные стекла, свет придавал колоннам, нервюрам, столбам и другим конструктивным частям соборов фантастическую окраску, лишая их природного, свойственного им цвета. Здесь цвет уже не подчеркивал конструктивного значения отдельных деталей, а создавал ряд чисто живописных эффектов, имеющих до некоторой степени случайный и изменчивый характер.

В готике и барокко архитектор придавал цвету значение самостоятельного фактора. Окраска напоминала легкую цветную ткань, накинутую на каменное тело конструкции и скрывающую ее материальную природу.

Многоцветное убранство фасадов применялось в русской архитектуре уже в X-XI вв. Об этом свидетельствует древнейшие русские летописи, говорящие о златоверхих теремах, златоглавых храмах и «исписанных» хоромах. В русской архитектуре XVII в. цвет играет большую роль в керамической изразцовой облицовке. Позже стал преобладать естественный цвет строительных мате-

риалов: красного кирпича, белого камня, черной, а позднее коричневой и зеленой поливной черепицы кровель.

А в начале XX века начали появляться разные стили в архитектуре, которые имели свою особенную цветовую гамму. Так, стиль деконструктивизм, появившийся в 1980-м году был характерен ломаными формами, визуальной сложностью, агрессивностью. Активно используются цветовые контрасты - красный кирпич, жёлтые пояса, интенсивный зелёный цвет, сталь.

В облике современного города увеличивается число цветоносителей, как первичных (земля, водоемы, природа, фасады зданий), так и вторичных (реклама, транспорт, световое оформление), нуждающихся в правильной гармонизации. Цвет, по мнению ученых, влияет на физиологическое состояние, психику, настроение и работоспособность человека. Серые новостройки с их депрессивным влиянием уходят в прошлое, и архитекторы стремятся «раскрасить» пространство. Для северных районов благоприятны теплые тона, для курортов и городов с жарким климатом – холодные, частная коттеджная застройка должна учитывать пожелание заказчика.

На сегодняшний день существует много способов декорирования и придания цвета декоративному керамическому кирпичу: офактуривание, ангобирование, глазурование, объемное окрашивание, ведутся испытания с полимерными красителями. Выпускается множество оттенков в красной, желтой или коричневой гамме, причем такой кирпич обычно применяется как многоцветный (multicoloured), так и с набором всех оттенков. В этом случае стена выкладывается со случайным распределением пятен, как в простой кладке естественного камня или с выдержанным рисунком, достигаемым расположением кирпичей одного тона в определенной последовательности.

Кирпич с каждым годом завоевывает все более значительное место в архитектуре. Это объясняется, прежде всего, значительной экономичностью кирпича. Кирпичная, неоштукатуренная стена стоит дешевле оштукатуренной уже потому, что она не требует ремонта в течение десятков и даже сотен лет. В Средней Азии имеются сооружения, сложенные из обыкновенного обожженного кирпича, которые сохранились с XI и даже X века.

К сожалению, в подавляющем большинстве случаев в России окраска лицевого кирпича ограничена красно-коричневым цветом, с небольшой вариацией оттенков, хотя современная архитектура жилых домов и зданий общественного назначения ориентирована на разнообразие цветов и оттенков. Стремление архитекторов к светлой окраске зданий современных городов увеличило спрос на лицевой кирпич светлых тонов. Светлая окраска зданий хорошо отражает свет и создает иллюзию увеличения пространства.

Цвет кирпича в основном зависит от состава глины. Большинство глин после обжига имеют классический кирпичный цвет. Такие глины называются красножгущимися, а сам кирпич - красным. Реже встречаются беложгущиеся глины, из них получается желтый, абрикосовый или белый кирпич.

У нас в России все большую популярность приобретает кирпич отличный от красного, поэтому сейчас можно увидеть довольно большое разнообразие светлого кирпича, причем, изготовленного не только из натуральной светложгущейся глины либо смеси нескольких видов глины, но и с добавлением натуральных компонентов, что позволяет также получать светлые оттенки кирпича.

Следующее направление - это получение кирпича более темного оттенка. Для этого в сырье также вводят различные пигментные добавки натурального происхождения. Такой кирпич может использоваться как самостоятельно, так и в сочетании с более светлым кирпичом, для увеличения контраста.

Возможно также изготовление керамических кирпичей нестандартного цвета, такого как зеленый или голубой, однако спрос на такой кирпич в России довольно низок, а себестоимость производства напротив высока.[4]

Существует также фасонный кирпич - это геометрически видоизмененный обычный кирпич. Фигурные кирпичи, также как и просто облицовочные изготавливаются, в различных цветовых вариациях

Наиболее востребованными являются изделия таких цветов, как бежевый, желтый, розовый и различные их оттенки: от самых светлых до насыщенных. Однако во многих регионах России, и особенно на юге России, практически отсутствует традиционное для стеновой керамики светложгущееся глинистое сырьё. Осветлять темножгущиеся глины технологически сложно и трудоемко. Разработанные технологии осветления и окрашивания имеют малый практический выход из-за технологических сложностей и высокой стоимости их реализации. Керамический же черепок, полученный обжигом карбонатных разновидностей кремнистых пород, имеет светлые тона – бежевый, светло-желтый, светло-розовый.

Список литературы:

1. Келер В., Лукхардт В., Свет в архитектуре. Свет и цвет, как средства архитектурной выразительности, пер. с нем., М., 1961.

2. http://otherreferats.allbest.ru/

3. Сайбулатов, История русского искусства 10-19в, М., 1990 г.

4. http://oblic-kirpich.ru/news/2012-07-02/novost

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИЗАЙНА

Зуев А.В.
Научный руководитель: Кухта М.С, д.ф.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: zuevandrew@mail.ru

Развитие научно-технического прогресса за XX – нач. XI вв. вывело отношение общественности к предметной среде на новый уровень. Основу вещественного окружения человека составляют техническая и эстетическая составляющие, объединяемые общим понятием – дизайн. Цель дизайна, в трактовке ИКСИД (международной ассоциации дизайна) – определение формальных качеств предметов, производимых промышленностью, относящихся не только к внешнему виду, но, главным образом к структурным и функциональным связям. Сегодня все большее внимание уделяется не только к качеству дизайна как творческой деятельности, но и к социальным и экологическим проблемам.

Очевидно, что каждая производящая фирма стремиться повысить конкурентоспособность своей продукции и в кратчайшие сроки подготовить ее к реализации на рынке. Обеспечение выполнения этих условий возможно благодаря:

1. высокому качеству, обеспечиваемым использованием специального оборудования и технологий и соответствием стандартам, в том числе и международным;
2. маркетинговым исследованиям и активной рекламной кампании: исследования рынка могут предсказать потребности общества в той или иной продукции;
3. оригинальному дизайну, как следствию, объединяющему в себе особенности промышленного производства и маркетинга.

Стремление создавать уникальную продаваемую продукцию, не всегда совпадает с рациональностью использования как материальных, так временных и финансовых ресурсов в производстве и дизайне. В связи с этим, является актуальной оценка эффективности путей достижения определенных целей в дизайне. При этом, под эффективностью будем понимать рациональное (то есть необходимое и достаточное количество) использование указанных ресурсов без снижения уровня качества продукции. Другими словами, об эффективности в промышленном дизайне можно судить по тому, насколько доступным становится изделие потребителю после выхода на рынок.

Проиллюстрируем вышесказанное на простейшем примере: предположим, что требуется обеспечить (сделать доступным) население целой страны пишущим инструментом – карандашами, при условии, что последние как таковые еще не изобретены. Задача создания такого изделия, прежде всего, сводится к определению его комплекса функциональных условий:

1. доступность – дешевизна на рынке;
2. удобство – эксплуатация человеком не должна вызывать трудностей и неудобств;
3. функциональность – непосредственное выполнение ключевой функции «пишущий инструмент»;
4. эстетичность – эксплуатация изделия не должна вызывать у человека негативной психологической реакции.

Кроме того, с точки зрения покупателя качество продукта определяется в большей мере субъективной оценкой потребителя и в меньшей мере - характеристиками самого продукта. Отдельные покупатели имеют различные потребности, причем те товары, которые удовлетворяют эти потребности наилучшим образом, рассматриваются как обладающие наивысшим качеством [1]. В общем виде уровень качества бытовых изделий определяется с помощью метода экспертных оценок по формуле [2]:

$$K = k_1\Pi_1 + k_2\Pi_2 + k_3\Pi_3,$$

Где k_1, k_2, k_3 – коэффициенты весомости показателей (эксплуатационный, технологический, эстетический соответственно), а Π_n - соответствующие показатели качества. Однако в поставленной задаче требуется оценить эффективность при условии, что $K = const$. Поэтому в качестве направлений исследования эффективности также определим:

- a - эстетичность;
- t - количество задействованных материалов, технических и технологических средств;
- e - удобство эксплуатации, дополнительная функциональность – эргономичность;
- p - доступность – стоимость;

Разумеется, является невозможным учет абсолютно всех факторов, таких как, например, организационная структура предприятия или тип и точность оборудования. То есть, для каждого определенного типа продукции и предприятия будут свои нормы и показатели, но поскольку речь идет о дизайне, имеет смысл рассмотреть указанные, являющиеся ключевыми и прямо вытекающими из определения дизайна.

Взаимосвязь между ними как для обобщенного бытового изделия, так и для приведенного примера с карандашами графически может быть продемонстрирована на рис.1 определением следующих задач:

- Задача №1: создать карандаш максимально эффективно (минимально) используя материальные ресурсы (на графике - t_1), к примеру, варьируя толщину и длину карандаша (рис.3а). Очевидно, что такое изменение формы приведет к удешевлению продукта, но при этом к ухудшению эксплуа-

тационных качеств: сокращается срок службы, обусловленный хрупкостью и быстрым стачиванием. При этом, эстетический показатель также становится меньше.

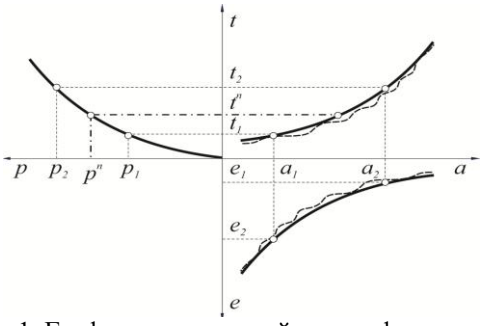


Рис.1. График зависимостей между факторами эффективности

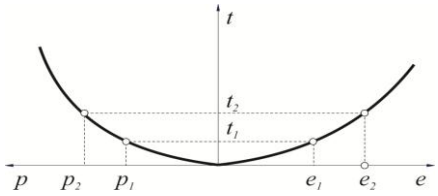


Рис.2. График зависимостей между факторами эффективности

- Задача №2: создать карандаш с высоким эстетическим показателем (на графике – a_2). Решим эту задачу, варьируя уже форму и цвет (рис.3б). Это приведет к усложнению технологического процесса (потребуется дополнительное оборудование и материалы) и, как следствие, к увеличению стоимости. Однако, совершенно не обязательно повысится удобство использования.



а) б)

в)

Рис.3. Варианты карандашей с: а) минимумом материала; б) высоким эстетическим показателем; в) высокой функциональностью

- Задача №3 (рис.3в): создать максимально удобный и функциональный карандаш (на рис.2 – e_2), со стирательной резинкой, лампочкой подсветки или просто-напросто механический. Очевидно, что значительно возрастет количество затрачиваемых как материальных, так и финансовых ресурсов.

По графику на рис.1 также можно определить количество материальных ресурсов и ожидаемый показатель эстетичности и эргономичности при условии заданной стоимости - на графике – p^n (суммы, которую готов отдать потребитель).

Кроме того, возвращаясь к экологическим проблемам, стоит упомянуть о концепции устойчивого развития, ставшей актуальной еще в 1970-1980-х годах, в основе которой гармоничное использование природных ресурсов и инвестиций, ориентация на науку и развитие техники [3]. Анализируя жизненный цикл изделия, следует проводить сопоставление между производством изделия и влиянием на окружающую среду, например по углеродному следу при получения материала (рис.4). Составление диаграмм и графиков воздействия на окружающую среду с помощью специализированного программного обеспечения (SolidWorks Sustainability Xpress) позволит определить приемлемые пути создания и продвижения изделия с выполнением условий эстетичности и эргономичности.

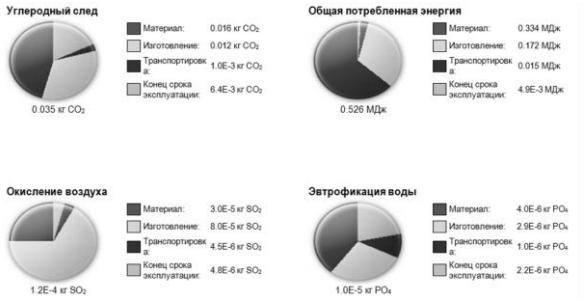


Рис.4. Отчет Solid Works Sustainability

Таким образом, возвращаясь к графикам, становится ясно, что для решения главной задачи повышения эффективности дизайна и каждого из заявленных факторов, промышленному дизайнеру следует стремиться к тому, чтобы при любых заданных начальных условиях, будь то стоимость, эргономичность, количество располагаемого материала или требуемая эстетическая привлекательность, кривые взаимосвязей принимали бы вид прямых параллельных осям. Иными словами, даже располагая незначительными материальными средствами, целью дизайнера является создание уникального бытового изделия с показателем эстетичности не ниже, чем у аналога с большим количеством задействованных материалов, технических и технологических средств.

Список литературы:

1. Экономика предприятия (фирмы): Учебник/ Под ред. проф. О.И. Волкова и доц. О.В. Девяткина. - 3-е изд., перераб. и доп. - И.: ИНФРА-М, 2005. - 601 с.

2. М.С. Кухта, А.П. Соколов, К.С. Сокур Художественно-проектные решения и современные технологии арт-объектов средового дизайна // Известия Томского политехнического университета. 2011. – Т.319. - №6. – с. 177-181.

3. Устойчивое развитие — Википедия. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Устойчивое_развитие (дата обращения: 10.01.2013).

УСТОЙЧИВОСТЬ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ КРЕМНЕЗОЛЕЙ

Иванова И.М., Петров С.М.
Научный руководитель:ПетровС.М., к.т.н., доцент
Санкт – Петербургский государственный политехнический университет,
195251,Россия, Санкт – Петербург,ул.Политехническая, 29
E-mail:gialit@yandex.ru

При изготовлении частей художественных изделий применяются различные методы. Чаще всего используют метод литья по выплавляемым моделям, который является универсальным способом полученияхудожественных отливок любых габаритов, массы и степени сложности из металлов любых марок. Достоинства метода дают возможность максимально приблизить отливку к готовому изделию, а в ряде случаев получить ее без механической обработки[1].

Литейную форму получают послойным нанесением суспензии на блок моделей, обсыпкой каждого слоя огнеупорным песком с последующей его сушкой (отверждением). Число слоев зависит от качества суспензии, габаритов модельного блока и обычно составляет четыре и более. Суспензия состоит из связующей жидкости и пылевидного огнеупорного материала.

В настоящее время в технологии литья по выплавляемым моделям применяются различные составы суспензий с разнообразными связующими — гидролизованным этилсиликатом, жидким стеклом, кремнезолем, металлофосфатами.

В исходном состоянии все используемые связующие представляют собой жидкости, которые должны образовывать при смешивании с порошками огнеупорной основы устойчивые суспензии.Они должны хорошо смачивать поверхность моделей, не вступая во взаимодействие с модельным составом, по возможности быстро высыхать и отверждаться на поверхности модельных блоков, не претерпевая при этом значительной усадки и образуя прочные пленки с высокой степенью адгезии к поверхности зерен огнеупора[1].

В настоящее время пытаются заменить этилсиликат на современныесвязующие, например «Армосил», Людекс и др. Готовые связующие типа «Армосил»имеют следующие преимущества по сравнению с этилсиликатом:

- они на водной основе, невоспламеняемы, нетоксичны, идеальны с точки зрения экологии;
- суспензии на их основе обладают большим сроком живучести, более постоянными свойствами и требуют минимального обслуживания;
- обеспечивают повышенную газопроницаемость форм и меньшую их склонность к растрескиванию.

Недостаточная смачиваемость кремнезолями отечественного производства модельных составовприводит к необходимости применения для первого слоя, наносимого на модельный блок, суспензии с этил-силикатом. Для повышения смачиваемости кремнезоля в его состав вводят поверхностно-активные вещества, что в свою очередь требует дополнительно введения пеногасителей.

В работе предлагается для повышения смачиваемости введение в состав кремнезоля растворителей, хорошо смачивающих модельные составы, в сочетании с ПАВ.

Особое внимание следует обращать на процессы испарения связующего. Просушенность формы – весьма критичный показатель. Нанесение слоев с недостаточной сушкой предыдущих покрытий приводит к разрушению формы при вытопке модельного состава.

Проведены эксперименты, в ходе которых былаисследована кинетика процессовиспарения различных связующих: этилсиликата, «Армосил» и «Людекс» и влияние на эти процессырастворителя.

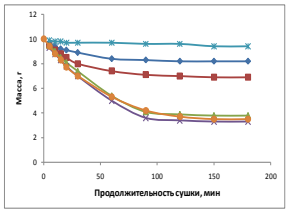


Рис.1.Процесс сушки связующего «Армосил» с различным количеством ацетона, где: «Армосил»+20% ацетона, «Армосил»+40% ацетона, «Армосил»+ 60% ацетона, «Армосил»+ 80% ацетона, «Армосил», «Этилсиликат»

В результате было установлено, что при введении ацетона процесс сушки на начальном участке подчиняется экспоненциальной зависимости. А через 90 минут ацетон полностью испаряется из состава связующего так же, как и в случае применения гидролизованного этилсиликатного раствора.Через 60 минут наступает практически полное удаление ацетона из смесей с 20% и 40% ацетона. В дальнейшем процессе испарения практически не наблюдается изменение массы исследуемых образцов, за счет сушки самого связующего. Зависимость на этом этапе приобретает практически прямолинейный характер.

Было установлено (Рис. 1), что

процессиспарениячистого «Армосила» дольше в несколько раз и, чем больше вводится растворителя, тем быстрее происходит процесс сушки.Возможна замена этилсиликата на «Армосил» для наносимого на модельный блок первого слоя суспензии, если в него дополнительно вводить ацетон или другой растворитель. Ацетон испаряется быстро, а как показано в работе [2]возрастает доля наполнителя и при этом вязкость суспензии с маршалитом возрастает. Это приводит к повышению качества поверхности первого слоя формы и, как следствие, к высокому качеству поверхности отливки.

Вязкость относится к числу очень важных структурно – чувствительных свойств жидкого состояния вещества. По характеру изменения вязкости можно судить о структурных изменениях в жидкости.Из многочисленных методов определения вязкости в настоящей работе используется метод Стокса, который основан на измерении скорости шарика, падающего в исследуемой жидкости.

Расчетная формула для вязкости:

$$\eta = \frac{2}{9} \cdot \frac{\rho_1 - \rho_2}{V_0} \cdot r^2 \cdot g \ ,$$

Где: ρ_1- плотность материала шарика; ρ_2 - плотность жидкости; r-радиусшарика; g-ускорение свободного падения; $V_0 = \frac{L}{\tau}$ - скорость движения шарика в жидкости; L-длина пути, который проходит шарик; τ - время прохождения пути шариком.

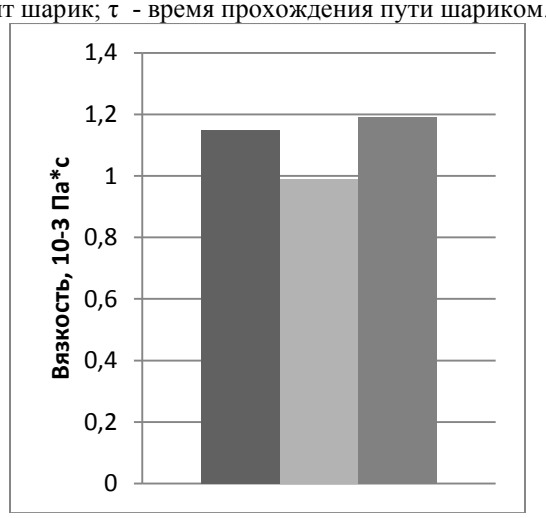


Рис. 2. Экспериментальные значения вязкости различных растворов: ■ Вода, ■ - «Армосил», ■ - Спирт+Вода

Были проведены измерения вязкости связующего «Армосил» с разбавлением ацетоном.

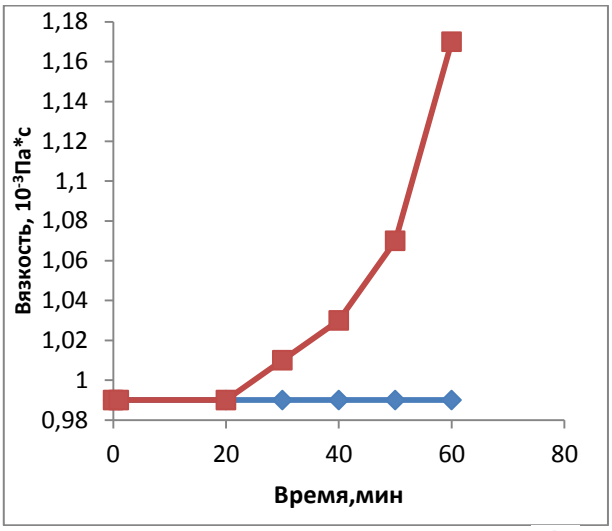


Рис. 3. Зависимость вязкости от времени, где: «Армосил», «Армосил» с 10 % растворителя – ацетон

В результате исследования было установлено (Рис. 2), что вязкость связующего «Армосил» без добавления в него растворителя ($0{,}99 \cdot 10^{-3}$Па*с) близка по значению к вязкости воды ($1{,}02 \cdot 10^{-3}$Па*с).

Было установлено, что при введении 10% ацетона в «Армосил» вязкость в течение 20 минут остается неизменной ($0{,}99 \cdot 10^{-3}$ Па·с), а затем величина вязкости возрастает к 60 минутам с $1{,}01 \cdot 10^{-3}$ Па·с до$1{,}17 \cdot 10^{-3}$ Па·с. Значит это обусловлено тем, что сначала идет внутренняя перестройка структуры водного раствора Армосила. Далее начинается процесс гелеобразования, который представляет собой коалесценцию коллоидных частиц – укрупнению их размеров, что и приводит к росту вязкости раствора.

Таким образом, можно сделать вывод, что возможно использование «Армосила», как связующего с добавлением растворителя при изготовлении отливок методом ЛВМ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Литье по выплавляемым моделям. В.Н. Иванов, С.А. Казенов, Б.С. Курчман и др.; под общ. ред. Я.И. Шкленника, В.А. Озерова. - 3-изд., перераб. И доп. - М.: Машиностроение, 1984. - 408 с., ил.
2. Литейная керамика на кремнезольном связующем.Емельянов В.О., Мартынов К.В., Рагозин С.М., Пречесный М.А.,Санкт-Петербургский институт машиностроения (ЛМЗ-ВТУЗ)

ДЕКОРАТИВНАЯ КИРПИЧНАЯ КЛАДКА В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ

Калинина А.А.
Научный руководитель: Муртазина И.Ф.
Ростовский государственный строительный университет
344022, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162
E-mail: alynka07@mail.ru

Кирпичная кладка — конструкция из укладываемых по определенным правилам кирпичей. Кирпичную кладку можно выполнить из разных видов кирпичей. Самыми известными видами кирпичей являются силикатный и керамический, обычно из них выполняют наружную кладку стен [1].

Декоративная кирпичная кладка - это разновидность лицевой кирпичной кладки. Её главная функция – эстетическая, и вместе с этим к кирпичу предъявляются высокие требования по прочности, морозостойкоси, теплопроводности.

Для обеспечения выразительности декоративной кладки кирпича применяют различные способы разрезки облицовочного слоя вертикальными швами. Сочетая способы перевязки и раскладки кирпича в лицевом слое, а также разный по цвету и размерам кирпич, можно получить при лицевой кладке разнообразные рисунки.

Широко применяется декоративная кладка кирпича с частично неперевязанными в лицевой версте поперечными вертикальными швами. Например, в лицевом слое поперечные вертикальные швы перевязывают через несколько (3-6) рядов или вся лицевая поверхность кладки расчленена сплошными вертикальными швами на полосы шириной в 1 кирпич. В пределах каждой из этих полос через 2-3 ряда кладки кирпича укладывают на тычки, что и создает перевязку лицевого слоя с кладкой стены. Возможны и другие варианты перевязки вертикальных поперечных швов лицевого слоя.

Для декоративного оформления лицевой поверхности кирпичной кладки применяют узорчатую и рельефную кладки, пояски высотой в один ряд кирпича или несколько, а также различные способы расшивки швов. Чтобы получить рельефный рисунок, кирпичи располагают, например, так, чтобы в плане плоскости их грани образовали с плоскостью стены угол; одни кирпичи укладывают плашмя, другие - на ребро, располагая их в шахматном порядке (Рис. 1) [2].

Архитектурные детали фасадов зданий, выполняемые из кирпича усложняют кладку кирпича. Сложность кладки наружных стен устанавливают по каждому этажу в целом в виде выраженного в процентах отношения площади, занимаемой усложненными частями кладки к общей площади лицевой стороны наружных стен без вычета проемов.

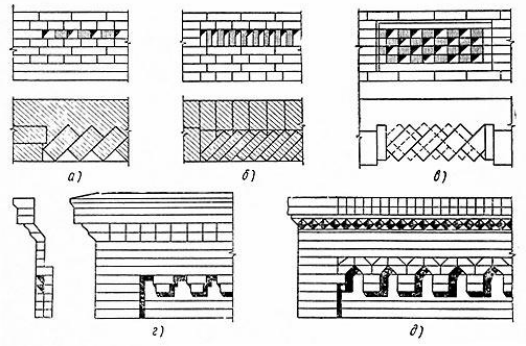


Рисунок 1 - Лицевая рельефная кладка**:** а, б, в— узорчатая кладка из кирпичей, расположенных под углом к плоскости стены, г, д — пояски из декоративных рядов кладки [3].

В зависимости от сложности кирпичной кладки наружные стены бывают: простые - усложненные части занимают площадь, не превышающую 10% лицевой поверхности наружных стен; средней сложности - усложненные части занимают площадь соответственно не более 20% площади лицевой поверхности наружных стен; сложные - усложненные части занимают не более 40% площади лицевой поверхности наружных стен; особо сложные - усложненные поверхности занимают более 40% общей площади.

Распространенными вариантами декоративной кирпичной кладки являются: готическая (польская), в которой чередуются тычковые и ложковые ряды кирпичей, и крестовая сложная, в которой поочередно уложены тычковый и два ложковых кирпича (Рис. 2) [2].

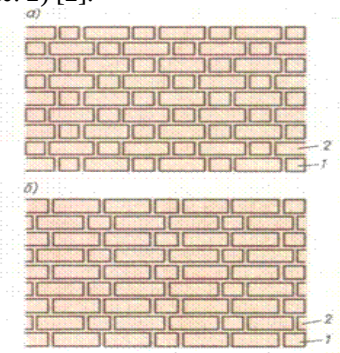


Рисунок - 2 Разновидности декоративной кладки а — готическая (польская); б — крестовая сложная; 1,2— ряды кладки [3].

К усложненным частям кирпичной кладки относятся карнизы из кирпича или керамических камней, пилястры (Рис.3), пояски, сандрики, русты, контрфорсы, полуколонны, эркеры, обрамле-

ния проемов криволинейного очертания, а также подоконные и другие ниши.

Кирпичную кладку архитектурных элементов из прямоугольного и профильного кирпича выполняют одновременно с воздействием наружных и внутренних стен здания.

Детали поясков и карнизов выкладывают из кирпичей, выступающих в виде кронштейнов, со ступенчатым профилем, кронштейны выполняют из лицевого кирпича, поставленного на ребро или уложенного плашмя.



Рисунок 3 - Кирпичный дом с пилястрами

Выступающие ряды кладки в карнизах и поясках выполняют из целых кирпичей. При этом свес каждого ряда кладки допускается не более чем на 1/3 длины кирпича, а общий вынос неармированного карниза - не более 1/2 толщины стены. Карнизы с общим выносом более 1/2 толщины стены устраивают из армированной кирпичной кладки на растворе марки не ниже 25 или из сборных железобетонных элементов, заанкеренных в кирпичной кладке.

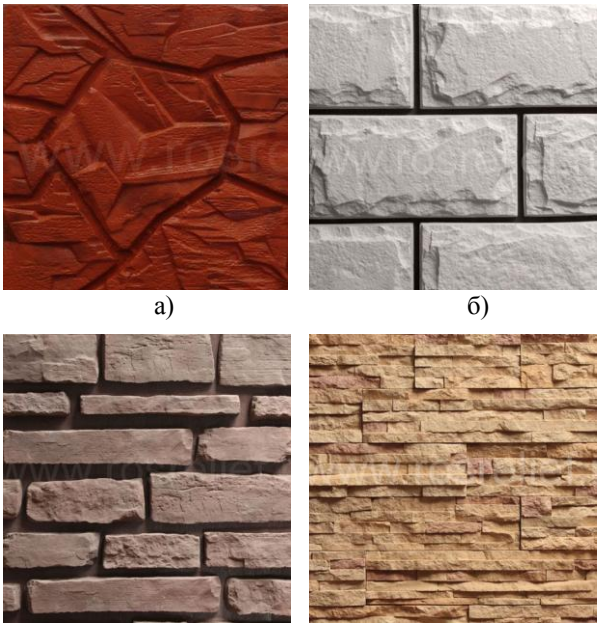
Если стену выкладывают из пустотелого кирпича, то для свешивающихся рядов карнизов, поясков, а также частей, для которых кирпич нужно подтесывать, используют полнотелый или специальный (профильный) лицевой кирпич.

Несмотря на то, что на сегодняшний день существует довольно много жизнеспособных и проверенных технологий строительства, кирпичная кладка остается самым востребованным видом возведения здания. К часто употребляемым решениям можно отнести, пожалуй, 2-3 вида кирпичного материала - белый силикатный, красный керамический и цветной облицовочный. Но видов кирпича значительно больше: кладка из сплошного и облегченного кирпича, глиняного и силикатного; из керамических камней, из искусственных легкобетонных и ячеистобетонных блоков; облегченная из кирпича и местных теплоизоляционных материалов; из грунтоблоков и из природных камней (пиленых или тесаных); смешанная (из разных каменных материалов).

В зависимости от эксплуатационных характеристик кирпичного материала, различается кирпичная кладка и место ее использования. Нередко, от вида материала зависит стоимость кирпичной кладки в целом, а опытный строитель, грамотно применяя разные виды кирпича, может снизить стоимость кладочных работ и значительно улучшить свойства возводимых конструкций.[4]

Декоративный кирпич успешно применяется для облицовки зданий. Таким кирпичом чаще всего оформляют фасады зданий, заборов, декоративные стены. Существует много видов декоративного кирпича. Они отличаются по фактуре, цвету, и даже формам (Рис. 4).

Бывают кирпичи с закругленным краями для использования в оконных проемах и других местах, требующих закругления. На кладку из декоративного кирпича можно даже нанести рисунок, предварительно покрыв ее специальным полимерным составом.



а) б)

в) г)

Рисунок 4 - Декоративный кирпич: а) португальский камень, цвет: красный с кирпичными разводами. Цена**:** 870 руб., б) ростовский камень, цвет: белый. Цена: 870 руб., в) скала, цвет: темно-коричневый. Цена: 1050 руб., г) кольский камень, цвет: светло-желтый. Цена: 1050 руб. [5]

В современной архитектуре практически не используются декоративные элементы облицовки, а если и используется, то их не так много. Влияет и тот фактор, что стоимость самих материалов и работы мастера довольно дорогостояще. Но это не повод, чтобы забывать о них полностью. Наоборот необходимо возрождать этот «вид искусства» и разрабатывать новые декоративные приемы.

Список используемой литературы:

1. http://krasa-dom.ru
2. http://www.ekrp.ru
3. http://www.bigbuilding.com.ua
4. http://www.stroy-21.ru
5. http://www.kirpich-center.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКТАЛОВ В ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОМ ИСКУССТВЕ И ДИЗАЙНЕ

Ю. О. Каллас
Научный руководитель: Л.Т.Жукова, д.т.н., профессор
Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна
Санкт-Петербург Большая Морская 18
E-mail: lapkaklp@yandex.ru, lt_zhukova@mail.ru

«Облака — не сферы, горы — не конусы, береговые линии — не окружности, и кора дерева не гладкая, и молния не распространяется по прямой» — так начал свою книгу «Фрактальная геометрия природы» [1] сейчас всемирно известный математик Бенуа Мандельброт.

В своей книге Мандельброт рассказывает о том, что многие природные формы с математической точки зрения являются фракталами. Этот термин заимствован из латинского языка где «fractus» значит – «сломанный», «разбитый». Ключ к фрактальной геометрии – итерация – расщепление геометрической фигуры на всё более мелкие фрагменты. Самоподобие или бесконечное повторение – основное свойство фракталов. Оно заключается в том, что целое состоит из частей, которые являются его собственными точными или приблизительными уменьшенными копиями. Это самоподобие сохраняется при любом изменении масштаба.

Смотря на поверхности, встречающиеся в природе вокруг нас, мы видим сложные, математически не объяснимые объекты. Для ощущения природы с точки зрения фрактальной геометрии, Мандельброт говорил, что нужно думать не о том, что вы видите, а о том, как получить, то что вы видите. Мы не замечаем царящую в природе неправильность, потому что единственной имевшейся в нашем распоряжении математической теорией для работы с формами была евклидова геометрия, которая, к сожалению, с неправильными формами обращаться не умеет [1].

В математике важна гладкость, регулярность, правильность. Прямые линии, круги, совершенные геометрические фигуры на протяжении всей истории человечества архитекторы использовали в своих проектах. Современный мир построен на основе классической математики, а всё что существовало на планете еще до появления человечества остается за пределами нашей математики.

Увлечение Мандельброта неровностями и шероховатостями не вписывается в выработанные веками математические традиции. Сложную форму она старается заменить более простой: гору — конусом, облако — окружностью. В надежде, что потом эти простые фигуры удастся подправить и приблизиться к тому, что есть на самом деле.

С помощью фракталов математики пытаются вернуться к тому первобытному способу изображения и изучения геометрических форм природы, каким люди пользовались до изобретения циркуля и линейки. Роль фрактальной геометрии заключается в том, что она предлагает нам метод подробного и очень точного описания мира, в котором мы живем, и в частности живого мира.

В 1980 году Мандельброт написал собственную формулу для объединения всех множеств Жюлиа в одно изображение, которую проитерировал при помощи компьютера. Полученные в результате завораживающие образы привели к возникновению нового течения в поп-культуре.

Современные исследования в различных отраслях науки и искусства указывают на то, что элементы фрактальногоформообразования обнаруживаются в дизайне одежды, (Jhane Barnes преуспела в дизайне мужской одежды), предметов интерьера, в рисунках на тканях и обоях, в череде окон и решёток архитектурных форм, в сетях и коммуникациях современного города.

Знакомясь с творчеством художников абстракционистов посещая музеи и выставки мира, человек, имеющий представление о красотах фрактальных множеств Жюлиа и Мандельброта не может не обнаружить во многих живописных полотнах художников фрактальные мотивы.

В 70-е годы XX века математик Мандельброт предложил новую геометрию с новыми формулами для описания формы сложных природных объектов. Однако люди замечали принципы самоподобия в природе еще до выхода в свет книги «Фрактальная геометрия в природе».

Перед Мандельбротом стояла задача объяснить визуальные образы языком уравнений, тем самым доказать близость математики и искусства. Ему удалось синтезировать традиционную полярность этих понятий в науку о фрактальной геометрии в природе, где математика и зрение человека встречаются друг с другом. Он успешно переводил формулы в картинки.

Тема взаимоотношения геометрического и эстетического в мире фракталов весьма интересовала выдающегося молодого математика. В своей научной статье «Фракталы и искусство во имя науки» рассуждает о том «Может ли форма, которая определяется простым уравнением или простым правилом построения, восприниматься людьми, далекими от геометрии, как имеющая эстетическую ценность – а именно, как, по меньшей мере, удивительно декоративная или возможно даже как произведение искусства?» Исчерпывающий ответ Мандельброта: «Если

геометрическая форма – фрактал, то ответ – да» [2].

Где находятся точки соприкосновения живой и яркой беспредметной живописи на холсте, кистью художников абстракционистов, и дикой, интригующей красоты фрактальных картин, порожденных динамическими системами на комплексной плоскости. Почему рожденные во внутреннем мире художника абстрактные формы напоминают образы из мира фракталов?

По мнению Кандинского, средств формы и цвета вполне достаточно, чтобы передать внутренний мир художника, его переживания и эмоции. Их только нужно соединить в адекватную композицию. Согласно Кандинскому [3], «в живописи для выражения чувств, которые должны быть освобождены от всего личного и неточного, используется универсальный язык, такой же точный, как математика». «Современное искусство может родиться только там, где знаки становятся символами» [4]. Возможно, в этой параллели между математикой и искусством кроются корни того, что абстрактные картины похожи на фракталы.

В исследовательской работе Волошинова А.В. «Об эстетике фракталов и фрактальности искусства» выделяются важнейшие признаки эстетики фракталов:

- гармония космоса и хаоса – геометрия хаоса, рождающего порядок, и геометрия порядка, рождающего хаос;
- самоподобие, или единство в многообразии;
- красота в простоте;
- золотое сечение – важнейший фрактал искусства.

Опираясь на исследования в области фрактальной геометрии, применим накопленные знания к исследованию формы в живописи, прикладном искусстве и современном дизайне [5].

По утверждению Мандельброта, суть творчества японского художника, иллюстратора и гравёра Кацусики Хакусай является фрактары. Тени одних облаков на гравюре «Фудзияма во время грозы», изображенной на рисунке 1, накладываются на тени других облаков по принципу самоподобия. Следует обратить внимание не только на то, как извиваются тени от облаков, но и на профили деревьев в этой картине.



Рисунок 1 – Кацусики Хакусай «Фудзияма во время грозы», 1760 – 1849 [6]



Рисунок 2 – Кацусики Хакусай «Большая в Канагаве», 1823 – 1831 [6]

Аналогично с необычайно тонкой изысканностью представлены аспекты фрактальной геометрии в природе на гравюре Хокусай «Большая волна в Канагаве». На верхушке крупной волны по принципу самоподобия изображены более мелкие волны – точные или приблизительные копии очертания прототипа, рисунок 2.

В более ранней эскизной работе к «Большой волне в Канагаре» волна движется слева направо, напротив обычному японскому чтению картины справа налево. Отсутствие в картине судна, терпящего крушение, лишает работу драматичности. Напряженность на море передается линиями, вытягивающимися вверх по склону волны. Однако работа интересна своей динамикой воронкообразного движения, напоминающего завихрения против часовой стрелки множества Жюлиа, рисунок 3. Пена от волны распадается на стаю птиц и рассеивает себя в ветре над горизонтом.

Несмотря на то, что образы художник находил, вглядываясь в природу, они, безусловно, напоминают нам о сложных деталях из множества Жюлиа. Возможно, это одна из причин, по которой фрактальные генерации множества Жюлиа так привлекательны: эти математические фракталы подражают замысловатым формам знакомой нам природы.

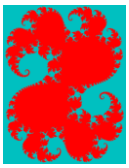


Рисунок 3 – Заполненное множество Жюлиа для отображения f(z)=z2+0,28+0,0113i. Завихрения против часовой стрелки [7]



Рисунок 4: а – фрагмент картины «Два мужчины на мостике через ручей», Ван Гойен, 1655; б – фрактальное облако [8]

Ассоциации с фракталами вызывает не только гравюры японского мастера. На рисунке 4 а представлен фрагмент картины «Два мужчины на мостике через ручей», живопись выдающегося нидерландского художника-пейзажиста XVII века Ван Гойен (Van Goyen), 1655.На рисунке 4 б облако, сгенерированное с помощью фрактального алгоритма. Мы наблюдаем результат научно-технического прогресса – с помощью относительно несложных математических формул, включающих комплексные числа, можно без особого труда описать форму облака. Сходство форм и правдоподобность облака, созданного при помощи компьютера, очевидно.

Наглядно и доступно сумел передать саму идею самоподобия немецкий мастер графического дизайна художник Антон Штанковски (1906—

1998), рисунок 5. С теоретической точки зрения разбиение квадрата на рисунке 6 к фракталу не приводит. Благодаря комбинированию простейших геометрических форм – квадратов – передано ощущение основного свойства фрактальной геометрии – разбиение квадрата на подобные ему более мелкие собственные уменьшенные копии. Полученная упорядоченная структура содержит случайный элемент, маленький красный квадратик, который нарушает регулярность. В нем не только намек на бесконечность разбиения, он придает изображению более эстетичную форму — красота возникает тогда, когда порядок сочетается с определенной долей хаоса.

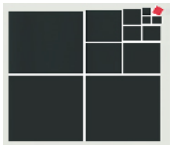
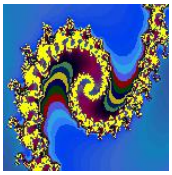


Рисунок 5 – А. Штанковски. «Маленькое красиво», 1956

Множество Жюлиа описывает качественное поведение комплексной итерационной динамической системы z →f(z) при различных начальных данных. Выбирая различные функции f , можно увидеть самые причудливые множества. На рисунке 6 представлен фрагмент множества Жюлия, который имеет поразительное сходство с графической работой Штанковского «Рост». Динамика формы, волнообразные завихрения, всё это создает впечатление, что художник сознательно пытался смоделировать закон, порождающий фрактальную спираль.



а



б

Рисунок 6: а – А. Штанковски. «Рост», 1939; б – Фрактал. Множество Жюлиа, фрагмент

В рассмотренных выше картинах, присутствует новый тип геометрических форм со специфическим названием – загогулина (в оригинале wiggles), — постоянно извивающиеся, виляющие из стороны в сторону кривые, которые, в сущности, и есть фракталы. Эти геометрические формы очень часто встречаются в природе: завихрения волн, облаков, ветра. История всемирно известной игрушки «Матрешка» аналогичным образом связана
с фрактальным формообразованием. В момент, когда все фигурки выстраиваются в ряд, принцип фрактальности очевиден. Самоподобие, или единство вложенных друг в друга элементов подтверждает основной принцип фрактальности.
Матрешка всегда считалась исконно русским сувениром, однако исторические корни появления этого игрушечного фрактала – японские. Традиционная русская матрешка – прототип японской фигурки старика-мудреца Фукурума, привезенного когда-то в Москву из Японии [9].
Японский дизайнер Такеши Миякава разработал шкаф-тумбу "Fractal 23", изображенную на рисунке 7 – прагматичное и использование принципа фрактальности. Название "Fractal 23" отражает строение этого необычного предмета мебели: двадцать три ящика разных размеров, от очень вместительных до очень маленьких, выдвигаются из каркаса как из комода, а в сложенном виде представляют собой белый куб. Фрактальный шкаф Такеши Миякава – подтверждение тому, что использование фракталов в дизайне – это не только дань моде, но и гармоничное конструкторское решение в условиях ограниченного пространства.



Рисунок 7 – Шкаф-тумбу "Fractal 23", дизайнер Такеши Миякава (Япония) [9]

Этот пример использования фракталов, применительно к дизайну мебели показывает, что фракталы реальны не только на бумаге в математических формулах и компьютерных программах, но могут найти практическое применение при организации и оптимизации жилого пространства [9].
Опираясь на теорию Мандельброта, можно заключить, что фрактальность подавляющего большинства природных объектов, а также фрактальность выдающихся произведений искусства есть уникальный факт, представляющий ясное и четкое доказательство того, что нестабильное и нелинейное окружает нас повсюду.
Литература:

1. Mandelbrot B. The Fractal Geometry of Nature. W.H. Freeman, San Francisco, 1982. 468 p. (Русский перевод: Бенуа Мандельброт. Фрактальная геометрия природы. М.: Инст. компьют. исслед. 2002, 654 с.).
2. Madelbrot B.B. Fractals and an Art for the Sake of Science. Leonardo. Supplemental Issue, Vol. 2, Computer Art in Context: SIGGRAPH '89 Art Show Catalog (1989), pp. 21-24.
3. Read H. A Concise History of Modern Painting. New York: Praeger. 1959, 378 с.
4.Wassily Kandinsky. Ed. M. Bill. With contributions from J. Arp, Ch. Estienne, C. Giedon–Welcker.
5. Волошинов А.В. Об эстетике фракталов и фрактальности искусства // Синерге-тическая парадигма. Нелинейное мышление в науке и искусстве. – М.: Прогресс-Традиция, 2002.
6.[Электрон. ресурс] – Режим доступа: http://holstshop.ru/catalog/painters/hokusaj-katsushika/ (Дата обращения 15.01.2013).
7. KocicL.M. Art Elements in Fractal Constructions//VISMATH, Vol.4, #1, 2002.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ДИЗАЙНА С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕМАНТИЧЕСКОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА КАК ИНСТРУМЕНТА ИСКУССТВОВЕДЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Ю. О. Каллас
Научный руководитель: Л.Т.Жукова, д.т.н., профессор
Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна
Санкт-Петербург Большая Морская 18
E-mail: lapkaklp@yandex.ru, lt_zhukova@mail.ru

При проектировании объектов дизайна важной составляющей является дизайн-концепция - основная образная идея будущего объекта, формулировка его смыслового содержания. Дизайн-концепция дает возможность создать целостную идеальную модель будущего объекта и описать его качественные и количественные характеристики.

Существует несколько разновидностей концепций, однако в данном проекте наиболее актуальной является концепция внешнего вида, аналитическое исследование образа на стадии предпроектирования с точки зрения ассоциативных восприятий человеком ситуаций и объектов. Форму каждого изделия или визуальной коммуникации можно изменить таким образом, чтобы она соответствовала вкусам клиентов и вызывала у него положительные эмоции [1].

Аналитическая модель основана на математических моделях (ММ) при помощи которых оценивается исходное состояние для предпроектирования и проектирования объекта дизайна, отсеиваются явно не эффективные варианты решений, определяется параметрическое пространство поиска решений заданием ограничений. Исходными данными для аналитического моделирования служат измеренные параметры и информация, хранящаяся в базе данных и базе знаний.

После того как математическая модель построена, дальнейшая работа состоит в применении соответствующих математических методов с целью получения необходимых характеристик данной модели, а значит, и исследуемого объекта дизайна [2].

Для эффективного предпроектирования и проектирования объекта дизайна выбран математический метод, известный под названием «семантического дифференциала» (СД) или «метод полярных профилей». Метод СД будет использован для определения индивидуальных художественных черт, характерных творчеству художников абстрактного искусства и их произведениям.

Метод имеет дело не с лексическими, денотативными значениями понятий или предметов, а с так называемыми метафорическими, коннотативными значениями; их также называют эмоционально-оценочными свойствами, вообще же можно с полным правом говорить о нем, как о методе контролируемых ассоциаций.

Для проведения искусствоведческого анализа отобрана группа полярных прилагательных (см. табл. 1), которая позволяет характеризовать эмоционально-оценочные свойства в той мере, в какой они относятся к произведениям искусства, к таким их характеристикам, как цвет, форма и композиция. Метод СД предполагает использование полярных противоположностей, которые можно мыслить как непрерывную последовательность (например, «высокий — низкий»), легко членимую и превращаемую в дискретную. Наша цель состоит в том, чтобы на языке некоторых категорий (задаваемых набором шкал полярных прилагательных) описать или оценить произведения искусства [3].

Испытуемыми (n = 93 человека) были участники старших курсов (4-5) из двадцати высших учебных заведений Санкт-Петербурга и других городов России (Ижевск, Иркутск, Кострома, Пермь, Новгород, Новосибирск, Красноярск и т.д.). Это были в основном молодые девушки и юноши в возрасте от 18 до 23 лет, в большинстве своем представители художественно-технологических профессий (кафедра «Материаловедения в машиностроении», кафедра «Компьютерного дизайна», кафедра «Технологии художественной обработки материалов и ювелирного искусства» и т.д.). Эксперименты проводились в ноябре 2012 г.

В этом году тематика задания была связанна с творчеством художников абстракционистов: «Абстрактная и фрактальная геометрия в классическом искусстве и дизайне по мотивам творчества авангардиста». В истории изобразительного искусства Авангард обозначен как художественное направление начала 20-го века и поэтому тесно связан с модерном и модернизмом, а также с другими течениями, такими как: абстрактный экспрессионизм, баухауз, беспредметность, конструктивизм, сюрреализм, футуризм и т.д.

Испытуемым был предложен перечень из 45 художников абстракционистов для выполнения творческого задания в рамках тура Всероссийской студенческой олимпиады по «Технологии художественной обработки материалов». Выборка

авторов студентами 4-5-го курсов в рамках проектирования составила 19 художников (42%) из предложенных 45-ти.

Таблица 1 – Дискретный набором шкал полярных прилагательных

	1	2	3	4	5	6	7	
Мечтательная								Трезвая
Упорядоченная								Хаотичная
Звучная								Тихая
Светлая								Темная
Бесхитростная								Изощренная
Пассивная								Активная
Жесткая								Мягкая
Теплая								Холодная
Грубая								Тонкая
Кроткая								Буйная
Отталкивающая								Привлекательная
Сильная								Слабая
Сдержанная								Раскованная
Повторяющаяся								Разнообразная
Расслабленная								Напряженная
Статичная								Динамичная
Мужественная								Женственная
Закономерная								Случайная
Воинственная								Миролюбивая
Какие из свойств связываются в вашем сознании с мыслью о «безобразной» картине?								
Какие из свойств связываются в вашем сознании с мыслью об абстрактной картине?								

Рейтинг выборки художников абстрактного искусства:
Кандинский (16 голосов);
Малевич (8 голосов);
Пикассо (7 голосов);
Дали (3 голоса);
Муха (3 голоса);
Татлин (3 голоса);
Северини (2 голоса);
Лентулов (2 голоса);
Эшер (2 голоса);
Шемякин (2 голоса).

Исходными данными для аналитического моделирования и проведения СД анализа абстрактного направления в искусстве послужили произведения десяти лидирующих художников, предпочтение которым отдало большинство участников олимпиады.
После изучения творческих работ выбранных авторов испытуемые должны были распределить соответствующие свойства по заданному списку. Полученные данные до некоторой степени отражают групповое мнение опрошенных, и это мнение можно использовать как критерий для оценки картин художника и стилистических особенностей абстрактного искусства. Однако для решения основных вопросов, поставленных в нашем исследовании только дискретной шкалы недостаточно. Характерные черты абстракционизма помогают определить открытые вопросы, на которые испытуемым предлагается ответить после заполнения дискретной шкалы полярных прилагательных. Имея на руках список полярных свойств, испытуемые должны были ответить на два вопроса: «Какие из свойств связываются в вашем сознании с мыслью о а) «безобразной» и б) «абстрактной» картине?» В процессе эксперимента разрешалось предлагать и свои ассоциативные прилагательные.
Сводный перечень всех свойств и их шкальных значений, выраженных средним арифметическим оценок, приписанных всеми испытуемыми, приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Среднее арифметическое значение свойств для каждого художника. (Шкала упорядочена по величине.)

Мечтательная	3,5 П.1	3,46 К.2	3,83 М.3	Трезвая
Упорядоченная	3 П.	3,33 М.	4,77 К.	Хаотичная
Звучная	1,1 П.	2,3 К.	3,5 М.	Тихая
Светлая	2,66 П.	3,23 К.	4,33 М.	Темная
Бесхитростная	3,66 М.	4,33 П.	4,67 К.	Изощренная
Пассивная	3,66 П.	5,33 М.	5,38 К.	Активная
Жесткая	2 П.	2,92 К.	3 М.	Мягкая
Теплая	3 П.	3,5 М.	3,92 К.	Холодная
Грубая	2,66 П.	3,69 К.	4 М.	Тонкая
Кроткая	3,1 П.	3,5 М.	4,38 К.	Буйная
Отталкивающая	4,16 П.	5,15 К.	5,33 М.	Привлекательная
Сильная	1,33 П.	1,83 М.	2,61 К.	Слабая

Сдержанная	3 П.	3,83 М.	4,46 К.	Раскованная
Повторяющаяся	2,66 П.	4,69 К.	5 М.	Разнообразная
Расслабленная	3,5 М.	3,83 П.	4,08 К.	Напряженная
Статичная	3,5 П.	4,83 М.	5,62 К.	Динамичная
Мужественная	3 П.	3,33 М.	4,08 К.	Женственная
Закономерная	3 П.	3,76 К.	3,83 М.	Случайная
Воинственная	2,33 П.	3,46 К.2	3,83 М.	Миролюбивая

П. – П. Пикассо
К. – В. Кандинский
М. – К. Малевич

Тем самым можно более точно определить, какие художники и по отношению к каким эмоционально-оценочным свойствам были оценены нашими испытуемыми сравнительно одинаково. Например, Кандинский и Малевич были восприняты как «активные», «привлекательные» и сравнительно «разнообразные», а произведения Пикассо как абсолютно «звучные».

Так как сравнение всех различий в профилях потребовало бы слишком большого объема вычислений, в данной статье мы ограничились несколькими примерами, а именно тремя художниками В. Кондинского, К. Малевича, П. Пикассо. Сравнив среднеарифметические подсчеты и полученную базу данных, сгруппируем прилагательные соответственно художникам, проследим, для которых работ были получены соответственно самый высокий положительный, самый высокий отрицательный показатели. Таким образом, мы получаем объективные результаты о различиях и сходствах восприятия и эмоционально-ассоциативного переживания группой студентов творчества отдельного художника:

а) В.Кандинский

Самые высокие показатели относятся к ассоциативным прилагательным:

Динамичная
Активная
Привлекательная
Хаотичная
Звучная
Изощренная
Разнообразная

б) К.Малевич:

Самые высокие показатели относятся к ассоциативным прилагательным:

Активная
Привлекательная
Сильная
Разнообразная

в) П.Пикассо

Самые высокие показатели относятся к ассоциативным прилагательным:

Звучная (абсолютный минимум)
Сильная
Жесткая
Воинственная

В отношении произведений абстрактной живописи, и прежде всего тех, где делаются попытки визуализировать понятия с помощью цвета и беспредметных форм, очевидно утверждение, что картины с самым различным предметно-иконографическим содержанием могут иметь очень близкие эмоционально-оценочные свойства [3].

Применение аналитического моделирования при создании образа объекта дизайна отображённом в качестве технического эскиза, разрабатываемого проекта объектов дизайна, в частности, аксессуаров, ювелирных и других художественных изделий является информативным и целесообразным, так как позволяет на стадии предпроектирования оптимизировать дизайн изделий соответственно предпочтениям и эмоциональным восприятиям заказчика.

Литература:

1. Курманалиева, С. Р. Истоки дизайна и его концептуальная структура/ С. Р. Курманалиева, К. Тыныстанова. Вестник ЫГУ – 2012. – № 31.
2. Жуков, В. Л. Особенности аналитического моделирования при проектировании объектов дизайна в реализации информационных технологий. // Дизайн. Материалы. Технология. −2011. −№ 5 (20). – с. 89-93.
3. Симмат, В. Е. Семантический дифференциал как инструмент искусствоведческого анализа/ В. Е. Симмат //Искуствометрия: методы точных наук и семиотики/ сост. и ред. Ю.М. Лотман, В. М. Петрова; предисл. Ю. М. Лотмана; послесл. В. М. Петрова. – 4-е изд. – М.: ЛИБРОКОМ, 2009. – 368 с.

ВАКУУМНАЯ ФОРМОВКА В ХУДОЖЕСТВЕННОМ ЛИТЬЕ

Катрич О.И.
Научные руководители: Чумаченко Г.В., к.т.н., доцент, Кутовой Н.Л., доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Донской государственный технический университет»
344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл.Гагарина, 1
E-mail: glafira2704@yandex.ru

Приводится краткое описание процесса изготовления художественных изделий вакуумно-пленочной формовкой. Описано влияние состава синтетической формовочной пленки на ее технологические свойства, приведена зависимость между прочностью и удлинением пленки по длине и ширине. Даются рекомендации по способам нагрева облицовочной пленки.

Ключевые слова: вакуумно-пленочная формовка, художественное литье, синтетическая пленка для вакуумного литья.

Современное художественное литье предполагает использование таких инновационных литейных технологий как: литье в холодно-твердеющие формы, гипсокристаболитное литье, вакуумно-пленочная формовка (ВПФ), литье по газифицируемым моделям и т.д. Внедрение новых технологий обусловлено повышенными требованиями к чистоте поверхности художественных отливок и необходимостью снижения трудозатрат при их изготовлении. Оптимизация производства художественных отливок в настоящее время предполагает использование большого количества технологических решений в связи с большим разнообразием номенклатуры отливок по конфигурации, размерам, массе. Вакуумно-пленочной формовкой наиболее рационально изготавливать отливки типа плит, решеток, накладок.

Сущность вакуум-процесса заключается в том, что форму изготавливают из огнеупорного наполнителя без связующего с применением синтетической пленки и создания разряжения в объеме опоки для получения конфигурации отливки. Синтетическую пленку размягчают путем нагрева и облицовывают ею поверхность модели за счет разряжения воздуха между моделью и пленкой. При этом пленка плотно прилегает к модели. На облицованную пленкой модель устанавливают вакуумируемую опоку, заполняют ее огнеупорным наполнителем, подвергают вибрации и накладывают на контрлад опоки другую синтетическую пленку. В объеме опоки создают разряжение и наполнитель уплотняется. Вакуумирование модели отключают, модель удаляют. Аналогично изготавливают верхнюю полуформу, производят сборку и заливку. Выбивка формы заключается в отключении формы от системы вакуумирования [1].

Вакуум-процессом можно изготавливать отливки от нескольких килограммов до нескольких тонн, вес и габариты отливок зависят лишь от технических возможностей вакуумной системы и ширины синтетической пленки.

К преимуществам вакуум-процесса следует отнести то, что при формовке и заливке отсутствуют источники загрязнения окружающей среды, что обеспечивает хорошие условия труда. Поскольку для изготовления форм преимущественно применяется сухой песок с хорошей текучестью и без связующего [2], при изготовлении и выбивке форм вибрация и шум незначительны. Во время заливки отсутствуют выделения водяного пара, а выделения газов от сгорающей пленки незначительны и контролируются ее химическим составом. В связи с небольшими потерями песка вакуум-процесс отличается экономичностью и не создает никаких проблем с загрязнением окружающей среды. Так как модель и форма разделены между собой синтетической пленкой, для извлечения модели не требуется вибрация или «расколачивание» модели, поэтому размерная точность отливки выше. При применении в качестве наполнителя мелкого песка отливки имеют очень гладкую поверхность. Благодаря улучшению жидкотекучести заливаемого сплава можно изготовить более тонкостенные отливки.

Вакуум-процесс позволяет уменьшить такие дефекты как ужимины и песчаные раковины, что очень актуально при изготовлении художественных отливок. Хорошее соответствие отпечатка конфигурации модели способствует изготовлению отливок идентичных между собой при серийном производстве.

К экономическим преимуществам относятся следующие:

- поскольку не требуется связующее, стоимость формовочных материалов уменьшается;
- регенерируется почти весь песок, используемый для изготовления формы;
- поскольку модель не контактирует непосредственно с песком, ее износ уменьшается до минимума. Срок службы моделей удлиняется в связи с тем, что не обязательно прикладывать большие усилия при формовке и не требуется применения вибрации для удаления модели. Кроме того, для изготовления модели могут использоваться дешевые материалы, что снижает стоимость модельной оснастки;

▪ на моделях почти не требуются литейные уклоны, что позволяет уменьшить вес отливки и облегчает ее окончательную обработку;

▪ вакуум-процесс не требует сложного оборудования для формовки и подготовки песка и может размещаться на небольших производственных площадях;

▪ отливки легко выбиваются простым отключением от вакуумной системы залитых опок;

▪ величину облоя на отливках можно уменьшить, регулируя величину вакуума и увеличивая жесткость модельных плит;

▪ при применении карусельных установок для транспортировки, сборки и заливки форм, оборудованных устройством «скользящего» вакуума, возможно увеличение производительности труда и создание мелкосерийного производства;

▪ применение системы оборота воды для работы насосов позволяет значительно уменьшить стоимость изготавливаемых изделий;

▪ для работы на установках вакуумно-пленочной формовки не требуется высококвалифицированная рабочая сила;

▪ практически не требуется контроль состава сухого огнеупорного наполнителя.

На установках вакуумно-пленочной формовки с размером опок 400×500×100 мм и 600×800×120 мм в литейной лаборатории кафедры «Литье и художественная обработка материалов» Донского государственного технического университета были проведены работы по исследованию оптимальных технологических режимов изготовления художественных отливок. Одним из направлений исследований является подбор материала синтетической пленки, режимов нагрева и способов облицовки моделей пленкой.

В вакуумно-пленочной формовке используются два вида пленки: одна для облицовки модели, а другая – для облицовки контрлада верхней и нижней полуформ.

К пленке, используемой для облицовки, предъявляют следующие требования [3]:

▪ хорошая формуемость;

▪ незначительная термоусадка;

▪ пластическая деформация;

▪ равномерная толщина пленки;

▪ низкое поверхностное натяжение;

▪ нетоксичность выделяемого при сгорании газа;

▪ низкая стоимость;

▪ недефицитность.

Были проведены испытания некоторых видов пленок на соответствия этим требованиям: полиэтиленовая, полипропиленовая, полистироловая иономерная, пленка из цианамина, сополимер полиэтилена с винилацетатом (СЭВИЛЕН).

В результате проведенных испытаний были сделаны следующие выводы:

▪ полиэтиленовая пленка плохо обтягивает модель, так как при высоких температурах имеет более высокую прочность в поперечном направлении, что приводит к неравномерному обтягиванию модели;

▪ полистирол имеет хорошую способность к растяжению, но узкий интервал размягчения не позволяет хорошо обтянуть модель;

▪ пленка из цианамина имеет хорошие характеристики, но она прилипает к модели;

▪ сополимер полиэтилена с винилацетатом с содержанием полиэтилена 80-85% оказался наиболее подходящим для вакуум-процесса по своим свойствам и стоимости.

Следующим шагом были испытания пленки СЭВИЛЕН на формуемость и определение режима ее нагрева. Пленки толщиной 50, 70 и 100 мкм нагревали до 120 °С с последующей облицовкой моделей высотой 30, 50 и 80 мм. Определено, что чем толще пленка, тем лучше формуемость. Но увеличение толщины пленки приводит к возрастанию количества выделяющихся при заливке газов, повышению расхода пленки и ее стоимости.

При нагреве пленки на ней сначала образуется рябь. В дальнейшем эта рябь исчезает и образуется зеркальная поверхность. На пленке СЭВИЛЕН зеркальная поверхность образуется примерно при 85-90 °С. При дальнейшем нагреве пленка провисает под собственной тяжестью и именно тогда (при температуре 120-130 °С) она обладает лучшей формуемостью. Режим нагрева пленки также зависит от материала моделей и расстояния от источника нагрева до рамки с пленкой [4].

На основе анализа полученных результатов сделаны следующие выводы:

▪ наиболее приемлемой для вакуум-процесса является пленка СЭВИЛЕН (сополимер полиэтилена с винилацетатом в количестве 15-20%).

▪ оптимальная толщина пленки 75-100 мкм;

▪ температура нагрева пленки 120-130 °С, расстояние от нагревателя до пленки 150-200 мм.

Список литературы

1. Иванов В.Н., Карпенко В.М. Художественное литье: Учебное пособие. – Мн.: Выш. шк., 1999. – 206 с.: ил.
2. Наполнительные материалы при вакуумно-пленочной формовке / Н.Л.Кутовой, О.И.Катрич//дизайн и технологии художественной обработки материалов: материалы XV Всерос.науч.-практ.конф. (Ижевск, 22-25 октября 2012г.) ИжГТУ.-Ижевск, 2012.-С.220-222.
3. Никифоров Б.Т., Кутовой Н.Л. Художественное литье: Учебное пособие / Под ред. проф. В.В. Рубанова. – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2007. – 159 с.: ил.
4. Минаев А.А., Ноткин Е.Б., Сазонов В.А. Вакуумная формовка – Мн.: Машиностроение, 1984. – 216 с.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ БРОНЗЫ В ИСКУССТВЕ ДРЕВНЕЙ ОСЕТИИ.

Кодзаева М. Б.
Научный руководитель Хоменко Л.П,. к. т. н., доцент
«Северо-Кавказский горно-металлургический институт (Государственный технологический университет)» (СКГМИ (ГТУ)). РСО - Алания г. Владикавказ, ул. Николаева 44, 362021.
Mariy-Kodzaeva@yandex. ru.

Предметы художественной бронзы искусства Осетии относящиеся ко II тыс. до н. э. - XIX вв. н. э. столь совершенны, что невольно возникает вопрос, какими средствами, материалами и при помощи каких инструментов и технологий, создавались сложные орнаменты и изумительные по красоте декоративные художественные изделия. Исследование артефактов позволяет восстановить некоторые производственные приемы получение и обработки бронзы В сплавах с медью использовали мышьяк, сурьму, свинец, цинк. Так называемая мышьяковистая бронза была распространена на заре металлургии, однако и позднее предметы из сплава меди с мышьяком бытовали на Кавказе довольно широко (например, орудия труда). Примеси в медных сплавах сообщали металлическим изделиям свойства, которые очень ценились. Но все это не шло в сравнение с тем эффектом, какой давало добавление к меди олова, которые использовало древнее население Осетии. Олово в различных пропорциях сочеталось с медью. Наиболее устойчивое соотношение меди с оловянной примесью приблизительно 9:1. Это так называемая классическая бронза, очевидно, практически наиболее выгодная. Отклонения от такого соотношения могли быть весьма значительны. Тот или иной процент содержания олова в сплаве существенно влияет на изменение его свойств. Если "присадка" олова очень мала, то сплав получается мягкий, если примеси слишком много - он становится твердым, но хрупким. Такое колебание характера свойств сплавов несомненно учитывалось древними мастерами при производстве различных изделий, например предметов вооружения. Возрастание добавлений олова меняет цвета сплавов - от золотистого (10 %) к красноватому (16 %) и от желтого (20 %) к белому (33 %). Это имело значение при изготовлении украшений. [1].



Рис. 1 Подвеска I тыс. до н.э. Бронза. Кавказ.

Материалы обладают разными свойствами и соответственно сохраняются по-разному. Наиболее сохранившимися доходят предметы из камня и металлов, где большую группу занимают изделия из бронзы. Ассортимент изделий художественной бронзы разнообразен это такие предметы как: бронзовые украшения и предметы одежды богато орнаментированные пояса из листовой бронзы, поясные пряжки различных форм, булавки, фибулы, браслеты, перстни, серьги, подвески (рис.1) булавки, навершия, зеркала, посуда, а также статуэтки людей и животных, оружие (бронзовые и железные топоры, кинжалы, наконечники копий и стрел, кинжальные клинки, а также биметаллические кинжалы с железным клинком и бронзовой рукоятью[2])и др. (рис. 1).



Рис. 2 Антропоморфная фигурка на голове оленя. Образец художественной бронзы. Северная Осетия, I тыс. до н. э.;

Представители данной культуры разработали довольно совершенные для своего времени технологии добычи и обработки медной руды и создания высококачественной бронзы [3]. При раскопках поселений найдены мастерские металлургов с плавильными печами, тиглями и ковшами для жидкого металла, литейными формами и бронзовыми заготовками изделий. Они были искусными мастерами владевшими различными технологиями обработки металлов. Они использовали ковку, чеканку, штамповку, полировку, гравировку, инкрустацию различными материалами, обкладку неметаллических материалов и бронзы фольгой из золота и серебра. Древним мастерам были известны разнообразные методы обработки бронзы. Они в совершенстве владели технологией бронзового литья (литья в формы или по восковой модели) [4]. В тигли с расплавленной медью добавляли слитки олова или оловянный камень (касситерит). Вещи получали отливкой расплавленного металла в формы. Формы представляли собой, по существу, негативы будущих предметов. Они были глиняными и каменными; последние употреблялись в это время чаще и были либо односторонние (форма вырезана в одном камне), либо двустворчатые, то есть состоявшие из двух одинаковых половин. Пользовались и металлическими (медными) литейными формами. Данный способ обладал рядом преимуществ. В металлической форме можно было получать

отливки сложного профиля, передавать точно мелкие детали, а сама медная форма прочнее других и лучше пригодна к многократному использованию.

Особое значение имела техника "литья с потерянной формой". При этом способе мастера начинали с того, что лепили из воска модель будущего бронзового предмета. Затем модель плотно обмазывали со всех сторон глиной, в которой делали отверстия. Глину обжигали на огне, воск вытекал, оставляя пустоту - негатив предмета. Теперь в эту форму наливали расплавленный металл. Потом, по охлаждении, глиняную форму разбивали. Повторений уже быть не могло. Таким способом изготовляли предметы единственные, исключительные, не имевшие копий. Абсолютно индивидуального облика создавались, например, скульптурные статуэтки. После остывания металлов и освобождения их от форм кропотливая работа мастеров продолжалась. Вещи имели "следы отливки": заусеницы, неровности шероховатой поверхности, затеки застывшей бронзы. Требовалась их отделка - и сглаживались неровности поверхности, удалялись затеки, оттачивались лезвия. Изделия также полировались. Некоторые отлитые предметы подвергались дополнительной проковке. Тем самым им придавалась большая твердость, упругость и гибкость. Так поступали с клинками кинжалов. Проковка применялась и при изготовлении из литых стержней пружинящих спиралей для украшений, а также при производстве тонкой листовой бронзы для технологии выбивания украшений из бронзового листа по матрице (для сосудов, поясов). Умели изготовлять тянутую проволоку (для всевозможных спиралевидных подвесок). Наконец, хорошо были освоены клепка и пайка. Безупречная форма и сложная конфигурация предметов скрывают трудности всех технически нелегких приемов их изготовления, характер того или иного вида литья. Вещи кажутся высеченными из одного куска металла, подобно скульптуре, созданной резцом художника из глыбы мрамора.

Еще при отливке бронзовых предметов намечалось и создавалось их украшение, часто в форме орнаментации. Литой орнамент обычно сводился к рельефным граням, выпуклостям, валикам, шнуровым линиям, к превращению отдельных частей вещей, чаще завершений, оконечностей в ажурные, прорезные фигуры. Отлитое изделие доводили до высокого качества ковкой, полировкой, обтачиванием. Большое распространение получило украшение изделий гравировкой уже после их отливки. Так, на поверхности вещей появлялись композиции геометрических фигур и изображения животных. Искусство гравировки требовало совершенных навыков и большого опыта. Тонким резцом мастер наносил основные черты будущего узора, а затем более крупным резцом с силой, но плавно вел по намеченным линиям. Использовалась и чеканка мастер "проходил" рисунок-контур с помощью чекана и молоточка. Так насекались короткие черточки, которые, сливаясь, давали непрерывную линию. В некоторых случаях применялась техника инкрустации из кости, стекловидной пасты, а в особых случаях – из дорогого и редкого тогда железа [2, с. 40-43].Мастера также владели технологиями ковки, чеканки и резьбы. Из листовой бронзы ковали посуду - большие и малые тазы, миски, кружки, чаши, котлы, черпаки. Бронза была не только материалом для металлических изделий, но и заменяла деньги, которых тогда еще не было. «Деньгами» бронзового века служили массивные кольца, кинжалы или просто бронзовые слитки.

Камнерезы обслуживали мастеров по металлу, делая для них тигли и литейные формы.

Готовые изделия и полуфабрикаты, литейные формы и тигли, различные орудия и инструменты, а также плавильные печи раскрывают сложность и успехи труда мастеров-ремесленников. В течение нескольких веков бронзовые изделия сохраняли свои высокие качества, рождались новые формы и типы вещей. Велика была сила традиции совершенного, отточенного мастерства. Безусловно, подобная преемственность могла существовать лишь потому, что бронзовым производством были заняты специалисты-профессионалы, заняты трудом, носившим и коллективный и наследственный характер [1].

Необычайно яркий расцвет бронзовой металлургии, породившей массу подлинно художественных предметов, стоящих на грани высокого искусства, оказался непревзойденным и в последующие эпохи. Об этом свидетельствует высокий уровень технического и художественного мастерства в исполнении предметов роскоши[5].

Традиции художественной кобанской бронзы были продолжены и в скифскую, сарматскую эпохи, а также прослеживается в культуре средневековой Алании и до сих пор развивается в осетинском искусстве.

1. Злыгостев А.С., дизайн, подборка материалов, разработка ПО 2001–2012http://artyx.ru/ "ARTYX.RU: История искусств"

2. Марковин В.И., Мунчаев Р.М. Северный Кавказ. – М., 2003. - с.175.

3. История народов Северного Кавказа с древнейших времен до XVIII века. – М., 1988. – с.62.

4. Валерий Цагараев, «Искусство и время», издательство «Ир», Владикавказ. 2003.

5. Руслан Дзаттиаты, «Орнаменты горной осетии», Владикавказ «Алания». 1992.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭСТЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПВХ

Кожевникова А.А.
Южно-Уральский государственный университет, 454080, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, 76
E-mail: annakoz88@yandex.ru

Пластмасса — сравнительно новый вид материала, нашедший широкое применение в технике и быту. В наши дни пластики могут технически и экономически заменить традиционные материалы — металлы, дерево, стекло.

Пластмасса дает исключительный баланс массы, эксплуатационных характеристик, простоты обработки, эстетических свойств и затрат. Свобода конструирования обеспечивает более высокий уровень интеграции функций. Низкая плотность облегчает разгрузку и погрузку. При раскалывании пластмасс не образуется острых осколков. Амортизирующие свойства, износостойкость и влагостойкость, простота эксплуатации, возможность декорирования в процессе производства, хорошая термоизоляция обуславливают широкое применение пластмасс в бытовой промышленности [1]. У пластика есть и недостатки – невысокие гигиенические свойства и старение, низкая теплостойкость и твердость, электризуемость.

Сегодня пластмасса применяется повсеместно. Не является исключением и дизайн интерьера помещений, ведь по надежности она не уступает традиционным деревянным изделиям, а по долговечности значительно превосходит их.

Из пластика изготавливают мебель, перила, ограждения и колонны, окна, двери, напольные покрытия, заборы. Невысокая стоимость изделий и отличные эксплуатационные характеристики привлекают домовладельцев. Это неудивительно — ведь пластмассовые изделия обладают такими качествами как практичность и удобство в использовании, красивый внешний вид и эстетичность, стойкость к перепадам температур, невосприимчивость к воздействию внешних факторов.

Еще одно применение пластика в интерьере помещений — стеновые панели из поливинилхлорида (ПВХ). Панели ПВХ с успехом могут заменить такие дорогостоящие материалы, как мрамор, камень, кафель или моющиеся обои. Кроме того, пластиковые панели имеют ряд преимуществ:

– ремонт помещения можно провести в кратчайшие сроки без грязи и пыли;

– можно получить идеально ровные стены;

– для установки стеновых панелей на основе ПВХ не имеет значения состояние стен;

– панели позволяют создать звукоизоляцию и теплоизоляцию путем размещения между стеной и самими панелями изоляционного материала, а так же скрыть всю проводку, не прибегая к штробированию. К тому же панели ПВХ обладают повышенной пожаробезопасностью, являясь при этом экологически безопасным материалом.

Чтобы продлить срок службы пластмассовых изделий, следует научиться восстанавливать их мелкие дефекты (трещины, сколы и т.д.).

Учитывая свойства пластмасс, основными методами восстановления изделий из них являются — напыление, склеивание и сварка.

Напыление используется в декоративных целях и для получения защитных и электроизоляционных свойств. Сущность процесса – нанесение на предварительно нагретую поверхность изделия порошка и его расплавление под действием тепла, накопленного изделием. Достоинства метода – снижение потерь материала, трудоемкости операций окраски, расходов на подготовку поверхностей, транспортировку и хранение, а также увеличение срока службы изделия. Основной недостаток процесса – применение дорогостоящего оборудования. Крупные трещины и разломы восстановить при помощи напыления невозможно. Способ хорош в качестве операции декорирования [2].

Склеивание — один из старейших способов образования неразъемных соединений. Затраты времени при применении метода минимальны. Не все материалы можно склеивать (полиэтилен только сваривается). Такие соединения непрочны, а некоторые токсичны. Трудность при разработке процесса склеивания связана с выбором клея и подготовкой поверхности. Следует помнить, сто лучшим клеем для любого полимера является раствор или расплав этого же материала [3].

Самым надежным методом соединения термопластичных материалов при ремонте пластмасс является *сварка*. Это соединение термопластов одного или различных видов с использованием аналогичных или сходных по составу присадочных материалов с нагревом под давлением или без него. Методы сварки пластмасс можно условно разделить на три группы: сварка с помощью внешних источников тепла (нагретые газы, инструмент или присадочный материал, трение), сварка с помощью внутренних источников тепла (токами высокой частоты, ультразвуком) и химическая сварка. Новое оборудование помогает быстро и эффективно справляться с любой задачей по сварке пластмасс и получать сварочный шов безупречного качества [3].

Методом восстановления трещины на изделии из ПВХ выбрана сварка, т. к. этот способ наиболее надежный и экономически оправданный. Последовательность работы следующая:

– определение типа пластмассы;

– подготовка дефекта к восстановлению;

– восстановление дефекта;

– обработка полученного шва;

– подготовка к покраске;
– покраска и сушка.

Процесс восстановления связан с нагреванием, поэтому необходимо *определить тип пластмассы* и температуру ее плавления во избежание перегрева и провара. Если на изделии не указан тип пластика, то его следует определить используя инструментальный или лабораторный способ (осмотр, нагрев и сравнение полученных данных с описанием образцов). Температура размягчения ПВХ 65–75 °С. Следует отметить, что при 120 °С в ПВХ начинаются процессы деструкции с выделением соляной кислоты [2].

Подготовка дефекта к восстановлению — важная операция, от которой зависит качество получаемого шва. В случае необходимости прибор моется. Производится засверловка трещины диаметром не более 2 мм, длиной 8–10 мм для того, чтобы прекратить дальнейший рост. При сверлении отверстий в пластмассах используются сверла с более крутым выходом стружки. Применяются высокие скорости резания и уменьшается подача. В представленном процессе используется дрель аккумуляторная (скорость вращения до 550 мин$^{-1}$). Сверло применяется спиральное с цилиндрическим хвостовиком, изготовленное из быстрорежущей стали. Угол заточки сверла для обработки пластмассы 30–35°, диаметр 0,25–20 мм. Скорость резания 3–4 м/мин, подача 0,2–0,34 мм/об. Края канавки срезаются сошлифованным наконечником шабера трехгранного 85×7 мм, что обеспечивает лучшее сцепление краев трещины и присадочного материала. Увеличивается истинная площадь соединения. Во избежание сдвига соединяемых поверхностей, края трещины скрепляются скобой. Затем поверхность обезжиривается уайт-спиритом, моется водой.

Для *восстановления* изделия требуется сварочный аппарат и материал, из которого изготовлено изделие. Пластмасса нарезается на тонкие полоски равные по ширине трещины. В представленном процессе восстановления применяется паяльная станция — фен и паяльник с цифровой индикацией и широким диапазоном рабочих температур. Станция отличается компактностью, отсутствием вибрации, системой автоматического отключения, равномерным прогревом элементов платы, наличием системы охлаждения, автоматическим запоминанием температур и антистатической. Ремонт начинается от «тупиковой» стороны трещины. Расстояние между краем фена и ремонтируемым предметом выдерживается не менее 2 мм. Сначала расплавляется участок канавки длиной 10 мм. К нему прикладывается полоска. Прогревается прилипший участок полоски до расплавления. Воздушная струя двигается вдоль по канавке, расплавляя полоску и укладывая ее на расплавленный участок. Сварка происходит в пределах термопластичного состояния материала. При этом свободно перемещающиеся молекулярные цепи связываются в поверхностях контакта соединяемых деталей. Для улучшения сцепления прогревается весь шов несколько раз. Если шов широкий, то он разглаживается металлическим предметом.

Полученный шов имеет достаточно не эстетичный вид. Он нуждается в *механической обработке*. В первую очередь срезается выступающий лишний материал. Зачистка деталей из синтетических материалов лучше выполняется напильником с выфрезерованными, а не с вырубленными насечками, чтобы предотвратить появление «пластмассовой смазки». Затем шов шлифуется для выравнивания и упрочнения места ремонта. Для обработки шва используется резиновая насадка для дрели. На насадку приклеивается шлифовальная шкурка №100 на тканевой основе ГОСТ 3357-72 (возможен выбор зерна 80–120). Чтобы абразивная шкурка не отклеилась, на насадке делаются три надреза шириной 4 мм с засверленными окончаниями. В процессе обработки разрезы раскрываются и удерживают шкурку. Поверхность шлифуется вручную абразивной шкуркой №50 ГОСТ 6456-82.

После термообработки пластмасс чаще всего образуются темные пятна, поэтому изделие следует *покрасить*. Место ремонта обезжиривается уайт-спиритом, шпаклюется до выравнивания обычной двухкомпонентной полиэфирной шпаклевкой, шлифуется влагоустойчивой абразивной шкуркой №50 ГОСТ 10127-75 и обрабатывается очистителем, что позволяет получить и высокую адгезию, и требуемые декоративные свойства. Для осуществления процесса выбрана однокомпонентная грунт-эмаль на основе акриловой смолы. Лакокрасочное покрытие защищает поверхность пластмассы, улучшает цветоустойчивость и стойкость к воздействию погодных условий, повышает стойкость к механическим и химическим нагрузкам. Время высыхания при толщине слоя 10 мкм и 20 °С — 20 минут. Рекомендуемая толщина слоя 10-12 мкм. Способ нанесения — пневматический. Расход продукта — 1 кг на 12,5–17,3 м^2 [3]. Так как после окончательного высыхания поверхность восстановленной детали может быть липкой или с заусенцами, она моется или обрабатывается полировочной водой.

Разработанный технологический процесс восстановления изделия из ПВХ занимает 66 мин с учетом времени сушки.

Библиографический список

1. Калинчев Э.Л., Саковцева М.Б. Выбор пластмасс для изготовления и эксплуатации изделий. — Л.: Химия, 1987. — 416 с.

2. Кутянин Г.И. Пластические массы и бытовые химические товары. — М.: Экономика, 1988. — 207 с.

3. Лифиц И. М. Исследование непродовольственных товаров. — М.: Экономика, 1988. — 343 с.

КОНЦЕПЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ БУДУЩЕГО КАК КОМПЛЕКСА АРХИТЕКТУРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Крайняя Р.Г., Селиванова А.И.
Научный руководитель: Сотников Н.Н., ассистент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр.Ленина, 30
E-mail: rgk5@mail.ru, selivanova040893@mail.ru.

Отправным пунктом к заявленному исследованию послужила идея существования единой образовательной среды в виде обособленного архитектурного комплекса с необходимой инфраструктурой, которая имела бы непосредственное сходство со структурой небольшого города. Подобная образовательная среда могла бы явиться примером максимальной ресурсоэффективности и представляет собой концептуальную модель, имеющую потенциал к реализации в ближайшем будущем. Ее ресурсоэффективность отражается не только в наличии автономных источников энергии, предполагаемых конструкцией, это в первую очередь эффективность и скорость образования, которые могут быть получены только путем органичной интеграции архитектуры и ландшафта в непосредственную среду обучения. Целью рассматриваемых ниже исследований является выявление и дальнейшее обобщение результатов тематики взаимодействия архитектуры со средой, включенной в образовательный процесс.

Для того, чтобы иметь возможность сформулировать базовые принципы проекта, область его определения сузили до конкретного округа Западной Сибири РФ (N 52° 41.466' E 84° 40.230').

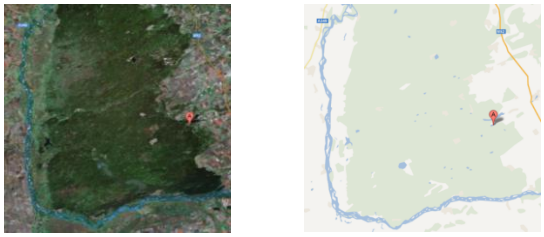


Рис 1. Предполагаемая территория размещения

Изначально, среди учащихся вузов г.Томска был проведен анкетированный опрос, включавший. ряд специальных вопросов, а именно:

- Комфортно ли расположение корпусов в вашем вузе?
- Считаете ли вы удачным расположение ВУЗа вне городской среды?
- Влияет ли на ваш учебный процесс внешний вид корпуса?

Ответы предполагались только в отрицательной и положительной формах. В результате опроса (рис 2) были выявлены предпочтения респондентов по ряду объектов предполагаемой среды, а так же обозначено архитектурное направление, в котором мог бы развиваться проект – это био-тек и концепция биоурбанистики. Примеры архитектуры био-тека приведены на рисунке 3. Био-тек или бионика – название современной «неоорганической» архитектуры, где выразительность конструкций достигается заимствованием природных форм. В свою очередь концепция биоурбанистики предполагает не только опосредованное, но и прямое использование форм живой природы в архитектуре (природного ландшафта, живых растений).

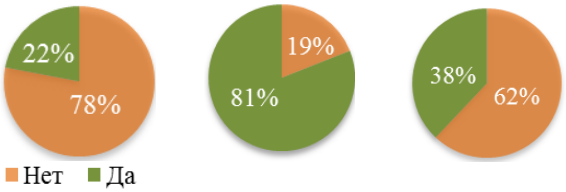


Рис 2. Результаты анкетирования

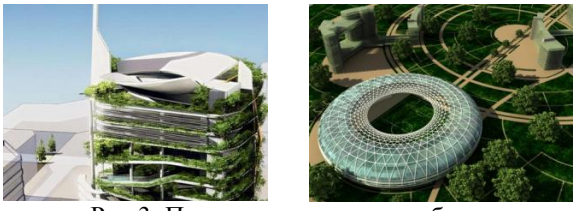


Рис 3. Примеры архитектуры био-тека

Рядом исследователей так же установлено, что «зеленая» зона обладает не только климатофоримирующей функцией, цвет и форма растений могут эффективно воздействовать на человека, формируя его психоэмоциональное состояние. Комфортной визуальной средой называют именно ту искусственную среду, грамотная организация которой приблизила ее к среде естественной. К тому же, известно, что гармоничное сочетание искусственных сооружений и элементов живой природы практически невозможно, если проектом используются геометризованные формы строго функциональной архитектуры. Строго упорядоченное городское пространство не гармонирует с немодулируемым пространством природных ландшафтов. Основное условие необходимой гармонии – сохранение и развитие пластических свойств участка – пластической целостности и своеобразия его рельефа и «зеленых» форм. Возможно, одним из наиболее простых способов достижения гармонии с ландшафтом, является именно природоподобие форм зданий. Подобие форм зданий и окружающих холмов, деревьев и т.д. не только позволяет зданиям органично сливаться с ландшафтом, но и дает возможность получить неожиданные архитектурно выразительные фасады.

Еще одним важным понятием является «цветоэкология». Цветоэкология, как составная часть экологии информационной, обеспечивает взаимо-

связь естественной и искусственной среды (или макросреды) и ее связь с микросредой уже каждого отдельно-взятого человека. Таким образом, ставится задача регулирования цветового равновесия между природой и обществом, чтобы не причинять вреда ни первой, ни второму.

Помимо прочего, сочетание пространств, обладающих различной эмоционально-образной характеристикой, представляет собой своего рода «матрицу норм поведения», созданную средствами ландшафтной архитектуры[1]. Здесь таятся большие возможности ландшафтов как среды отдыха. Общее, к чему приходят психологи в своих наблюдениях: отдыхающий человек предпочитает находиться на границе раздела двух сред, например, у воды. Этот принцип можно разнообразно использовать при включении небольших водных пространств в застройку комплекса.

С учетом вышеперечисленных условий, опираясь на особенности выбранной местности, был разработан общий эскиз проекта (рис 4). Стоит повторно отметить, что данный эскиз не включает в себя плана местности, как и не включает расчетов и проектной документации, он только предлагает общую концепцию и определяет направление движения будущего проекта.

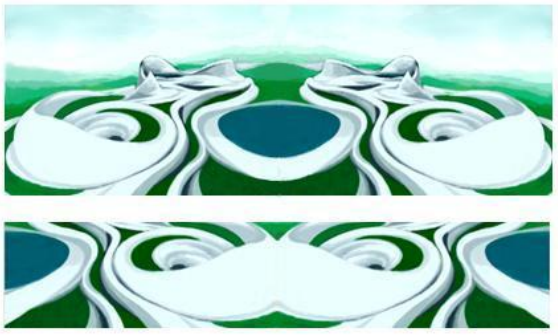


Рис 4. Эскиз проекта

Представленный эскиз является примером интеграции всех ранее заявленных условий и критериев существования сред, комфортных для восприятия человеческим глазом. В нем сочетаются принципы цветоэкологии и биоурбанистики. К тому же эскиз является модульным, что дает архитекторам возможность в дальнейшем его трансформировать.

Говоря о структуре архитектурного комплекса, необходимо выделить следующие массивы (рис 5.): блоки административных, учебных и жилых зданий; спортивные и развлекательные комплексы. Обязательными элементами также являются места расположения автономных источников энергии, транспортные узлы и здания хозяйственного обеспечения.





административные здания

Жилые здания

Спортивные комплексы

Учебные корпусы

Транспортные узлы

развлекательные комплексы

Здания хозяйственного обеспечения

Рис 5. Блочная структура комплекса

В заключение необходимо отметить, что представленная концепция была создана с учетом возможности ее дальнейшего совершенствования. Исследование авторов свелось к аргументированию состоятельности подобной конструкции, ее эффективности, когда как конкретный проектный план остался ориентирован на долгосрочную реализацию.

Таким образом, на основании разработанной структуры единой образовательный среды, а так же с учетом исследований о визуальном аспекте влияния ее на психологическое и эмоциональное состояние человека, был разработан эскиз будущего комплекса сооружений. Именно в нем и нашли сочетание рассмотренные принципы гармонии архитектуры, в данном случае неоорганической, и среды обучения будущих поколений. В результате, была доказана состоятельность самой идеи существования обособленной образовательной среды и намечена перспектива ее развития.

Список литературы:

1. Авадяева Е. Н. «Русский ландшафтный дизайн»/ Е. Н.Авадяева. М.: Олма-Пресс, 2000
2. «Campus of the future»/ Arup Foresight, 2012
3. «Специфика и интенсивность эстетического воздействия ландшафтов»/ http://www.constructionechnology.ru/landiz/2/1.php

ФАКТУРНЫЙ ЛИЦЕВОЙ КИРПИЧ

Куликовская В.Л., Коломейцев С.Т.
Научный руководитель: Лапунова К.А., ассистент
Ростовский государственный строительный университет
344022, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162
E-mail: kylikovskaya92@mail.ru

Лицевой кирпич – это кирпич, обеспечивающий эксплуатационные характеристики кладки и выполняющий функции декоративного материала; выдерживающий воздействие атмосферных осадков и пригодный для наружных и внутренних работ. Отличается низким водопоглощением и высокой морозостойкостью. Производится он как в виде стандартных прямоугольных брикетов, так и специальной формы – закругленной, клиновидной, трапецеидальной, витой, фигурной и других. Используется практически для всех видов фасадных и ландшафтных работ, мощения дорожек, а также отделки интерьеров.

Разновидности лицевого кирпича – фактурный (с неровным рельефом - «черепашка», «кора дуба» и пр. или правильным геометрическим рисунком на боковых гранях) и фасонный (полукруглый, угловой, скошенный, с выемками и других форм). Последний позволяет изысканно оформлять окна, карнизы, создавать здания с округленными углами, выполнять арки, своды, колонны.[1]

В настоящее время широко распространены следующие технологии производства лицевого кирпича:

– Гиперпрессование
– Силикатный кирпич
– Керамический кирпич

Гиперпрессованный кирпич

В качестве сырьевых материалов для получения кирпича по технологии гиперпрессования выступают: портландцемент, заполнитель, красители и вода. Относительная простота и доступность технологии производства лицевого кирпича увеличивают предложение и спрос на данную продукцию. Отсутствие высокотемпературных процессов при получении кирпича не позволяет рассчитывать на проявление эффекта естественного окрашивания материала изделий. Поэтому производители добиваются требуемого цвета путём введения в формовочную массу минеральных пигментов и/или заполнителей, имеющих требуемый оттенок. С одной стороны, это позволяет поддерживать достаточно высокую цветовую однородность кирпичей и стабильность оттенка от партии к партии, но, с другой стороны, серый цвет, присущий цементу, играющему роль вяжущего, снижает общую цветовую насыщенность готовой кирпичной кладки. Большинство гиперпрессованых лицевых кирпичей легко отличить от керамических (клинкерных) по характерной «бетонной блёклости» (рис. 1).

Рельеф на безобжиговом (гиперпрессованном) лицевом кирпиче

Как уже было сказано, в большинстве современных индустриальных производствах формование кирпичей производится в пресс-формах, причём прессующие усилия обычно прилагаются к постели изделий.



Рисунок 1 – Гиперпресованный кирпич

Ложковые и тычковые грани формируются боковыми стенками пресс-формы. [3] Поэтому попытка нанесения рельефа на боковые поверхности сделает невозможной нормальную выемку заготовки кирпича из пресс-формы. Придать лицевым граням рельефность возможно только путём механического раскалывания кирпичной заготовки. Именно так получают всем хорошо известную поверхность гиперпрессованых кирпичей, именуемую «скала» или «дикий камень» (рис. 2).



Рисунок 2 – Рельеф «Дикий камень»

Получаемая в итоге поверхность имеет привлекательный вид природного излома, характерного для большинства горных пород, подвергшихся грубой механической обработке.

Силикатный кирпич

Силикатный кирпич – это автоклавный материал, разновидность силикатного бетона на мелком заполнителе, имеющий форму и размеры кирпича. Он состоит примерно из 90% извести, 10% песка и небольшой доли добавок. Добавляя некоторое количество пигментов, можно изменять цвет кирпича.

По фактуре лицевой поверхности силикатные лицевые изделия изготовляют гладкими с декоративным покрытием; по цвету – неокрашенными, имеющими цвет сырья, из которого они изготовлены, или окрашенными, – из окрашенной смеси или с поверхностной окраской лицевых граней.

Керамический кирпич

Стоящие века церкви, соборы, стены и башни кремлей и по сей день поражающие своей красотой и монументальностью, выполнены именно из керамического кирпича. Помимо неповторимого внешнего вида, прочности и долговечности, к достоинствам

такого кирпича можно отнести огнестойкость, высокую звуконепроницаемость, способность сохранять тепло.

По способу изготовления различают кирпич пластического формования и полусухого прессования. В первом случае подготовленная сырьевая масса формуется экструдером, затем сушится в камере, после чего обжигается в печи при температуре, как правило, от 850 до 1000°С (отдельные типы изделий – свыше 1000°С). Во втором – увлажненную глину-сырец формуют прессом под сильным давлением, а затем, минуя сушильную камеру, отправляют в печь.[6]

Рельеф на обжиговом керамическом лицевом кирпиче

На лицевые поверхности керамического кирпича рельеф обычно наносится сразу после формовки глиняной заготовки, до её сушки. Заметная пластичность глины позволяет легко осуществлять накатку хаотичного или периодичного рельефа. Этот способ декорирования является неразрушающим, а потому не приводит к ухудшению механических и эксплуатационных свойств кирпича. Фактурный керамический кирпич позволяют разнообразить кирпичную кладку, акцентировать отдельные элементы фасада: колонны, обрамления оконных и дверных проёмов, углы здания и других элементов (рис. 3).



Рисунок 3 – Керамичекий лицевой кирпич в кладке

Однако применение таких кирпичей потребует повышенного внимания в дальнейшем обслуживании, так как рельеф лицевой поверхности кирпича является хорошим «уловителем» пылевых и сажевых частиц. Рельефные элементы фасада надо периодически очищать от загрязнений, и гораздо чаще, чем гладкие поверхности.

Особого внимания заслуживают следующие виды фактурного керамического кирпича:

- Глазурованный кирпич (рис.4)
- Ангобированный кирпич (рис.5)

Первый отличается глянцевой поверхностью, а второй имеет матовый оттенок. Они имеют специальное покрытие, которое позволяет наносить на поверхность кирпича практически любой рисунок. Как правило, глазурованный и ангобированный кирпич используется при оригинальной дизайнерской облицовке внутренних и внешних стен.

Ангобирование

Ангоб – это декоративное керамическое покрытие, наносимое на поверхность кирпича и закрывающее цвет или грубую структуру его материала. Ангоб обычно наносят пульверизацией или поливкой свежеотформованных высушенных или обожжённых изделий с последующим обжигом. Разумеется, этот вид декорирования доступен только для обжиговых лицевых кирпичей. Очень часто применяют хаотичный или зональный набрызг. В этом случае достигаются плавные изменения цвета лицевого слоя кирпича от цвета керамики самого кирпича к цвету нанесённого покрытия. Такие изделия придают характерную разнотонность готовой кирпичной кладке, которая присуща старинным сооружениям.



Рисунок 4 – Ангобированный фактурный кирпич

Ангобированный кирпич не уступает по своим параметрам недекорированному кирпичу, однако требует известной осторожности в процессе кладки: толщина слоя ангоба обычно невелика и малейшие повреждения, при неосторожном обращении с ним каменщиков, хорошо заметны.[3] Особенно это касается случаев контрастного сочетания кирпичной и ангобной керамики.

Глазурование

Технология глазурования керамического кирпича во многом похожа на ангобирование, с тем лишь отличием, что на поверхность кирпичной заготовки наносится не слой глины, а слой специально подготовленной глазури. Глазурование позволяет получить гораздо более прочное, стекловидное, малопроницаемое для влаги покрытие. [6] За счёт применения специальных пигментов лицевому слою кирпича может быть придан любой цвет и оттенок и сформирован рисунок.



Рисунок 5 – Глазурованный кирпич

Глазурование, как и ангобирование, неприменимо к безобжиговым лицевым кирпичам. Фактурный кирпич применяют при облицовке фасадов малоэтажных загородных и частных домов, для украшения ландшафта и декорирования интерьера. Однако применение фактурного кирпича в высокоэтажных строениях нецелесообразно из-за визуального невосприятия фактуры.

Список использованной литературы:

1. ГОСТ 530-2007 Кирпич и камень керамические. Общие технические условия.
2. Журнал «Архитектура. Реставрация. Дизайн и строительство» № 3, 2005.
3. http://www.kirpi4ik.ru
4. stellarvvv.ru
5. Журнал «Материаловедение» №7, 2011

ДИЗАЙН УЧЕБНОЙ ПРЕЗЕНТАЦИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРАКТИКАХ

Литвинова Л. В.
Томский базовый медицинский колледж, 634027, Россия, г. Томск, ул, Смирнова, 44/1
E-mail: eukuh@mail.tomsknet.ru

На протяжении многих лет образное представление информации является неотъемлемой частью образовательного процесса. Как в науке так и в образовании большая часть успеха зависит от умения ярко и грамотно преподнести идеи и материалы учебного занятия. Доходчиво и кратко рассказать и показать их может только презентация. Целью данной статьи является: структурирование требований к созданию учебных презентации.

Электронная учебная презентация – это логически связанная последовательность слайдов, объединенная одной тематикой и общими принципами оформления. [1] Мультимедийная презентация представляет сочетание компьютерной анимации, графики, видео, музыки и звукового ряда, которые *организованы в единую среду*.Электронные презентации, в отличие от электронных учебников, предназначены, как правило, для решения локальных педагогических задач. Производительность обучения значительно повышается, когда одновременно задействованы зрительный и слуховой каналы восприятия. Результаты исследований показывают, что эффективность слухового восприятия информации составляет 15%, зрительного — 25%, а их одновременное включение в процесс обучения повышает эффективность восприятия до 65%. Более того, наличие ***конспектов*** в виде тематических электронных презентаций предоставляет возможность организации самостоятельной работы учащихся с подобного рода ресурсами. В настоящее время все большее распространение получает термин «визуальное мышление», которое определяется как человеческая деятельность, продуктом которой является порождение новых образов, создание новых визуальных форм, несущих определенную смысловую нагрузку и делающих значение видимым. Интерес педагогики к формированию визуального мышления в ходе учебной деятельности возрастает именно в связи с быстро расширяющимися и становящимися все доступнее школьному учителю техническими возможностями компьютера сочетания различных форм представления информации.[2]

Именно поэтому создание и применение электронных презентаций в учебном процессе на сегодняшний день весьма актуально, как и разработка общих методических принципов для них.

Написание презентации к уроку всегда большая, кропотливая, но и весьма полезная работа. Полезная потому, что позволяет заново классифицировать учебный материал, вскрыть "узкие" в методическом смысле места. Весь материал, отобранный и подготовленный автором, наглядно отображается на экране в концентрированном, сжатом виде, и все недостатки проявляются достаточно рельефно. В результате учитель, работающий с мультимедийными презентационными технологиями, постоянно повышает свое методическое мастерство, а именно оно является одним из главных условий повышения качества знаний учащихся.

Однако, для чтобы презентация достигала учебных целей, кроме традиционных методических требований, при создании и использовании презентации в учебном процессе необходимо соблюдать ряд специфических (относящихся именно к электронному продукту) правил ее построения и оформления. Опыт достаточно широкого использования электронных презентаций в современном образовательном процессе показывает, что далеко не всегда выполняются даже самые важные из них.

Визуализированная информация лучше воспринимается, усваивается и запоминается. Поэтому главное преимущество презентации – предоставление информации наглядно, ярко и объемно.

Приступая к созданию презентации стоит выделить для себя несколько пунктов [3]:

1. Аудитория:

– кто является целевой аудиторией

2. Ваша мотивация:

– зачем нужна презентация

3. Презентация:

– что собой представляет объект презентации (то есть - о чем Ваша презентация);

– какова конечная цель презентации, т.е. какие цели вы хотите достичь в результате данной презентации; задачи, которые вам надо решить в ходе вашего выступления;

– к каким особенностям объекта презентации необходимо привлечь внимание целевой аудитории;

4. Способ использования:

– каков способ использования презентации – на большом экране в аудитории, на компьютерах слушателей в группе, технические условия, в которых презентация будет демонстрироваться или использоваться.

5. Время:

– каков регламент вашего доклада, то есть, сколько времени вам будет отпущено на доклад; достаточно ли вы подготовили материала для того, чтобы использовать отпущенное вам время, не много ли этого материала.

Определившись с вышесказанными пунктами, необходимо перейти к оформлению.

1. Стиль:
– единый стиль (шаблон) оформления;
– следует избегать стилей, которые будут отвлекать от самой презентации;
– дизайн презентации не должен противоречить содержанию.

2. Фон:
– для фона лучше выбрать холодные цвета – синий, серый, зеленый.

3. Использование цвета:
– на одном слайде рекомендуется использовать не более трех цветов: один для фона, один для заголовка, один для текста;
– для фона и текста использовать контрастные цвета.

4. Анимационные эффекты использовать в учебной презентации запрещено.

Автор при изложении материала доклада должен строго следовать последовательности слайдов.

Рассмотрим вариант содержания слайдов.

№ слайда	Содержание
Слайд №1	Титульный слайд: Наименование колледжа (размер шрифта – не менее 20 пт). Наименование работы (размер шрифта – не менее 28 пт, жирный). Номер группы, Ф.И.О. студента, руководителя (размер шрифта – не менее 20 пт).
Слайд № 2	Содержит актуальность и цель работы.
Слайд № 3	Должен описывать задачи, которые необходимо решить в ходе выполнения работы (общий объём слайда – не более 10 строк текста).
Слайд № 4	Слайд может быть посвящен теоретической части работы (если без этого слайда невозможно выстроить логично и последовательно доклад).
Слайды № 5-9	На слайдах размещается информация по практической части работы, представленная в виде таблиц, графиков или диаграмм.
Слайд № 10	Заключение, выводы.

Правила создания формы

После того как содержание презентации подготовлено, ей придается форма: содержание организуется и форматируется в слайды.

Правило 1. Думать о зрителе. При разработке формы презентации всегда следует думать о том, как зритель ее будет видеть. От вида зависит очень многое. Для бумажной презентации использование шрифта не меньше 18 кегля – лишь желательно, но для экранной – это обязательно (экран не рассматривают вблизи). От альтернативы принтер-монитор–экран зависит и выбор цвета: график, который на экране выглядел контрастно, на бумаге станет просто серым, а текст, который прекрасно воспринимался в процессе редактирования презентации, окажется совершенно нечитабелен в темной комнате с освещенным экраном.

Правило 2. Последовательность и единство оформления. Соблюсти последовательность презентации не так–то просто – для этого необходимы сознательные усилия и кропотливость. [3]

Важно учитывать следующее:
– Изображения и текст на слайдах не должны быть мелкими (даже если, как было сказано, презентация готовится для бумаги).
– Если презентация будет цветной, то следует избегать ярких, так называемых чистых тонов – алого, ярко–синего, зеленого, фиолетового (они режут глаз). Такие краски следует зарезервировать для выделения действительно ключевых моментов, а для рядовых изображений использовать пастельные тона и контрастные сочетания цветов шрифта и фона.
– Пестрота на экране (больше четырех цветов одновременно) – также признак неопытной руки.
– Самое главное табу накладывается на спецэффекты. Анимации наподобие вращающихся заголовков, падающего по букве текста, переворачивающихся слайдов, а также любые звуки ставятся в программу не для учебных презентаций, а для выставочных. Учебную презентацию они только затягивают и донельзя раздражают слушателей.
– Цветовая палитра презентации должна быть скромной: два – четыре сочетающихся друг с другом цвета.

После создания презентации необходимо отрепетировать ее показ и свое выступление, проверить, как будет выглядеть презентация в целом (на экране компьютера или проекционном экране), как она воспринимается из разных мест аудитории, при разном освещении, шумовом сопровождении, в обстановке, максимально приближенной к реальным условиям выступления проведения учебного занятия.

Список литературы

1. Шестаков А.П.. Правила оформления компьютерных презентаций, http://comp-science.narod.ru/pr_prez.htm
2. Стрелкова Н.В. Рекомендации по созданию учебных презентаций (презентация), http://intergu.ru/infoteka/?main=&page=25
3. Шушкевич А.С.. Принципы и правила создания учебных мультимедийных презентаций ,http://konf.samsspc.ru/informacionnye-i- sozdaniya-uchebnyx.html

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЖИДКОТЕКУЧЕСТИ СИЛУМИНА ОТ СВОЙСТВ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА И СПОСОБА ЗАЛИВКИ

Лукьянченко А.А.
Научный руководитель: Утьев О.М., ст. преподаватель.
Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: annlukyann@gmail.com

Исследовательская работа посвящена специальным видам литья, а именно методу литья по газифицируемым моделям (ЛГМ), который в последние десятилетия набирает популярность в литейном деле.

ЛГМ – способ литья по моделям, изготовленным из пенополистирола, которые не удаляются из формы, а остаются в ней и газифицируются под действием тепловой энергии металла, заливаемого в форму. Интерес к данному способу литья объясняется следующими преимуществами:

1) Повышается геометрическая точность отливок;
2) Отсутствие разъема у моделей любой сложности;
3) Исключение операций по извлечению модели из формы;
4) Отсутствие дефектов по разъему формы;
5) Отсутствие формовочных уклонов;
6) Возможность создавать как большие громоздкие изделия, так и тонкие ажурные отливки сложной формы.

К недостаткам данной технологии следует отнести одноразовое использование модели.

Один из видом ЛГМ, позволяющий повысить качество отливки – ЛГМ с дополнительным вакуумированием. Метод был запатентован в 1968 г.. Согласно патенту, для формовки используется специальный контейнер, оборудованный системой вакуумирования.

В работе производится сравнение ЛГМ с другими методами литья, где не требуется модель из пенополистирола. Производится формовка деревянного модельного блока, содержащего образцы сечениями 25, 100, 125 мм^2 классчическим методом песчано-глинистой формовки (ПГФ) и вакуумно-плёночной формовкой (ВПФ).

ПГФ — дешёвый, самый массовый (до 75-80 % по массе получаемых в мире отливок), но самый грубый вид литья.

В процессе ВПФ используется специальная вакуумная форма с вытяжной камерой и с отверстиями для откачки воздуха. Метод похож на ЛГМ вакуумированием, но на модель до начала формовки накладывается нагретая полимерная плёнка, которая сохраняет форму модели после того, как модель будет извлечена.

Как и у любого другого метода литья, у ЛГМ есть масса технологических особенностей. Цель работы:

1) Исследовать, какой из готовых и выпускаемых в массовом производстве марок пенополистирола лучше применять для литья художественных изделий;
2) Выявить минимальное сечение и габариты модели, а так же определить, какой способ литья обеспечивает наилучшее качество получаемых отливок.

В работе рассматривается зависимость качества отливки от марки пенополистирола (ПСБ-С-25, Пеноплэкс 35, Пеноплэкс 31) и от способа заливки на примере сплава силумина АК5М.

Для определения минимального возможного сечения отливки, были вырезаны опытные образцы длиной 140мм и сечениями 5х5мм, 10х10мм, 15х15мм (рис.1) трёх разных марок пенополистирола: ПСБ-С-25 (белый), Пеноплекс 31 (жёлтый), Пеноплекс 35 (оранжевый).

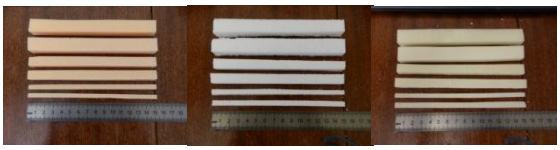


Рис.1

Затем три образца одного сечения разных марок пенополистирола были собраны в модельные блоки(рис 2).



Рис.2 Модельный блок сечением 25 мм^2

Для заливки использовался сплав силумина АК5М. Оптимальная температура заливки 800˚С [3]. Модельные блоки использованы для заливки методами ЛГМ и ЛГМ с вакуумированием. Получены отливки разной длины, выявлена зависимость длины образца от марки пенополистирола и площади сечения

(диаграмма1), исследованы дефекты для обоих методов. Первый метод не обеспечивает заполнение образцов на полную длину (рис.2), он не рекомендован для создания изделий с малой площадью поперечного сечения и длинными (более 113мм) деталями. Для сечений 10х10 мм и 15х15 мм предпочтительнее использовать пенополистирол марки ПСБ-С-25, для сечений 5х5 - Пеноплекс 31, так эти марки обеспечивают максимальную длину.



Рис.3

Проливаемость при втором методе на порядок выше (рис.4), и значения длины полученных образцов имеют близкие значения независимо от марки пенополистирола. Образцы сечениями 100, 125 мм^2 демонстрируют максимально возможную длину. Поверхность значительно более шероховатая (рис.5), что предполагает последующую обработку, если необходимо получить изделие с гладкой поверхностью.



Рис.4



Рис.5

Затем производилась заливка методами ПГФ и ВПФ. Оба метода продемонстрировали полную заливку образцов всех сечений (рис.6). Качество поверхности изделия при ВПФ зернистое (рис.7)



Рис.6



Рис.7

Длина полученных образцов измерялась от литниковой системы, все полученные данные были занесены в таблицу и преобразованы в диаграмму 1.

Исходя из полученных результатов, можно судить о том, что при ЛГМ длина изделий ограничена. Полная заливка металла достигнута

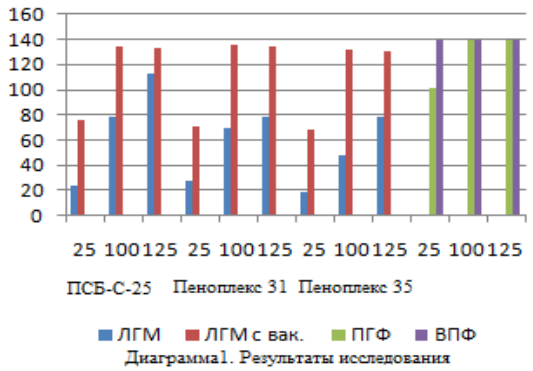


Диаграмма1. Результаты исследования

методами ЛГМ с применением вакуумирования независимо от марки пенополистировла и ВПФ.

Следует отметить разность качества поверхности при использовании моделей из разного пенополистирола. ПСБ-С-25 - менее плотный, с крупными гранулами, проявил себя лучше в плане жидкотекучести металла, но качество поверхности гораздо хуже, чем у более плотного и мелкозернистого Пеноплекс 35 или Пеноплекс 31 . Следовательно, при ЛГМ лучше использовать Пеноплекс, это уменьшит затраты на последующую механическую обработку изделия.

Из данной работы можно сделать вывод, что из четырех представленных методов литья и трёх марок пенополистирола, лучшим для получения отливок с плоскостью разъема является традиционный метод ПГФ из-за полной проливаемости. Для получения объёмных отливок сложной геометрической формы лучшим является метод ЛГМ с применением вакуумирования в сочетании с СПБ-С-25. Но необходимо учесть, что поверхность изделия, полученного таким способом заливки, напоминает поверхность песка, и, с одной стороны, чтобы получить гладкую поверхность, изделие необходимо тщательно обработать. С другой стороны, необычная для металла текстура поверхностного слоя может стать интересной деталью художественного изделия.

Список литературы

1. Соболева Л.И. Исследование зависимости жидкотекучести силумина от температуры сплава и свойств пенополистирола. / статья/ СТТ12 г.Томск 2011

РАЗВИТИЕ КЕРАМИЧЕСКОЙ ЧЕРЕПИЦЫ В РОССИИ И СТРАНАХ ЕВРОПЫ

Маслова М.Ю.
Научный руководитель: Муртазина И.Ф., ассистент
Ростовский государственный строительный университет,
Россия, г. Ростов – на – Дону, ул. Социалистическая, 162
E-mail:murtazina_irina@inbox.ru

Первая керамическая черепица начала использоваться в строительстве домов более 4000 лет назад древними греками, а затем римлянами. Слово «черепица» известно во многих языках мира и переводится по-разному: щепка, обрубок, пень, зазубрина и т.п. Но смысл всех переводимых слов сводится в итоге к одному: небольшая деревянная пластина.

Дерево было одним из самых популярных строительных материалов. В Древней Руси прародителем черепицы был лемех — дощечки продолговатой формы. Также деревянные дощечки, но уже клиновидной формы применялись в странах Европы. До сих пор иногда используется другое название керамической черепицы, пришедшее к нам из древней Европы, — «гонт», «гонтовые крыши».

Со временем, дерево сменилось на глину. И крыши стали крыть более безопасной и долговечной глиняной черепицей. Керамика стоила довольно дорого, даже в сравнении с дранкой и тесом. Хотя на исторических зданиях мы все же видим ее - по всем объективным сравнительным параметрам она была пожароустойчивой, чем солома или деревянный гонт.

В большинстве своем на Руси черепица производилась вручную мастерами-горшечниками, а промышленное автоматизированное производство дислоцировалось ближе к районам Прибалтики. Поэтому на нашей территории спрос по черепице всегда превышал предложение. Есть данные о том, что до 1917 года потребление черепицы в России было около 100 млн. штук в год, что равняется примерно 7 млн. $м^2$. Возможно, развитие керамической черепицы в России было бы гораздо стремительнее, если бы государство или промышленники уделяли больше внимания данному вопросу и его решениям.

Этап расцвета и применения керамической черепицы пришелся в Советском Союзе на 50-е годы: строились цеха и заводы, разрабатывались проекты будущего развития черепичного производства. Но позже были изобретены рулонные кровельные материалы и асбестоцементные, и популярными стали рубероид и шифер. Можно много строить догадок и предположений, почему более экологичная, дешевая в эксплуатации, гораздо более долговечная керамическая черепица не стала производиться в построенных заводах, которые переориентировали под шифер и рулонную кровлю. Одной из этих причин можно назвать стремление к скоростному строительству, перевыполнению планов, даже в ущерб качеству, и т.д. Ведь укладывать черепицу было дольше, чем шифер, а это сказывалось на времени исполнения этих планов. Лишь только на Украине и в странах Прибалтики производство керамической черепицы не остановилось и развивалось.

А в странах Европы, все было наоборот. Обороты производства черепицы, изобретение ее новых видов и форм, развитие новых видов технологий производства керамической черепицы — только росло. Потому и сейчас в Европе керамическая черепица является самым популярным кровельным материалом[1].

И это неудивительно, ведь высокие потребительские качества данного материала сочетаются с очарованием его богатой истории. В России такие кровли пока что относительно редки. Традиционно у нас более распространены другие покрытия, поэтому практического опыта использования черепицы немного, что является причиной неверных представлений: черепичное покрытие считается дорогим, требующим особенно прочной стропильной системы и весьма трудоёмким при укладке. Это не совсем соответствует действительности. Кроме того, первоначальные вложения всегда окупаются благодаря удобству, прочности и долговечности этого материала, равных которому среди современных аналогов по сумме этих качеств практически нет. Керамическая (или глиняная) черепица изготавливается путём температурной обработки глины в специальной печи. Для получения этого материала используют глины с большим содержанием оксидов железа - они пластичнее и жирнее глин, применяемых для производства кирпича. Качество черепицы зависит от сырья и технологии изготовления. Благодаря чему кровельное покрытие из черепицы долго не стареет, сохраняя свой роскошный внешний вид. Природный красновато-коричневый цвет глины привлекателен сам по себе, а современные технологии изготовления позволяют окрасить черепичные плитки в разнообразные цвета, поэтому всегда можно подобрать оттенки, наиболее подходящие к стилю дома и его окружению. При укладке черепицы можно сочетать плитки разных цветов, создавая индивидуальный рисунок кровли. Потрясающе выглядит глазурованная (ангобированная) черепица - при освещении солнцем её поверхность переливается. И хотя с развитием технологий возникают новые виды черепицы, но самая древняя, керамическая, по-прежнему остаётся и самой популярной. Качественная черепица намного долговечнее, чем, к примеру, оцинкованная стальная кровля или полимерные материалы. Под воздействием инфракрасных и ультрафиолетовых лучей происходит разложение молекул полимеров,

вследствие чего они становятся хрупкими и постепенно разрушаются. Повреждению кровли способствуют и некоторые виды бактерий, питающихся битумом, который используется не только в традиционных материалах типа рубероида, но и в современных мембранных покрытиях. На асбестоцементном шифере, имеющем много пор и содержащем остатки свободной извести, с большой охотой поселяются мхи и лишайники, и он быстро загрязняется и зарастает. А на керамическую черепицу природные факторы и агрессивные среды практически не влияют: она не подвержена влиянию ни жары и мороза, ни града и ветра, ни кислотных дождей, ни деятельности микроорганизмов, ни ультрафиолетового и инфракрасного излучения солнца. Глиняная черепица отвечает самым современным требованиям экологической и пожарной безопасности. Она дышит, пропуская воздух в подкровельное пространство, благодаря чему в помещении создаётся благоприятный микроклимат; практически не нагревается, что препятствует появлению конденсата; не меняет форму при нагрузках (например, обильном снежном покрове), имеет отличные характеристики звукоизоляции[2].

Почему же такой великолепный кровельный материал, как черепица, так мало распространён в нашей стране? Основные причины - это опасения, связанные с её большим весом, сложностью сооружения стропильных конструкций и работ по укладке, и, наконец, высокой ценой.

Вес черепицы вовсе не столь велик, как это может показаться на первый взгляд. Более того, он оправдан. Ведь толстые плитки массой около 4,5 кг (именно столько должна весить черепица по германским нормам) обеспечивают высокую устойчивость покрытия к ураганным порывам ветра. Российские строители разделяют распространённое, но ошибочное мнение о том, что большой вес черепичной кровли требует специального усиления всех конструкций дома. На самом деле, это всего 10-15% от снеговой и ветровой нагрузок, поэтому волноваться за прочность стен и фундаментов не стоит, т. к. они имеют достаточный запас прочности. Мнение о чрезмерном расходе древесины для стропил под черепицу тоже не вполне обосновано. Считается, что для черепицы необходим скат не менее 45 градусов, что не соответствует действительности. Оптимальная величина угла наклона кровли во многом зависит от типа и формы черепичной плитки, отдельные типы черепицы можно укладывать даже на скатах с уклоном больше 18 градусов. Другим недостатком в глазах потенциальных покупателей черепицы оказывается большая трудоёмкость её укладки. Но и тут всё совсем не так, как представляется, ведь главные затраты труда и времени при возведении крыши уходят на устройство стропил и обрешётки, отделку карнизов и фронтонов, поэтому скорость укладки кровельного материала оказывается не столь критичной. В это сложно поверить, но ни один материал не укладывается так быстро и просто при кровельных работах и не снимается при ремонте, как черепица. К тому же, обеспечить примыкание небольших плиток черепицы к бесчисленным кровельным конструкциям несравнимо проще, чем подгонять крупноразмерные материалы. Кроме того, наличие стыков обеспечивает эффективное проветривание пространства под кровлей и удаление избытка паров влаги, которые образуются в отопительный период и при больших суточных перепадах температур. Это тоже очень важно, ведь конденсат - главный враг и деревянных, и металлических конструкций крыши. Наконец, последнее предубеждение: "кровля из натуральной черепицы - дорогое удовольствие". Отчасти это действительно так. Однако долговечность керамической черепицы в значительной степени уменьшает будущие расходы по уходу за кровлей. Поскольку срок эксплуатации черепицы составляет более 100 лет, её можно считать весьма выгодным вложением средств - конечно, при условии, что вы строите дом на века[1].

Дом должен быть источником покоя, а не постоянных вложений средств и хлопот по ремонту. Лучший способ избежать неприятностей - выбирать качественные и долговечные материалы. Черепица отвечает этим требованиям - уложенная однажды, она в дальнейшем почти не требует к себе внимания (рис.1). Если подумать о том, сколько времени, сил и денег можно сэкономить, сделав качественную крышу раз и навсегда, то даже цена самой дорогой черепицы не покажется чрезмерно высокой.



Рисунок 1 – Современная конструкция крыши

В последние годы в России архитекторы и владельцы домов все чаще выбирают для кровель керамическую черепицу. Уходят в прошлое заблуждения о том, что черепица не подходит для российского климата. Годы безупречной эксплуатации проложили ей дорогу к сердцам российских клиентов.

Список используемых источников:

1.http://rosvo.info/tag/keramicheskaya-cherepitsa
2.http://www.zs-z.ru/zagorodnoe-stroitelstvo/krovlya/keramicheskaya-cherepicza

СОЗДАНИЕ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ТАКТИЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ

Михаленков А.И., Писклаков П.В.
Научный руководитель: Писклаков П.В., старший преподаватель
Южно-Уральский государственный университет, 454080, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, 76
E-mail: mikhalenkov@inbox.ru, pvp@susu.ac.ru

Человек воспринимает всю информацию из окружающего его мира с помощью пяти видов чувств: зрение, слух, обоняние, вкус и осязание. Причем в комплексе они дают наиболее полное представление о действительности. Эта сложная и по своей сути отражательная система анализаторов сформировалась у человека в ходе антропогенеза и обеспечивает поступление необходимой ему информации из внешнего мира для нормальной его жизнедеятельности. В этой системе на первый план выступают зрительная, слуховая и тактильно-кинестезическая системы, лежащие в основе так называемых гностических, то есть имеющих наибольшую познавательную ценность, ощущений и восприятий. При этом следует иметь в виду, что в данном комплексе анализаторов ведущая роль в процессе чувственного отражения принадлежит зрению [1].

Но разумеется, зрение не является единственной структурной единицей чувственного познания, правильно отражающей окружающий мир, хотя его значение в жизнедеятельности человека очень велико. Глаза и руки, по Сеченову [2], способны самостоятельно и вполне адекватно отражать следующие категории признаков: форму, величину, направление, удаление, телесность, покой и движение. Помимо перечисленных категорий, человек только при помощи зрения различает цвет, а при помощи осязания — сдавливаемость, вес, тепло и холод. Таким образом, зрительное восприятие отражает восемь категорий признаков, а тактильное — одиннадцать, хотя большее количество признаков, различаемых осязательно, еще не означает, что, например, слепой в осязательных образах более полно и точно отражает действительность, так как здесь решающее значение имеет способ перцепции — дистантный и одномоментный при зрительном и контактный и последовательный во времени при тактильном восприятии. Многочисленность признаков, различаемых при помощи осязания, свидетельствует лишь о возможности наиболее полного и правильного отражения действительности.

С помощью осязания при отражении формы, плотности, температуры, шероховатости и некоторых других признаков, можно точнее, чем зрительно, отразить свойства и качества объектов. Весьма показательно, что даже при наличии зрения осязание выступает в роли ближайшего регулятора выполняемых во время ручного труда операций. Осязание обеспечивает возможность осуществлять непрерывный контроль за выполняемыми действиями [3].

Исследования Л.И. Солнцевой [4] показали, что активное осязание помогает ускорить развитие ребенка, обогатить его чувственный опыт, дать навыки действия с предметами. В то же время современные исследования показывают, что тактильное восприятие играет значительную роль в формировании суждений человека и в выборе им стратегии поведения. Так, в журнале «Science» в 2010 году была опубликована статья американских психологов [5], описывающая шесть экспериментов, в которых исследовались три осязательных «измерения»: тяжесть/легкость, шершавость/гладкость и твердость/мягкость. О связи этих ощущений с абстрактными понятиями говорят характерные слова и выражения, существующие в различных языках, например, тяжесть ассоциируется с важностью, шершавость — с грубостью и трениями в отношениях, а твердость — со стойкостью, неуступчивостью или упрямством. Так, в одном из экспериментов всех испытуемых просили собрать пазл, при этом половине испытуемых давали пазл с гладкими деталями, а другой половине — с деталями, обклеенными наждачной бумагой. После этого испытуемых просили оценить небольшой текст, в котором был описан разговор двух человек. Сам текст можно было воспринимать по-разному: как дружелюбное подшучивание друг над другом, и как ссору, поскольку в тексте встречались грубые слова. В результате эксперимента испытуемые, собиравшие шершавый пазл, чаще говорили, что взаимоотношения героев текста являются напряженными.

Таким образом, осязание является необходимым компонентом человеческой деятельности, а его развитие позволяет человеку более полно воспринимать окружающий мир. Одной из важных задач при этом является разработка технологий создания художественных элементов для тактильного восприятия. Среди таких технологий при развитии тактильного восприятия особое значение имеют те, которые позволяют зрячему человеку воспринимать художественные элементы только тактильно, не используя какие-либо приспособления для ограничения зрения человека (например, повязки на глаза).

Разработка технологии

Путем естественных экспериментов необходимо создать такие условия, при которых зрение человека будет «работать» и «не работать» одновременно. То есть как ведущий канал восприятия оно по-прежнему будет успешно функционировать, при этом в процессе осязания изображения оно должно быть совершенно бесполезным. С

этой целью рельеф или контррельеф, обязательный для формирования тактильной поверхности, должен быть визуально неразличим. Такая технология также должна хорошо работать в случае, когда человек имеет возможность изменить угол освещения изображения, что позволит ему увидеть рельеф или разность фактур материалов.

В ходе экспериментов были изготовлены образцы изображений для тактильного восприятия следующими методами:

1) наклеивание формы на основу;
2) врезка формы в основу;
3) выдавливание формы в основе;
4) создание формы из нескольких слоев.

После этого были проведены эксперименты по маскировке изображений для тактильного восприятия следующими методами:

1) маскировка рисунком;
2) маскировка шрифтом;
3) маскировка фотографией;
4) маскировка растровой сеткой;
5) маскировка тканью;
6) маскировка комбинацией методов.

Далее после экспериментов по каждому из методов была проведена апробация и тем самым выявлена технология, успешно справляющаяся с поставленной задачей.

Наиболее перспективным для создания художественных элементов для тактильного восприятия является использование метода выдавливания формы в основе для создания изображения и метода маскировки тканью для сокрытия этого изображения. Данная технология может использоваться для изготовления художественных элементов, используемых в развитии тактильного восприятия у зрячих людей без необходимости завязывания глаз, при создании игр для зрячих людей, кроме того, созданные с использованием этой технологии объекты могут использоваться при совместном развитии и обучении зрячих и незрячих детей, позволяя зрячим лучше понять сложность восприятия и познания мира для слепого человека и вовлекая их в совместную деятельность, что способствует адаптации детей с ограниченными возможностями к жизни в социуме.

Разработка игры

Для демонстрации технологии создания художественных элементов для тактильного восприятия была создана интеллектуальная игра «100 вопросов». При ее разработке учитывался тот факт, что использование тактильного восприятия в процессе игры должно стать ключевым элементом игрового процесса, то есть без тактильного восприятия получение успешного результата в игре (да и сама игра) должно быть невозможно.

Игра построена по принципу викторины, целью которой являются ответы на вопросы, получить которые можно использовав только тактильное восприятие.

Игра представляет собой комплект из трех типов карточек: карточки с вопросами, карточки с ответами и пояснениями и карточки для тактильного восприятия. В тексте каждого вопроса намеренно пропущены ключевые слова, необходимые для его верного понимания. Определить пропущенные слова игрок может воспользовавшись карточками для тактильного восприятия, «читая» слова руками. Для облегчения тактильного восприятия все существительные на карточках нанесены в именительном падеже, а прилагательные — в мужском роде, именительном падеже. После прочтения слов с нужных карточек для тактильного восприятия, человек подставляет эти слова в вопрос и формулирует его целиком, согласовывая число, род и падеж. Далее человек отвечает на вопрос, проверить ответ на который можно с помощью карточки с ответом и дополнительными пояснениями к нему. В игре побеждает тот, кто дал большее количество правильных ответов.

При составлении вопросов необходимо учитывать возможность максимального использования одних и тех же карточек для тактильного восприятия в процессе игры. Правильный подбор слов, наносимых на карточки для тактильного восприятия, позволяет составлять разнообразные вопросы, используя сравнительно небольшое количество карточек. В разработанной игре используется 20 карточек для тактильного восприятия, 100 карточек с вопросами и 100 карточек с ответами и пояснениями.

Игру можно легко развивать в тематические серии, возможно также создание дополнительных комплектов карточек для тактильного восприятия и отдельных комплектов вопросов, что позволяет потребителю докупать их по мере надобности отдельными блоками, расширяя спектр вопросов и слов по принципу конструктора. Также на базе предлагаемой игры возможно создание целого комплекса игровых и обучающих комплектов для зрячих и слабовидящих детей по изучению как родного, так и иностранного языка.

Библиографический список

1. Литвак А.Г. Психология слепых и слабовидящих. — СПб.: КАРО, 2006. — 336 с.

2. Сеченов И.М. Психология поведения. — М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2006. — 364 с.

3. Земцова М.И. Пути компенсации слепоты в процессе познавательной и трудовой деятельности. — М.: Изд-во Академии педагогических наук, 1956. — 419 с.

4. Солнцева Л.И. Психология детей с нарушениями зрения (детская тифлопсихология). — М.: Классикс Стиль, 2006. — 254 с.

5. Ackerman J.M. Incidental Haptic Sensations Influence Social Judgments and Decisions / J.M. Ackerman, C.C. Nocera, J.A. Bargh // Science. — 2010. — V. 328. — P. 1712-1715.

ГИДРОРЕЗАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ СОВРЕМЕННОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Моисеенко М.Е., Арьков Н.М., Швелидзе Р.Э.
Научный руководитель: Карханин Д.Е., ассистент
Ростовский государственный строительный университет,
344022, Россия, г. Ростов – на – Дону, ул. Социалистическая, 162
E-mail: karxan@yandex.ru

Технология водоструйной резки существует уже более 20 лет. Она возникла в ответ на требование промышленности находить новые щадящие способы разрезания материалов. И в качестве одной из таких технологий стали применять водоструйную резку. В ее основе лежит использование водоструйного аппарата высокого давления, который подает воду на разрезаемую поверхность.

Инструментом при водоструйной резке выступает простая вода, поданная из тонкого сопла (от 0,08 мм в диаметре), со скоростью, приближенной к сверхзвуковой (от 1000 м/с). Сочетание тонкой струи и высокого давления обеспечивает давление на рабочую поверхность заготовки от 400 до 700 МПа. Такое давление не могут выдержать подавляющее большинство современных материалов, и за счет этого осуществляется их резка.

С помощью водоструйной резки (гидроабразивная резка и гидрорезка) могут обрабатываться практически все материалы: бумага, картон, ткани, кожа, резина, стекло, керамика, гранит, мрамор, бетон, железобетон, все виды полимерных материалов, в том числе композиционные, фольгированные и металлизированные пластики, все виды металлов и сплавов, включая труднообрабатываемые - нержавеющие и жаропрочные стали, твердые и титановые сплавы. К достоинствам данной технологии можно отнести максимальную точность резания и возможность получения изделий и деталей самых сложных форм.

Водоструйная резка может осуществляться двумя основными способами: резка водой, которую называют гидрорезка или водорезка; и гидроабразивная резка, в которой используется не только вода, но и специальный абразив, смешиваемый с водой.

Первый способ резания нашел применение в:

- кожаной и обувной промышленности - резание подошв, передков ботинок т.д.;
- электронной промышленности - резание электронных плат для цепей (применение водоструйной резки позволило достичь размера пропила до 0,1 мм и обеспечить отсутствие пыли и снизить проблему расслоения материала;
- автомобильной промышленности - резание фальш-потолков, ковриков и приборных досок, бамперов из пластика и др. Так как сложная форма этих изделий создается с применением высоких температур, обрезка контура их осуществляется с помощью режущей головки с 6-тью степенями свободы, которые позволяют головке выполнить сложный контур реза;
- пищевой промышленности, в особенности резка продуктов глубокой заморозки, различных видов плотных пищевых продуктов, шоколада;
- резке бумаги, картона, тканей.

Исходя из анализа существующих конструкций струйных головок, предложена следующая их классификация:

1. Струйные головки для жидкостного гидрорезания материалов;
2. Струйные головки с улучшенными динамическими характеристиками для жидкостной обработки материалов;
3. Жидкостно-абразивные струйные головки;
4. Струйные головки с подводом хладагента с целью охлаждения истекающей жидкости;
5. Комбинированные сопловые головки.

К первой группе относятся струйные головки, предназначенные для работы на высоких давлениях чистой струёй жидкости без использования дополнительных приёмов, увеличивающих производительность процесса гидрорезания.

Вторая группа объединяет струйные головки, снабженные конструктивными элементами, позволяющими улучшать динамические характеристики режущей струи.

Третью группу составляют жидкостно-абразивные струйные головки, в которых интенсификация процесса резки материалов осуществляется за счёт ввода абразива в рабочую струю. Наиболее совершенными считаются конструкции со свободным вводом абразива в рабочую струю жидкости с возможно наименьшими нарушениями их гидродинамических характеристик.

В четвёртую группу сведены струйные головки, в конструкцию которых введены каналы для подвода хладагента, предназначенного для придания абразивных свойств рабочей жидкости. Это позволяет усилить режущие возможности струи за счёт образования льдинок в струе и повышения износостойкости соплового отверстия ввиду получения замороженного слоя на его поверхности.

Комбинированные сопловые головки причислены к пятой группе. В этих головках применены как хладагент, так и абразив для увеличения эффекта гидрорезания.

Водорезка также может быть усилена с помощью различных технологических приемов. Для снижения температуры на разрезаемой поверхности и придания воде больших абразивных свойств,

при гидрорезке могут использоваться охлаждающие реагенты. Они подводятся к струйной головке и образуют в подаваемой воде мельчайшие льдинки, усиливающие давление на материал.

Как и при любом виде обработки материалов, наиболее благоприятные условия для освоения процесса гидрорезания могут быть достигнуты за счет выбора оптимальных параметров: давления рабочей жидкости, формы и диаметра отверстия сопла, расстояния сопла от разрезаемой поверхности, скорости подачи, числа проходов - количество сопел, приходящихся на единицу длины реза, необходимых для разрезки материала.

Второй способ является более технологичным, так как добавление абразива увеличивает мощность воды, как режущего инструмента, и позволяет резать более твердые плотные материалы.

Область применения гидроабразивной резки распространяется на большинство современных материалов:

- бумага;
- картон;
- ткани;
- резина;
- кожа;
- керамика и стекло;
- камень;
- гранит;
- мрамор;
- железобетон и бетон;
- полимеры, пластик и композиты.

В качестве абразива применяют смеси из оливиновых песков, оксида алюминия и искуственные силикаты. Однако, самым качественным и безопасным для оборудования и безвредным для здоровья является гранатовый песок.

Резать водой можно также и любой металл, включая различные сплавы и труднообрабатываемые поверхности. Водорезке поддаются жаропрочные и нержавеющие стали, титановые сплавы и многое другое. Выгодное отличие гидроабразивной резки от других известных способов резание – рабочая поверхность заготовки практически не нагревается, что избавляет от ненужной деформации металла и дополнительной обработки.

Возможность обработки разных поверхностей открывают для гидроабразивной резки космическую отрасль и ракетостроение, оборонную промышленность. Кроме того, широкое распространение резка металла водой получила в приборостроении, машиностроении, строительстве и архитектуре. В строительстве также применяется резка бетона водой, а в этапах отделки помещений – резка керамики водой. С большим успехом гидроабразивная резка используется для создания художественных изделий из металла.

Если при других видах резки необходимо обрабатывать края заготовок, то гидроабразивная резка избавляет от этой процедуры. Получается, что и цена гидрорезки полностью компенсируется самодостаточностью этой процедуры, и отсутствием дополнительных затрат на обработку

Гидроабразивная резка керамогранита или мрамора является прекрасным способом реализовать дизайнерские задумки фигурной резки - без особых усилий и технологических сложностей можно осуществить резку гранита или другого камня, толщина которого составляет до 100 мм.

Резка керамической плитки всегда сопровождается риском повреждения заготовки, поэтому вполне логично прибегать к услугам гидроабразивной резки плитки. Резка водой обеспечит ровные края и полное сохранение первоначальных характеристик заготовок. При этом, можно будет воссоздать любые узоры, линии или углы – водорезка позволяет это сделать.

При помощи гидрорезки создаются керамогранитные панно, и изделия художественной резки. Часто можно встретить столешницы из натурального и искусственного камня, изготовленные с помощью водорезки.

Гидроабразивная резка значительно сократила временные и трудовые затраты на создание сложных фигурных композиций из керамогранита и камня. Если раньше на них могли уходить недели ручного труда, то теперь водоструйный аппарат в считанные дни создаст настоящее произведение искусства.

Гидроабразивная резка позволяет получить такие сложные изделия, как гербы из мрамора и керамогранита, фрагментарное панно и художественную мозаику из разного вида камня. Причем, не зависимо от тиража изделий, все они будут выполнены с одинаковой точностью, которую гарантирует программное обеспечение водоструйного аппарата.

Список используемых источников:

1. Кравченко Д.В. О проблеме применения сверхзвуковой струи жидкости для получения отверстий в листовых материалах. – Известия ТулГУ. Серия «Машиностроение». - 2000.

2. Шумилин Б.А. Резание водой: от искусства к технологии. - Изобретатель и рационализатор. - 1996.

3. Тихомиров Р.А. Гидрорезание неметаллических материалов. - Технпса. – 1989.

4.Салахов А.М., Салахова Р. А. Керамика вокруг нас. – М.: «Стройматериалы». – 2008.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВАКУУМНО-ДУГОВЫХ УСТАНОВОК НА СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК

Мухина Т.С., Петрова С.Г.
Научный руководитель: Петрова С.Г., к.т.н., доцент
Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,
190008,Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, 3
E-mail: muhodaw@mail.ru

Для улучшения характеристик какого-либо материала используют покрытия с заранее заданными свойствами. Эти свойства у покрытий могут быть получены при помощи специального оборудования – вакуумно-дуговых установок.

На сегодня известны такие широко используемые установки как: Булат-3Т, Булат-9, ННВ 6.6-И1, ЮНИОН, УРМЗ 279-048, Пуск 83, ВУ-2Б, ННИ 39-5-И1, Булат-6К, ВМС-600/4 и другие.

Эти установки были предназначены, главным образом, для вакуумно-дугового осаждения износостойких и защитно-декоративных покрытий нитридов и карбидов на основе тугоплавких металлов IV – VI групп периодической таблицы химических элементов Менделеева.

Блок-схемы всех этих установок аналогичны. Любые дальнейшие модификации не изменили качественные характеристики процесса вакуумно-дугового осаждения покрытий.

К недостаткам существующего отечественного серийного оборудования можно отнести:

- наличие в плазменном потоке микрокапельной фазы;
- возникновение микродуговых привязок на обрабатываемом изделии;
- недостаточная степень ионизации плазменного потока и большая дисперсия распределения ионов по энергиям;
- недостаточно высокая производительность процесса напыления;
- недостаточная скорость и глубина откачки вакуума;
- трудности в получении равномерного по толщине покрытия на деталях сложной формы;
- сложность получения многокомпонентных покрытий, так как при напылении из различных катодов возникает микрополосчатость покрытия;
- недостаточная степень автоматизации и диагностики процесса.

Разновидностью вакуумно-дуговых установок является вакуумная установка ионно-плазменного напыления «МИКРА», основное использование которой - нанесение упрочняющих, защитных, декоративных ионно-плазменных (металлических, оксидных, нитридных) покрытий на малогабаритные изделия. Например, возможность нанесения декоративных пленок на малогабаритные модули для мозаики.

Технология ионно-плазменного нанесения покрытий относится к вакуумным и осуществляется дуговым испарением металлов с одновременной обработкой покрытий пучком газовых ионов, модифицирующим состав и структуру напыляемого слоя непосредственно в процессе нанесения покрытия. В случае необходимости нанесения покрытия на детали, не допускающие нагрев выше 100 С, предварительная обработка поверхности изделия низкоэнергетичным пучком газовых ионов обеспечивает высокую прочность сцепления покрытия с защищаемой поверхностью, увеличение износостойкости и коррозионной стойкости, что значительно расширяет область ее применения по сравнению с общепринятым методом вакуумно-плазменного напыления Киб.

Все эти установки отличаются количеством и расположением катодных узлов, объемом вакуумных камер, силовыми энергетическими характеристиками и способами нагрева подложек, а также методами осаждения (вакуумно-дуговое, ионно-плазменное, конденсация с ионной бомбардировкой, магнетронное распыление, ВЧ-разряд). Необходимо изучение структуры и функциональных свойств покрытий, сформированных не только на различных установках, но и при различных режимах.

Процесс нанесения покрытия на поверхность определяется свойствами материала покрытия и подложки, а также спецификой протекания процессов формирования покрытия. Существует две группы методов нанесения покрытий: химического осаждения из паровой фазы и физические. Наиболее эффективным методом получения покрытия или тонких пленок, как их называют за необыкновенно малые толщины в несколько микрометров (мкм), является метод физического осаждения.

Большой интерес проявляется по отношению к тонким пленкам из титана и на основе титана. Нитриды титана, например, широко используется в качестве твердых износостойких покрытий на стальных деталях машин, в том числе компрессорных, для режущего инструмента, диффузных барьеров в электронике, декоративных и коррозионных покрытий. Обусловлено это тем, что нитрид титана обладает высокими твердостью, износостойкостью и модулем упругости, химически стабилен.

Используя ионную бомбардировку и эффект перемешивания, можно контролировать текстуру, размер зерен, шероховатость, цвет и

другие свойства пленок. Меняя параметры установок возможно изменять свойства покрытий. Это важно, поскольку их применение в различных областях промышленности преследуют разные цели.

Одним из наиболее важных свойств является их микротвердость, способная оказать сопротивление окислению покрытия даже при температурах превышающих 1000°С. В работах разных авторов были рассмотрены твердые и сверхтвердые наноструктурированные пленки. В настоящее время принято, что твердыми и сверхтвердыми называют пленки с микротвердостью порядка нескольких десятков ГПа, но менее 40 ГПа и с твердостью $H \geq 0$ ГПа, соответственно.

Величина твердости зависит от процессов, действующих в диапазоне размеров зерен. Критическая величина, с которой может быть достигнута максимальной твердости ≈10 нм.

Микротвердость пленок окиси титана достигает 19 ГПа.

Микротвердость конденсированного слоя титанового сплава Ti—3Al—6Si составляет 4,10 ГПа. Полученное значение микротвердости свидетельствует о том, что введение в титан алюминия и кремния эффективно измельчает его структуру и упрочняет получаемый сплав.

У многослойных покрытий с соотношением толщины слоев нитрида титана и хрома 1:5 микротвердость достигает 27…29 ГПа, когда величина периода композиции приближается к 150 нм.

Микротвердость образцов Me-Cr-Al-Y-покрытий 8,9…10,7 ГПа и слабо зависит от температуры, имеется тенденция к понижению твердости с ростом температуры подложки, а также после отжига

Использование разных по структуре слоев позволяет не только увеличить твердость покрытий, но и обеспечить их более высокую вязкость, т.е. способность материалов поглощать энергию в процессе деформации без разрушения.

Величина тока дугового разряда влияет на шероховатость осаждаемых покрытий. Повышение тока ведёт к увеличению скорости перемещения катодных пятен на поверхности катода, к росту их размера, числа и повышению температуры катода, что приводит к возрастанию количества микрокапельной фазы в плазменном потоке катодного материала и, как следствие, к увеличению шероховатости наносимых слоёв. Так, например, повышение тока дуги от 90 до 140 А приводит к увеличению шероховатости покрытия в 1,5—1,7 раза. С уменьшением расстояния от катода до подложки от 250 до 125 мм шероховатость конденсированного слоя также возрастает.

Довольно низкую толщину слоя имеют пленки диоксида титана менее 200нм, получаемые ионной имплантацией при токе дуги 100 А. При изменении тока дуги на 120 А толщина изменяется до 500 нм.

Исследование износостойкости и фрикционных свойств трущихся поверхностей при трении наиболее распространенного покрытия TiN и некоторых других, полученных методом вакуумно-дугового напыления показали их высокую износостойкость и возможность получения относительно низких значений коэффициентов трения покрытий. Сравнение результатов испытаний нитридов Ti, Al, Mo показывает, что наиболее износостойким является покрытие AlN. Покрытия Mo_2N и TiN показали примерно одинаковые результаты на износостойкость. Износостойкость нанокомпозитного покрытия (TiN-AlN) такая же, как покрытия AlN. Меньше изнашивающая способность и у нанокомпозитного покрытия (AlN-Ti). Наиболее высокую износостойкость показало покрытие (TiN-AlN).

Одной из важнейших характеристик покрытий является прочность их сцепления с подложкой или адгезия. Характеристика адгезии покрытий TiN и CrN слабо зависит от твердости материала подложки. В пленках Ag, Au, Sn, Cu, Zr, Al толщиной до 0,3 мкм на силы адгезии изменялись в зависимости от материала подложки и покрытия. Так, например, для пленок Ag на подложках из кремния, стекла и NaCl она составила 430, 320 и 8,5 МПа. Исследование адгезии нитридов и окислов – TiN, TiO2, SiO2 и др. толщиной до 800 нм установило, что прочность сцепления на подложках из стекла изменяется от ~2,7 ГПа для Al до ~2 ГПа для SiO2 и до 1 ГПа для Au. При исследовании образцов из стали Р6М5 с покрытиями из нитрида титана было установлено, что при низких давлениях азота коэффициент адгезии максимален и приравнивается к единице $\rho = 2 \cdot 10^{-1}$Па, а с увеличением давления азота, когда состав TiN близок к стехиметрическому, коэффициент адгезии уменьшается до 0,25 – 0,35. Изменение адгезионных свойств с давлением азота находится в обратной зависимости от изменения стойкости инструмента с покрытием TiN при резании. Таким образом, оценка адгезионных характеристик покрытий позволяет оптимизировать технологические параметры получения пленок.

Фазовый состав и структура слоев сильно зависят от состава газовой смеси. Структуру и состав пленок TiO_2 можно регулировать за счет изменения давления кислорода и энергии ионов, получая плотные пленки.

Фазовый состав Co-Cr-Al-Y- и Ni-Co-Cr-Al-Y- покрытий завист от температуры осаждения. Понижение температуры приводит к «замораживанию» в покрытиях Co-Cr-Al-Y-модификации Co. Количественное соотношение

фаз зависит от условий осаждения, а также от температуры и времени отжига.

Давление рабочего газа оказывает огромное влияние на фазовый состав. Так покрытия Ti – Cr – N группы при давлении < 0,002 Па состоят в основном из TiCr2 Ti и Cr, с увеличением давления ≥0,4 Па возрастает относительное содержание TiNx с текстурой и в меньшей степени – нитридов хрома. Перераспределение соотношения содержания фаз в покрытиях с повышением давления является результатом преимущественного синтеза нитридов титана по сравнению с нитридами хрома вследствие более высокого сродства титана с азотом, чем Cr.

Существенную роль в изменении структурно-фазовых характеристик играют также сочетания значений параметров осаждения ускоряющего потенциала и напряженности фокусирующего магнитного поля.

В зависимости от химического состава покрытия будет меняться и цвет. Так например Ti-Si-N имеет золотистую окраску, TiCN-бронзово-фиолетовый цвет, Ti_2N-золотисто-соломенный, TiZn-золотисто-серебряный, TiMo-светло-серый, TiAl-золотисто-фиолетовый

Все покрытия нитрида титана имеют золотисто-желтые оттенки.

TiO_2 покрытия обычно имеют синий оттенок, но с разным подслоем будут иметь разные цвета. При первой толщине на подслой из Zr-пурпурный, из ZrN-розовый, из Cu-светло-розовый. При второй толщине на подслой из Zr-ярко синий, из ZrN-голубой, из Cu-сине-розовый. При третьей толщине из Zr-желтый с зеленым оттенком, из ZrN-желтый, из Cu-желтый с розовым оттенком. При четвертой толщине из Zr-ярко салатный, из ZrN-зеленый, из Cu-салатный.

Существует также практика использования многослойных покрытий с барьерными и прозрачными слоями. Например,меняя толщины слоев покрытия TiO_2/ZnO:Ga/Ag/ZnO:Ga/TiO_2 можно изменять оттенки цветов от бледно-зеленого до темно-желтого. Изменением толщины просветляющих слоев TiO2 в покрытии со структурой TiO_2(20 нм)/Cu(11 нм)/TiO_2(60 нм) возможно получение покрытий с различными оттенками красного цвета вплоть до нейтрального серого цвета.

В покрытии Ti-Al-Zr- существуют участки TiN-темные; $TiAlN_2$-светлые; AlN; Zr и Mo-больше чем в темных.

Выводы

Даже небольшое количество примеров позволяет сделать выводы о свойствах покрытий получаемых на вакуумных установках.

Это не все свойства, но основные, которые позволят нам использовать материалы с покрытиями в мозаике.

Исследования различных пленок, полученных ионно-плазменными методами, показывают, что, они имеют мелкодисперсную структуру, увеличение энергии осаждаемых частиц способствует формированию плотных слоев с гладкой поверхностью.

Резкой границы между покрытием и подложкой не наблюдается. Выявляется переходная зона, обусловленная перемешиванием осаждаемых частиц и материала подложки под действием бомбардировки подложки ускоренными частицами, которая обеспечивает хорошую адгезию.

При магнетронном распылении энергия осаждаемых частиц регулируется давлением рабочего газа в вакуумной камере и расстоянием мишень-подложка. При ионном и вакуумно-дуговом осаждении изменять условия конденсации в процессе напыления удается за счет изменения величины ускоряющего потенциала, подаваемого на подложку, и позволяющего в широких пределах регулировать энергию осаждающихся ионов.

Серьезным недостатком дуговых источников является наличие в плазменном потоке капельной составляющей, приводящей к снижению качества формируемого покрытия. Эта проблема решается путем использования разнообразных устройств для сепарации плазмы. Увеличение толщины наносимого покрытия зачастую изменяет его свойства из-за значительных внутренних напряжений. Так, с одной стороны, высокие сжимающие напряжения обеспечивают увеличение твердости пленки, а с другой стороны, могут привести к ее разрушению и отслаиванию от подложки. В ряде случаев создание многослойных покрытий позволяет решить проблему остаточных напряжений. Это позволяет создавать композиции, выгодно сочетающие достоинства отдельных слоев.

Список литературы:

1. М.В. Лунёв, О.В. Немашкало. Адгезионные характеристики покрытий и методы их измерения / ФИП PSE, 2010, т. 8, № 1
2. В.М. Шулаев, А.А. Андреев и др. Вакуумно-дуговое осаждение наноструктурных Ti-Si-N покрытий из многокомпонентной плазмы
3. В.М. Хороших, А.В. Белоус. Пленки диоксида титана для фотокатализа и медицины / ФИП PSE, 2009, т. 7, № 3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЛЬЕФА В ХУДОЖЕСТВЕННОМ ОБРАЗЕ УКРАШЕНИЙ.

Нивзорова Д.В.
Научный руководитель: Арвентьева Н.А., ст. преподаватель.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30.
niwzorowa@mail.ru

В данной работе речь будет идти о применении рельефных изображений в украшениях. Для начала следует обратиться к определению рельефа.

Рельéф — вид изобразительного искусства, один из основных видов скульптуры, в котором всё изображаемое создаётся с помощью объёмов, выступающих над плоскостью фона. Выполняется с применением сокращений в перспективе, обыкновенно рассматривается фронтально. [1]

Фигурное или орнаментальное изображение выполняется на плоскости из камня, глины, металла, дерева с помощью лепки, резьбы и чеканки. [1] Большее распространение рельефные изображения имеют в керамических, фарфоровых, фаянсовых изделиях, созданных при помощи лепки. Реже можно встретить изделия из металла, созданные литьем.

Так же, как и другие виды изобразительного искусства, рельеф имеет свои выразительные средства, помогающие при создании художественного образа. Среди них можно выделить:

-развёртывание композиции на плоскости,

-возможность перспективного построения пространственных планов и создания иллюзии округлости объёмов,

-тонкая моделировка форм – позволяют воспроизводить в рельефе сложные многофигурные сцены, а также архитектурные и пейзажные мотивы. [1]

По отношению к плоскости фона различают углублённый, выпуклый рельеф и рельеф со сквозными отверстиями. Также можно выделить орнаментальный рельеф, имеющий широкое распространение в украшениях и рельеф, с фигурным изображением, отражающий сюжет, художественный образ.[2]

В ходе данной работы был создан комплект украшений с использованием нескольких видов рельефа: низкий и высокий. Обзор прототипов дал представление о том, что высокий рельеф в контексте украшений используется весьма редко, это обусловлено его сложностью и массивностью, что не приветствуется в изделиях мелких масштабов. Широкое использование получил низкий и сквозной рельефы. Сквозной рельеф позволяет сделать композицию более выразительной за счет контраста. Отверстие может само по себе являться декоративным элементом. На рис.1 представлены изделия из разных материалов с использованием низкого и сквозного рельефа.



Рис.1. Применение рельефа в авторских украшениях ручной работы.
а)Мастер: Ведерникова Оксана, материал изделия: металл;
б)Мастер: Кузнецова Юлия, материал: керамика;
в)Мастер: Кузнецов Алексей, материал: зуб кашалота

В качестве технологии для изготовления изделия была выбрана лепка, что накладывает ограничения по использованию материала: фарфор, фаянс, глина (керамика).Выбор материала был обусловлен также задачей: изготовление миниатюрного изображения. Учитывая все эти нюансы, была выбрана полимерная глина, являющаяся пластичным материалом современной модификацией, простая в эксплуатации и не требующая специальных высокотемпературных печей для обжига. Этот материал при обжиге очень легкий, что является без сомнения положительным качеством для бижутерии

В качестве художественного образа для создания украшения в технике рельефной лепки был выбран образ сказочного города. Представленные на рис.2 эскизы демонстрируют результат работы.



Рис 2.Эскиз украшения на шею «Сказочный город»

Эскиз был создан для украшения на шею, по форме напоминающий гривну. Композицию рельефного изображения замыкает плетеный жгут. Этот прием использовался для создания закрытой композиции. Изображение выполнено в декоративном стиле, что подчеркивает сказочность художественного образа. Следующий этап работы был посвящен непосредственному созданию рельефа.



Рис.3 Рельефное изображение (высокий рельеф)

Первый рельеф (Рис. 3) – высокий, отражает плановость композиции, самые близкие по отношению к «зрителю» фигуры выступают сильнее всего. Это дает ощущение глубины и пространства, плановость рельефа также подчеркнута тоном. Самые выпуклые части более светлые, самые дальние темнее. Для большей выразительности, фон этого рельефа был затонирован терракотовым цветом, что создало ощущение контраста между фоном и силуэтом города, выгодно подчеркнув его.



Рис.4 Рельефное изображение (низкий рельеф)

Второй рельеф – низкий (Рис. 4), рельефное изображение в нем создается примерно на одном уровне. Выделить элементы композиции помогает введении нескольких оттенков одного и того же цвета. Кроме того, изображению придается контраст при помощи тонирования углубленных частей рельефа коричневым цветом. Этот прием был использован и в первом рельефе. Второе рельефное изображение по сравнению с первым смотрится более декоративным. Композиция создается при помощи точек, штрихов, жгутов и т. п. Во втором рельефе четко прослеживается аналогия с графическим изображением. Графические линии на эскизе плавно перетекают в палочки, жгуты, полукруги, завитки в низком рельефе. Высокий рельеф построен помимо этого на использование плоскостей, «игре с силуэтом» контрасте плоскостей. Таким образом, из одного эскиза были созданы рельефные изображения, по-разному влияющие на эстетическое восприятие этих изделий. Использование различного по высоте объема открывает новые возможности посмотреть на то же изображение совершенно иначе. Помимо этого, в данной работе получилось развеять миф о том, что объемные, массивные рельефные изображения не имеют места в украшениях.

Подведя итоги вышесказанному, стоит сказать о том, что эта тема остается актуальной на сегодняшний день, несмотря на существование украшений из драгоценных металлов, так как бижутерия является отличным способом подчеркнуть свою индивидуальность и создать свой собственный стиль. Кроме того, создавая украшения ручной работы автор несет некоторый посыл, заставляя задуматься над заданным образом, провоцируя на создание своего собственного.

Список литературы.

1. Большая советская энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия.1969—1978

2. Лепка. / Левадный В.С. – ООО «Арфа СВ», 2000. – 192 с.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СТЕНОВОЙ КЕРАМИКИ

Новикова А.С.
Научный руководитель: Лапунова К.А. ассистент, Котляр В.Д., к.т.н., доц.
Ростовский государственный строительный университет
344022, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162
E-mail: anastasiya_novikova_1991@mail.ru

В современном строительстве используется огромное количество разнообразных материалов, в том числе один из самых древних - керамика. Область применения данного материала весьма обширна, так как свойства позволяют использовать его не только как конструктивный, но и как отделочный и декоративный материал. Один из самых универсальных строительных материалов всех времен и народов – кирпич, прошел испытание временем и изменчивой модой. Обладая прекрасными эксплуатационными качествами (долговечностью, морозостойкостью, прочностью, невысокой теплопроводностью и пр.), он так же экологичен, декоративен и мобилен.

Кирпич – это маленькая деталь единого целого, это модуль, комбинаторный элемент, способный при различных видах кладки создавать индивидуальный облик здания. Для архитектуры и строительства кирпич является так называемой первоформой, появление которой надо искать в далеком прошлом.

На Руси производство кирпича началось в X в., что связано с влиянием византийской культуры. Наиболее массово строительный кирпич – плинфу (400 х 400 х 25 – 40 мм) стали применять с конца столетия. Десятинная церковь в Киеве (991 – 996 гг.), Киевский собор св. Софии (конец 30-х – начало 50-х гг. XI в.) были построены чередованием плинфы и цемяночного раствора.

Древнейшими образцами русской облицовочной керамики являются майоликовые плитки киевских мастеров X – XI вв., используемые для покрытия полов и для облицовки нижней части наружной и внутренней поверхностей стен. В кирпичную кладку вставлялись квадратные поливные плиты зеленого, желтого и коричневого цветов в сочетании с цветными камнями [1].

С XII в. плинфа все чаще использовалась в храмовом строительстве Северо-Западных и Новгородских земель. Создавали плинфу разных форм и размеров для удобства кладки архитектурных деталей: колонок, окон, порталов, арок, декоративных вставок, поясков и т.д. (Церковь Параскевы Пятницы в Чернигове. Рубеж XII – XIII вв.) (рис.1).

В XV в. плинфу сменил кирпич, более близкий по размерам к современному – 300 х 200 х 60 мм или 260-280 х 155-170 х 55 мм [2]. С ним упрощалась перевязка кладки на известковом растворе. Для восстановления обветшалых стен и соборов Московского Кремля Иван Калита в 1475 г. пригласил мастера «камнесечца» Альберти Фиораванти из Болоньи. Он наладил производство кирпича в заводских условиях. Кладка осуществлялась с «верстовой» перевязкой («старорусской», «готической», «польской»).



Рисунок 1 - Плинфа в стенах храма Святого Иоанна Предтечи. Керчь. VIII век

Стремление русской архитектуры к декоративности послужило появлению разнообразных фигурных керамических деталей. Зодчие умело пользуются немногим числом типовых элементов, по-разному варьируя и сочетая их, достигая красоты, уникальности и неповторимости архитектурных произведений. По данным исследования архитектора В.И. Гридина, знаменитый храм Василия Блаженного (рис.2) построен из 18 типоразмеров фигурных кирпичей храм Вознесения в Коломенском (1532 г.) – из 12 типов профильного кирпича. Для декоративной отделки Дьяковской церкви (1547 г.) понадобилось всего 2 основных типа профильного кирпича для главного массива и 3 – для портика и цоколя.

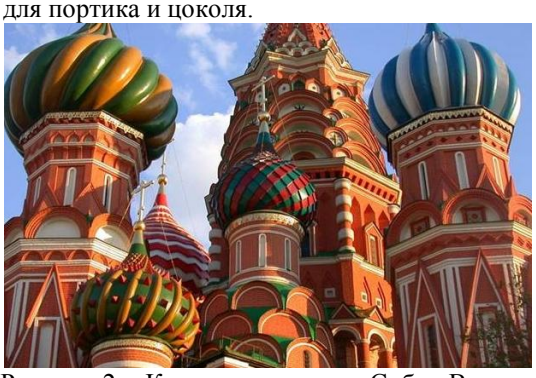


Рисунок 2 – Кирпичная кладка. Собор Василия Блаженного. XVI в

Масштабные преобразования, связанные с деятельностью Петра I, предопределили огромный размах строительства и дальнейшего развития производства: строятся новые кирпичные заводы, вводится единый для всей страны размер кирпича

– 280 х 140 х 70 мм, замененный в 1811 г. размером 267 х 133 х 66 мм. Внедряется новая эффективная пустотелая керамика[3].

Многоцветный наружный декор зданий XVII в. сменяется строгим петровским барокко, на смену которого приходит пышное барокко екатерининских времен (середина XVIII в.), затем опять строгость стиля - классицизм (вторая половина XVIII в. – первая треть XIX в.), с его масштабным архитектурным языком и монументальностью. Строительная керамика широко использовалась в эти периоды при возведении великолепных дворцовых и культовых комплексов.

В 1847 г. появился первый стандарт - «Правила для единообразной прочной выделки кирпича, долженствующего употребляться как в Санкт-Петербурге, так и в других местах России, на казенных и частных заводах». В документе было указано, как требуется сушить, обжигать, сортировать, клеймить кирпичи. В середине XIX в. усовершенствовалась техника производства кирпича. Введены в эксплуатацию кольцевая обжиговая печь и ленточный пресс, обусловившие переворот в технике производства кирпича. Появились глиномялки, бегуны, вальцы.

В начале XX в. в русской архитектуре воцарился стиль модерн, потребовавший новых форм профильного и цветного глазурованного кирпича. Результатом этого синтеза явились, например, такие здания в Москве, как гостиница «Метрополь» (1898-1903 гг., архитектор В.Ф. Валькотт, керамическа облицовка-М. Врубель, Головин) (рис. 3), особняк С.П. Рябушинского (рис.4) и Ярославский вокзал (1904 г.) архитектора Ф.О. Шехтеля [3].



Рисунок 3 – Здание гостиницы «Метрополь». 1898-1903 г.

Кирпич приобрел свои современные размеры - 250 х 120 х 65 мм в 1927 г. В 30-х гг. XX века керамический кирпич, как правило, использовали как ненесущий теплоизоляционный и огнестойкий материал.

Советская архитектура времен «сталинского ампира» с ее стремлением к монументальной помпезности, потребовала огромного количества строительной керамической продукции. Для изготовления этих изделий требовались новые формующие приспособления для прессов, установление специальных режимов сушки и обжига и т.д.

В начале 50-х годов XX в. Всесоюзный Научно-Исследо-вательский институт строительной керамики начал занимался исследованием и производством архитектурно-отделочных фасадных керамических деталей и отделкой лицевых поверхностей керамических изделий, используемых для облицовки фасадов.



Рисунок 4 - Особняк С.П. Рябушинского. 1900 г.

Это был серьезный научный и практический подход в развитии архитектурно-строительной керамики. Были определены типы изделий и научно обоснован и опробован технико-технологический процесс их производства. Но данные начинания были прерваны на пике разработок. В 1954 – 1955 годах ЦК КПСС и Советом Министров СССР были приняты постановления, направленные на дальнейшую индустриализацию и снижение стоимости строительства. Особую роль сыграло постановление партии и правительства от 4 ноября 1955 года «Об устранении излишеств в проектировании и строительстве». В нем говорилось, что «советской архитектуре должна быть свойственна простота форм и экономичность решений. Привлекательный вид зданий должен создаваться не путем применений декоративных дорогостоящих украшений, а за счет органической связи архитектурных форм с назначением…» С этого момента архитектура обратилась к типовому проектированию [4].

Кирпич как лицевой облицовочный материал стал применяться очень редко. Архитекторы видели в кирпиче лишь удобный конструктивный материал. Несмотря на то, что в обозримом прошлом, а именно 20 - 30 лет назад, керамика была вытеснена из архитектуры, сейчас она снова переживает свое возрождение, доказывая свои превосходные качества.

Список использованной литературы:

1. История русского искусства, I том. ИскусствоX – первой половины XIX века. Под ред. Раковой М.М., Рязанцева И.В. М.: Изобразительное искусство, 1991. – 503 с.

2. Лысенко Е.И. Строительные материалы в реставрации памятников архитектуры. - Ростов-на-Дону.: РГСУ, 2007. – 136 с.

3. Гинзбург В.П. Керамика в архитектуре. – М.: Стройиздат, 1983.- 200 с.

4. Салахов А.М., Салахова Р. А. Керамика вокруг нас. – М.: РИФ «Стройматериалы», 2008. – 160 с.

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АМУЛЕТА ПО МОТИВАМ КУЛАЙСКОЙ КУЛЬТУРЫ

Оболенская Т.Н.
Научный руководитель: Утьев О.М., ст. преподаватель.
Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: taneshka-19@rambler.ru

В таёжной зоне Томской области сложилась Кулайская культура. Она просуществовала тысячу лет. Кулайцы освоили производство железных изделий. В 3 в. до н. э. кулайцы начали переселяться на юг и дошли до Алтая. Это переселение было вызвано увлажнением климата и увеличением болот. В то же время, благодаря железу, кулайцы получали прибавочный продукт, что приводило к росту населения и его переселению в более благоприятные районы.

Отличительным признаком Кулайской культуры являются культовые предметы из бронзы, это ажурные предметы изображавшие зверей, рыб и человека. Кулайцы были хорошими воинами, они были вооружены луками, чеканами и копьями.

Кулайцы в Томском Приобье занимались скотоводством, охотой, рыболовством, а в Нарымском Приобье рыболовством и охотой. Они ловили осетров, нельм, стерлядь. Рыбу заготавливали впрок, ее сушили и вялили. Ловили рыбу сетями, строили ловушки, перегораживая мелкие речки. Охотились кулайцы на лося, медведя, оленя. Самым культовым животным был лось, его чаще всего изображали на бронзовых предметах. Люди надеялись, что создавая бронзовые фигурки животных они возрождают их, увеличивают их численность.

Несмотря на то, что кулайцы открыли железо, бронзу они продолжали выплавлять. При этом бронзу они получали в готовом виде, в виде поломанных вещей, которые затем расплавляли и заливали в готовые формы.

В данной статье рассматривается четыре способа литья: по газифицированным моделям, в песчано-глинистые формы, в кокиль, по выплавляемым моделям. После практического анализа всех способов, будет выбран один, наиболее лучший для изготовления амулета по мотивам кулайской культуры.

Первым этапом работы был выбор эскиза модели.

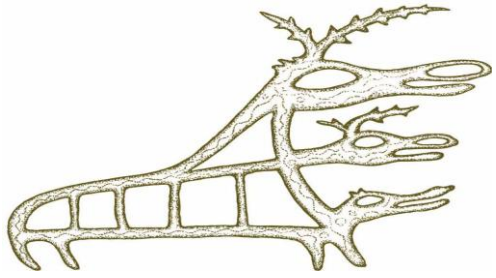


Рис 1 Образец кулайского животного

Следующим этапом стало изотовление модели методом литья по газифицированным моделям:

1. Создали модель отливки и элементы литниковой системы из пенополистирола.
2. Дефекты поверхности заделываем парафин - стеариновым составом методом обмазки (при t = 90-130°).
3. Отполировали нанесенный слой наждачной бумагой или струей горячего воздуха.
4. Приклеили к модельному блоку художественной отливки модели сифонную литниковую систему.
5. Произвели окрашивание собранного тонкого ажурного блока модельной кистью антипригарным покрытием.
6. Полученный слой высушили в течение 1-2 ч. при t = 20-40 °С.
7. Провели формовку модели в сухом песке, постукивая опоку.
8. Произвели заливку металла.
9. После кристаллизации металла извлекли отливку из огнеупорной смеси.
10. Произвели осмотр поверхности отливок.
11. Произвели механическую обработку отливки и отделку.



Рис.2 Готовая отливка

Третий этап. Литье в песчано-глинистые формы.

Почвенная формовка по–сырому осуществляется непосредственно в яме литейного цеха или мастерской. Несмотря на простоту и экономичность, этот способ художественного литья применяется сравнительно мало из-за низкого качества литой поверхности. По нему изготавливают чугунные решетки, плиты для пола, архитектурные украшения и т. п., имеющие сравнительно простую конфигурацию.

В производстве художественного литья формовку по-сырому применяют для тонкостенных архитектурных отливок. Литейные формы таких отливок с малым объемом и большой поверхностью не испытывают большого давления заливаемого в них расплава. Поэтому такие литейные формы не

требуют высокой прочности, а формовочные смеси – большого количества глины.

Поэтому можно сделать вывод, что этот метод не подходит для отливки нашей модели.

Далее рассмотрели литье в кокиль:

1. Очистили кокиль от старой облицовки, прогрев его до 200—300°С.
2. Покрыли рабочую полость новым слоем облицовки.
3. Проставили стержни.
4. Закрыли части кокиля и залили металл.
5. Последний этап - охлаждение и удаление полученной отливки.



Рис.3. Готовая отливка.

Последним этапом работы был анализ метода по выплавляемым моделям:

1. Заформовывали модель с помощью сырой резины в металлическую форму для вулканизации резины.
2. Вулканизация. Форму для вулканизации резины закрыли с обеих сторон, зажали струбциной и постилии в печь, где резина вулканизируется.
3. Вынимание формы для вулканизации резины – из печи, пресс-формы – из рамки.
4. Разрезали пресс-форму напополам сбоку по кривой траектории и вынимаем модель.
5. Отливка восковой модели с помощью инжектора.

Техпроцесс ЛВМ:

1. Восковые модели изготовили в многоместной пресс-форме, затем собрали припаиванием в модельный блок с общей литниковой системой.
2. На модельный блок нанесли огнеупорную суспензию, состоящую из связующего раствора (как правило, на основе этилсиликата) и огнеупорного порошка. Для укрепления суспензионного слоя обсыпали его кварцевым песком или крошкой другого огнеупорного материала, после чего просушили. На блок нанесли несколько слоев этого материала, таким образом, создали упорную неразъемную форму в виде керамической оболочки.

3. Формовка. В резиновую чашку налили нужное количество воды. Взвесили гипс его в воду. Размешали полученную смесь до однородного состояния без комков. Установили резиновую чашку на вибро – вакуумном столе и накрыли вакуумным колпаком. Перевели выключатель питания в положение «ON», а ручку вакуумного контроля в положение «INVESTEMENT TABLE». Благодаря вакууму пузырьки воздуха будут удалены из смеси. Примерно через 2 минуты выпустили вакуум, переведя ручку вакуумного контроля в положение «VACUUM RELEASE», затем выключили насос. Процесс вторичного вакуумирования занимает приблизительно 2 минуты. Перед вытопкой воска дали опоке постоять 2 часа.

4. Литьевой процесс. Установили силиконовую прокладку на верхней стороне вакуумной камеры. Установили переходное кольцо соответствующего диаметра. Поместили на переходник силиконовую прокладку диаметром, соответствующим диаметру опоки.

5. Установили прокаленную опоку в переходное кольцо. Рекомендованная температура прокалки опоки – 600 – 620^{o}С.

6. Включили вакуумный насос, перевели ручку вакуумного контроля в положение «CASTING TABLE». Стрелка манометра должна достигнуть значения «-100 кПа», это указывает на достаточную герметичность.

7. Предварительно расплавленный металл залили в опоку.

8. После того, как металл залит в опоку, выдержали его под вакуумом 1,5 минуты, затем перевели ручку вакуумного контроля в положение «VACUUM RELEASE», затем выключили насос. Извлекли опоку.

Рис.4. Готовая отливка



Таким образом, проведя практический анализ четырех методов литья, можно сделать вывод, что при литье по выплавляемым моделям отливка получается более качественная, аккуратная. Плюс данного метода еще в том, что за один раз можно получить сразу несколько отливок. Также на механическую обработку потребуется меньше времени.

Список литературы:

1. http://ru.wikipedia.org/wiki/%CB%E8%F2%FC%B8
2. http://www.towiki.ru/view/Эпоха_раннего_железа
3. Технология художественного литья. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Технология художественного литья» для студентов IV курса, обучающихся по специальности 261400 Технология художественной обработки материалов / Утьев О.М. – Томск: Издательство ТПУ, 2012.

РЕСТАВРАЦИЯ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗА

Петрова В.А.,Наумова О.Д.
Научный руководитель: Гордин Ю.А.,к.т.н., доцент
Донской государственный технический университет, 344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл.Гагарина, 1
E-mail: glafira2704@yandex.ru

По результатам археологического сезона 2012 года в музее-заповеднике «Танаис» был обнаружен «странный клад » в котором находились железные предметы, а именно псалии и удила (рисунок 1).

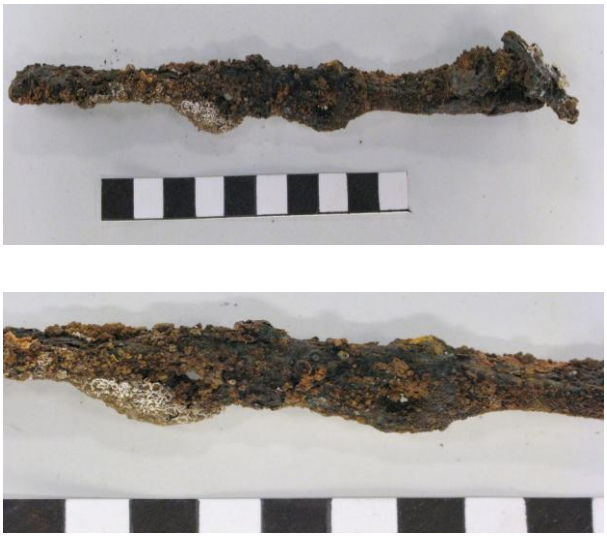


Рисунок 1. Псалии, извлеченные из грунта.

Железные предметы после извлечения из почвы при хранении быстро разрушаются. В почве с металлом произошли практически все изменения, которые могли произойти в данных условиях, и установилось некоторое термодинамическое равновесие между металлом и внешней средой. После извлечения из почвы на предмет начинают воздействовать более высокое содержание кислорода в воздухе, другая влажность, перепады температуры. Одной из главных причин нестабильного состояния: железных археологических предметов при хранения является присутствие в продуктах коррозии активных хлористых солей. Для выявления хлоридов в продуктах коррозии предмет помещают на 12 часов во влажную камеру. Если хлориды обнаружены, то металл необходимо стабилизировать. Без стабилизации предмет может фактически перестать существовать (рассыпаться на множество фрагментов) в течение определенного времени.

В некоторых случаях хрупкость окисленного железа настолько велика, что обработать его механически без предварительного укрепления невозможно.

Если в археологическом железном предмете сохранилось металлическое ядро, то продукты коррозии надо удалить полностью, даже если фактура поверхности окажется в последующем поврежденной коррозией. Очищать такой предмет можно после предварительного исследования любым химическим способом или восстановлением.

Было установлено, что коррозионные наслоения сформированы в виде отслоившихся пленок поверхностного окисления, плавно преходящего в минерализованное тело оригинального предмета.

Основной задачей при реставрации этих предметов являлось выявление первичных контуров предмета по границе раздела минерализованной металлической массы от окисленных корок различной природы. На данных предметах толщина корки составляет 0,5-3 мм.

Первоначально поверхность первичной корки представляла собой сочетание продуктов коррозии, перемешанной с частицами почвы с плотной комкообразной структурой. Эта корка имела характерный коричневый и светло-коричневый тон.

Поверх первичной корки формируется корка вторичных продуктов коррозии, перемешанных с частицами почвы и пропитанной железными окислами органики. Вторичная корка более пористая и хрупкая, ее цвет во многом зависит от того, в какой почве был найден предмет. Вторая стадия окисления является, по сути, продолжением. В этот период происходит утолщение обеих минеральных корок. Металлическое ядро по-прежнему присутствует, но уже не отражает оригинальную форму предмета.

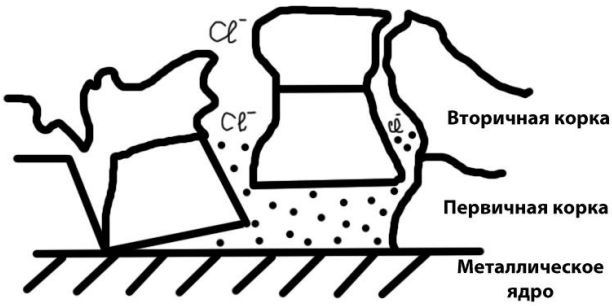


Рисунок 3. Условная схема разрушения железных предметов.

На фотографии псалии, извлеченные из грунта видно, что форма едва угадывается и искажена вторичными пленками железа (Fe), которые

представляют из себя оксиды и хлориды различной природы.

На кафедре «Литья и художественной обработки материалов» в Донском государственном техническом университете совместно с отделом археологии Ростовского областного музея краеведения отработана методика высокотемпературного восстановления солей металлов в среде водорода.

Эта методика применима для предметов, имеющих металлическое или плотное минерализованное ядро.

На первом этапе реставрации производилось удаление частиц грунта с рыхлыми слоями оксидов. Для этого использовался моющий щелочной раствор с поверхностно активными веществами, выдержка в растворе 1,5-2 часа с последующей чисткой мягкой неметаллической щеткой. После промывки в холодной водопроводной воде изделия подвергались сушке в сушильном шкафу в течении 1 часа при температуре 45-50 ºС.

Процесс восстановления состоит из следующих основных этапов. В герметичный металлический контейнер объемом V=10 дм^3, помещенный в муфель электрической печи, на пористую шамотную подложку укладываются предметы подвергаемые восстановлению. Далее контейнер герметизируется и нагревается до температуры 230-250 ºС в течении 1 часа. При этом в контейнер подаются осушенный азот. Выход газа из контейнера осуществляется через обратный клапан и водяной затвор. Давление газа 0,005 МПа. При этом из контейнера удаляется кислород воздуха и кристаллизованная влага. Далее в контейнер при этом же давлении подается осушенный водород, подача азота прекращается.

На следующем этапе процесса восстановления температура возрастает до 600-650ºС и выдерживается 1 час, после чего печь выключается. Охлаждение контейнера производится под давлением водорода. При этом, вероятнее всего, происходят следующие процессы: переход оксида железа, именуемого как гематит, в магнетит(1). Затем под воздействием водорода магнетит переходит в оксид железа FeO (2). Завершающей стадией восстановления водородом, возможно является восстановление оксида железа FeO до металлического состояния Fe (3).

$3Fe_2O_3+H_2=2Fe_3O_4+H_2O$, (1)

$Fe_3O_4+H_2=3FeO+H_2O$, (2)

$FeO+H_2=Fe+H_2O$. (3)

Из выше приведенных реакций восстановления видно, что продуктами процесса восстановления является смесь паров H_2O и HCl.

При отработке методики было установлено , что в течении 1 часа при 600 ºС в среде водорода происходит образование четких границ раздела между восстановленными продуктами коррозии и металлическим ядром.

После охлаждения и разгерметизации контейнера предметы извлекались и подвергались механической чистке и консервации.

Консервация предметов из железа Перед нанесением консервирующего покрытия или пропитки консервантом предмет необходимо тщательно просушить. Для предотвращения следов от подтеков воды музейные предметы после промывки вытирают хлопчатобумажной тканью, предварительно тщательно выстиранной. Затем металл сушат в сушильном шкафу при температуре 60-80°С . В качестве консерванта используют поливинилбутираль марке М в смеси бутилового и этилового спиртов или толуола и изопропилового в соотношении 1:1, полиэтиленовый воск марки ЛВ-200-в ксилоле, эпоксидный лак ЭП-298 и др. Мелкие археологические предметы пропитывают воском следующим образом: предмет, который прошел все стадии обработки, укладывают в сосуд, дно которого залито застывшим микрокристаллическим воском, и при комнатной температуре помещают в вакуумный термостат. После достижения необходимого вакуума (10^{-4} мм рт.ст.) температуру повышают до 100-110°С, при этом предмет погружается в расплавленный воск. Под вакуумом предмет должен находиться 24 часа. Затем предмет вынимают из горячего воска. Излишки воска снимают с поверхности.



Рисунок 3.Псалии после реставрации и консервации.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭСТЕТИЧЕСКИХ, КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМЫ ПОДВЕСА КОЛОКОЛА

Пономарев А.А., Попова А.А.
Научный руководитель: Ершов М.Ю., д.т.н., профессор
Университет машиностроения, 107023, Россия, г. Москва, ул. Б.Семёновская, д. 38
E-mail: ponchic123@mail.ru

Изменение формы подвеса колоколов, в значительной степени, происходило в результате накопления эмпирического опыта литья и эксплуатации, изменения условий закрепления колокола и трудностей, возникающих при подъёме и монтаже больших колоколов. Мастер отливал колокол опираясь на свой опыт, удачные решения проверялись временем и заимствовались другими мастерами. В результате постепенно совершенствовалась форма подвеса. Нами разработаны 3D модели подвесов старинных колоколов [1], которые использовались в расчёте процесса затвердевания колоколов, позволившем оценить поражение отливки усадочными дефектами. На рисунке 1 приведены качественные зависимости изменения влияния рассматриваемых факторов на форму подвеса от времени. Влияние факторов оценивалось экспертами на трёх уровнях: малое – М, среднее – С и большое – Б.

Дошедшие до нашего времени образцы древних колоколов, имеют небольшие размеры и массу, и предположительно использовались, в ошейниках домашних животных. Такое назначение колокола объясняет конструктивное выполнение подвеса в виде широкой петли, удобной для крепления на ошейнике. Следует полагать, что древние мастера, руководствовались соображениями практичности, связанными с технологией изготовления колоколов. К сожалению, нам не известны ни параметры технологии и особенности конструкции литейной формы, но бесспорным остаётся факт, что основу технологии составлял способ литья по выплавляемым моделям. В данном способе модель колокола изготавливали из воска или другого пластичного материала, вокруг модели изготавливали литейную форму, после чего модель выплавляли, а в форме оставалась полость для заливки металла. Практичным и технологически оправданным в этом случае было получение петлеобразного подвеса. Для этого литейщик раскатывал жгут, придавал ему форму части тора и прикреплял к модели колокола. Петлеобразный подвес обеспечивал надежное удержание древних колоколов, имевших небольшую массу (рис. 1) [1, 2]. Петлеобразный подвес сохранялся на колоколах без существенного изменения до начала второго тысячелетия нашей эры. Главной причиной этого были небольшая масса колоколов и технология литья по выплавляемым моделям.

С увеличением массы колокола до нескольких десятков кг, подвес приобретает форму кольцеобразной петли. Визуально соотношение размеров такого подвеса по сравнению с колоколом указывает на его достаточную прочность. Можно предположить, что интуитивная оценка формы подвеса, гармоничное соответствие его размеров в сравнении с колоколом, учитывались древними мастерами, а в некоторых случаях были определяющими (рис. 1) [1, 3].

Увеличение массы и размера колокола привело к изменению технологии и потребовало повышения прочности самого подвеса и его крепления к колоколу. Известны случаи падения колоколов вследствие отрыва подвеса, спровоцированного усадочными дефектами в подвесе. Естественным ответом мастеров было увеличение конструктивной прочности, за счёт увеличения количества петель (двойной петлеобразный подвес) (рис. 1) [4], или усиления подвеса за счёт присоединения к основному кольцу укрепляющих дуг (рис. 1) [4].

Таким образом, с возрастанием массы колоколов возрастала роль конструктивного фактора. Параллельно литейщики столкнулись с другой технической задачей – необходимостью устранения усадочных раковин, образующихся как в месте присоединения подвеса, так и в теле колокола. С ростом массы колоколов, возрастал и объём усадочной раковины, а соединённая с петлеобразными подвесами литниковая система не обеспечивала надёжного питания большого затвердевающего колокола.

Для устранения усадочных дефектов увеличивали сечение литников, но поскольку литниками были элементы подвеса, то внимание литейщиков останавливалось на центральном элементе, обеспечивающим надёжную доставку жидкой фазы от чаши к телу колокола. Таким образом, наряду с возрастанием роли эстетической и конструктивной функций подвеса возросла роль технологической.

Примерно с середины XVI в. н.э. форма центральной части подвеса претерпевала видоизменения и петля постепенно превращалась в подобие параллелепипеда. В процессе совершенствования технологии литья колоколов наблюдается апогей развития отрасли и к XVII в. н.э. можно определить общепринятую и устоявшуюся форму подвеса, которая

представляет собой центральную часть в виде усечённой пирамиды и примыкающих к ней парных дуг, число которых может достигать восьми (рис. 1). Центральную часть стали называть маточником, что указывает на важность этого элемента в конструкции подвеса.

Анализ подвесов старинных колоколов показывает, что сначала в маточнике имелось отверстие, которое сохранилась скорее в силу традиций, как дополнительное. Функцию удержания колокола при такой конструкции подвеса с успехом выполняли дуги. Вскоре отверстие в маточнике пропадает, что делает его работу в качестве прибыли более надежной.

Главной причиной сохранения сложившейся формы подвеса, которою используют производители колоколов до сих пор, является обеспечение надёжного питания колокола в процессе затвердевания и предотвращения в нем усадочных дефектов. Это достигается за счёт удачного расположения элементов литниково-питающей системы и их конфигурации. Маточник, расположенный между чашей и колоколом, в процессе заливки играет роль толстого питателя. Окружающая его часть литейной формы сильно прогреваются, что приводит к затвердеванию маточника в последнюю очередь.

Конфигурация дуг в процессе эволюции приобрела характерную форму с изгибом в верхней части и уплощенностью, что придаёт подвесу изысканную форму напоминающую корону, которая является логическим завершением общей композиции колокола. Конструкция подвеса допускает применение элементов отделки придающих законченность общей композиции колокола.

Эволюция подвеса колокола представляла собой сложный дизайнерский процесс, в ходе которого возрастала роль эстетического, конструкторского и технологического факторов. Результатом этого процесса является совершенная форма подвеса в виде «короны».

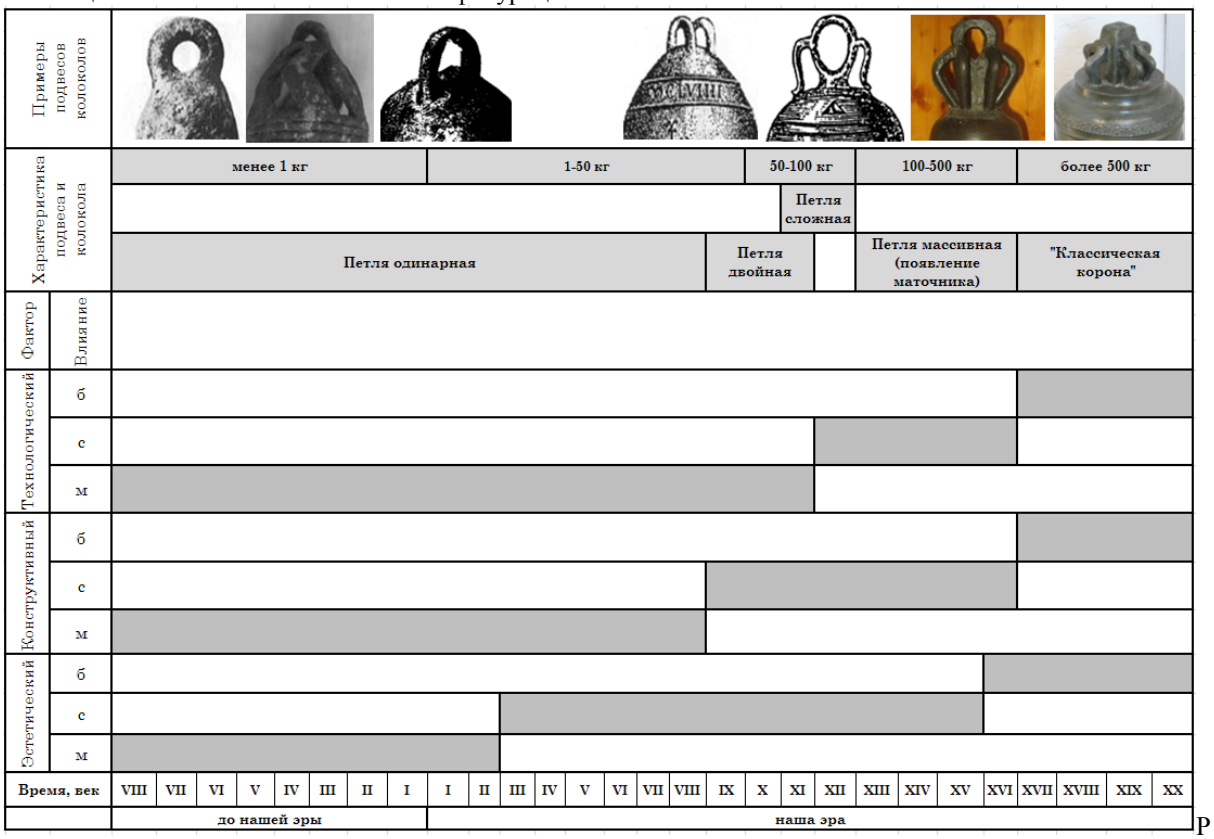


Рис. 1. Зависимости влияния факторов на форму подвеса колокола.

Список литературы

1.Ершов М.Ю., Пономарев А.А., Попова А.А. Ретроспективный анализ изменения формы подвеса колоколов. // Литейщик России. №1, 2013, С. 17 – 19.

2.Братилов Г.Н. Колокола народов мира: энциклопедический словарь: [2 томах]-М.: ПРОБЕЛ-2000, 2007 Колокола народов мира. Т. 1 А-Н 494 с.ил., к., ноты, факс..

3.Пухначев Ю.В. Колокол. // Наше наследие, №5. - М.: 1991, стр. 5-20

4.Оловянишников Н.И. История колоколов и колокололитейное искусство // 4. изд., испр. М.: Русская панорама, 2003 (Калуга: ГУП Облиздат - 514, с.ил., табл.; 22 см.. - (Возвращенное наследие: памятники исторической мысли / Рус. ист. о-во).

ЭРГОНОМИКА ПРОСТРАНСТВА ПОМЕЩЕНИЙ

Пугачёва А.Е., Старцев К.
Научный руководитель: Сотников Н.Н. ассистент
Томский политехнический университет,634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: pugacheva@sibmail.com

Под окружающей человека средой чаще всего подразумевается совокупность условий и влияний друг на друга человека и природы, живого и неживого пространства. Если окружающую среду охватить более распространённым понятием, то к ней можно отнести: и планету Земля, и атмосферу, и даже космическое пространство. Иными словами, жизненная среда охватывает совокупность физических, химических и биологических образований, а также социальных факторов, которые могут прямо или косвенно, мгновенно или долговременно влиять на все живые существа и деятельность людей [1]. Если говорить более точно: природная, социальная и созданная человеком – материальная части являются составляющими среды обитания современного человека. В данной статье пойдёт речь об антропогенной среде.

Люди, по определению, проводят большое количество времени в помещениях. По этой причине они нуждаются в удобных, эстетически привлекательных и современно оборудованных, и профессионально ориентированных сред.

Чтобы более точно рассмотреть данный вопрос следует определить сегмент исследования. Было решено исследовать учебные аудитории, потому что эта среда, в которой происходит процесс обучения является одной из самых значимых.

Началом работы является выяснение актуальности проблемы. Посредством социального опроса было выяснено, что большинство респондентов не удовлетворены условиями среды, в которой происходит обучение.

Многие помещения, в которых происходит процесс обучения, не соответствуют требованиям студентов. В связи с этим возрастает потребность в проектировании помещений, которое будет гармонично сочетать в себе

- **Антропометрию** - учёт размеров тела человека (антропометрии), возможности обзора внешнего пространства, положения оператора при работе.
- **Сенсомоторику** - учёт скорости моторных операций человека и его сенсорных реакции на различные виды раздражителей.
- **Энергетику** - учёт силовых возможностей человека при определении усилий, прилагаемых к органам управления.
- **Психофизиологию** - учёт реакции человека на цвет, цветовую гамму, частотный диапазон подаваемых сигналов, форму и другие эстетические параметры машины [2].

Целью данной работы является объединение в процессе проектирования эргономических, экологических, эстетических и экономичных технологий в общий метод, который позволяет наиболее удачным образом сочетать в себе всё перечисленное выше. Несмотря на накопленный опыт, некоторые методологические аспекты остаются не разграниченными. В ходе аналитического обзора было выяснено, что не существует необходимых программных обеспечений, которые бы помогали решать данные проблемы специалистам разного уровня профессиональной подготовки. В частности, обращает на себя внимание неоднозначность вопроса эргономики о проектировании учебных сред.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить среду, в которой происходит процесс обучения;
- изучить влияния эргономических факторов на восприятие контента обучающей среды;
- выявить перспективы направлений эргономического обеспечения проектирования среды обучения.

Но, несомненно, главной задачей является повышение степени комфортности в учебном помещении.

Стоит отметить, что эргономика — это наука о приспособлении должностных обязанностей, рабочих мест, предметов и объектов труда для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человеческого организма[3]. И, что важно, в данной работе рассматривается совместимость человека и учебной среды, что включает в себя не только организацию зоны деятельности человека, но и оптимизацию учебного пространства. Необходимо обеспечить соответствующее освещение, цветовую гамму, правильно рассредоточить места, а также учесть множество разнообразных параметров.

Ввиду этого, практическая часть работы будет посвящена определению методов создания благоприятной среды в учебных аудиториях.

В связи с этим, предлагается решение поставленной задачи. Ответом на многие вопросы может стать графический программный пакет Ergonomics для архитекторов, дизайнеров и специалистов смежных областей. Предназначенный для проектирования и расчёта основных параметров эргономики помещений.

Стоит отметить, что предлагаемое решение является концептом, который несёт созидательный смысл.



Рис.1 Концепция работы ПО Ergonomics

При работе в пакете используется концепция виртуального помещения. Проект представляет собой выполненный в натуральную величину план реального помещения, существующего в памяти компьютера. Для изготовления чертежа проектировщик на начальных этапах работы с проектом задаёт параметры помещения, используя при этом инструменты, имеющие свои аналоги в реальности: стены, перекрытия, окна и параметрические элементы общего назначения. Различные железобетонные и металлические изделия, мебель, элементы визуализации. Особняком стоят объекты, используемые в основном при оформлении чертежей — стандартные таблицы. После завершения работ проектировщик получает возможность извлекать разнообразную информацию о спроектированном объекте. Вместе с тем, в программе заложена база данных, которая включает в себя: эргономические, экологические, экономические и эстетические параметры, и законы. Опираясь на которые, программное обеспечение генерирует варианты, количество которых так же можно менять.

Другими словами, зная параметры помещения и его особенности, согласно определённым канонам, можно получить варианты планировок помещения, что предотвратит наличие ошибок, созданных человеком. И самое главное, это поможет сделать помещения максимально удобными и полезными для человека. Основные параметры, включённые в библиотеку параметров и библиотеку элементов можно наблюдать на рисунке 1, который вместе с тем является и концепцией работы программного обеспечения, которая впоследствии может быть дополнена большим количество параметров и библиотек.

На ряду с вышеперечисленным, стоит сказать, что в программе существует и обратная связь. Допустим, что существует аудитория, которая не устраивает ни обучающихся, ни преподавателей, но в целом она неплохо выглядит и выполняет свои первоначальные функции. Итак, внеся данные помещения в настройки программы, получаем полный анализ, основанный на сравнении исходных данных и параметров, ответственных за негативное воздействие на человека. Иными словами, программа выдаёт ошибку, которую можно исправить на практике. Несомненно, работа в помещениях, которые спроектированы не только с учётом количества минимальных затрат, но и с правильной оценкой всех требований эргономики, эстетики и экологии, оказывает только положительное воздействие на психическое и физическое здоровье, и что не мало важно – на производительность труда. Кроме того, нельзя не отметить некоторые очевидные плюсы:

- Снижение негативного влияния окружающей среды на здоровье человека.
- Уменьшение количества производственных травм и несчастных случаев.
- Общее психологическое благополучие.

Подводя итог проделанной работе, отметим, что человек, как цветок, который растёт и развивается только тогда, когда попадает в среду, удобную для себя и получает должный уход.

Список литературы:

1. .Сергеев С.Ф. Инженерная психология и эргономика. НИИ школьных технологии изд-во- 2008
2. Раздорожный А. А. Охрана труда и производственная безопасность: Учебно-методическое пособие — Москва: Изд-во «Экзамен», 2005
3. В. М. Мунипов, В. П. Зинченко Эргономика. — Логос, 2001

ЮВЕЛИРНАЯ БИЖУТЕРИЯ ИЗ ВОЙЛОКА И СЕРЕБРА В ЭТНОСТИЛЕ

Пустозерова О.Л., Кухта М.С.
Научный руководитель: Кухта М.С., д.ф.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Olga-pustozerova@mail.ru

Ювелирная бижутерия - это сочетание строгости ювелирных украшений, безупречного качества и эксклюзивного дизайна, что является актуальным в современном обществе. Ювелирная бижутерия в данной работе понимается как особый вид украшений. Особенность ювелирной бижутерии в том, что драгоценные материалы частично могут быть заменены на полудрагоценные камни и металлы, покрытые золотом или серебром.

Ювелирная бижутерия многогранна и не признает четких границ. Ей подвластны самые разные формы и краски, в ней используются самые разнообразные материалы в неожиданных сочетаниях (золото – дерево, войлок – серебро, стекло – пластмассы), она может быть подобрана к любой одежде и ситуации в отличие от классических украшений. Ювелирная бижутерия соответствовать стремительно меняющимся модным тенденциям современного мира.

Главная цель работы: создание ювелирной бижутерии, учитывающей прогноз динамики моды бижутерии 2013 г. в котором можно выделить следующие основные тренды[1]:
– крупные, массивные украшения;
– многослойность материалов;
– этностиль;
– смешение форм и фактур.

Учитывая это, в данной статье исследуется возможность создания эксклюзивной ювелирной бижутерии из войлока и серебра в этностиле с использованием сложных фактур.

Сочетание разных по структуре материалов актуальны в мире моды. Войлок и серебро и ранее использовались в украшениях, однако их композиция в дизайне явление скорее исключительное.

Войлоковаляние в наше время переживает «второе рождение», во многом превращаясь из жизненно необходимого ремесла в яркую форму художественного выражения. Сегодня художники по войлоку пользуются всеми известными приемами изготовления войлоков и изобретают новые. В моду входят войлочные аксессуары и украшения из войлока, которые хорошо сочетаются с вязаной и трикотажной одеждой в стиле casual. Настоящими находками становятся неожиданные сочетания войлока с керамикой, металлом, стеклом.

Серебро является универсальным материалом и прекрасно сочетается абсолютно со всеми цветами. Серебра никогда не бывает много и оно никогда не будет лишним, даже в больших количествах, чего не скажешь о золоте. Серебро считают одним из самых загадочных и даже мистических драгоценных металлов.

Рассмотрим зарубежные аналоги украшений из войлока и серебра на примерах работ Сары Фокс.



Рис.1 Браслет. Сара Фокс.

Сара Фокс преподносит свои украшения в стиле Лофт. Основой служит крупные пластины серебра и как акцент яркие цвета войлока. Работы дерзки и порой даже агресивны.[2]

В современной культуре возрождение этностилей актуально, поскольку образы прошлого черезвычайно привлекательны.

Стиль этно культуры Западной Сибири уникален (неповторим) и универсален – «земная» реальность легко узнаваема. Эти образы подобны существительным в нашем языке. Интерпретация образов – создание собственного мифа о мире наших предков. Воспринимая семантическую информацию через осмысление искажений-трансформаций, мы включаемся в Ритмы Мифа, в творческий процесс чтения символов. И тогда визуальный образ дерева (орнитоморфная композиция) становится символом Мирового Древа – символом возрождения и творческого аспекта Вселенной.



Рис.2.Древо Мира. Пустозерова Ольга

Дизайн подвески с символом Мирового Древа, по образцам этнокультур Западной Сибири представлен на рис. 2

Идея мирового древа связывает воедино мир земной с мирами подземным и небесным. Это корни, уходящие под землю и питающие ее соками все дерево, ствол, который силами земной (телесной) жизни устремляет подземные соки в крону, на небеса, для которых, собственно, и предназначены созревающие в ней плоды. Мировое дерево служит моделью не только для построения картины мира или человека, но и для построения картины всякого созидания и творчества.

Символ птицы является одним из центральных, поскольку, вся трехчленная Вселенная — небо Верхнего мира, земная твердь Среднего и водная глубь Нижнего — были доступны только пернатым, особенно водоплавающим. Именно птица достала из дна Праокеана (древний океан, когда еще не оформилась земная твердь) первую землю, которая, постепенно разрастаясь, стала основой жизни человека и окружающего его Среднего мира. В птицевидном облике представлялись человеческие души, солнце, некоторые духи и божества (наиболее почитаемый хантами и манси Мир-Сусне-Хум имел обличье гуся). [3] Дизайн подвески с символом птицы, по образцам этнокультур Западной Сибири представлен на рис. 2

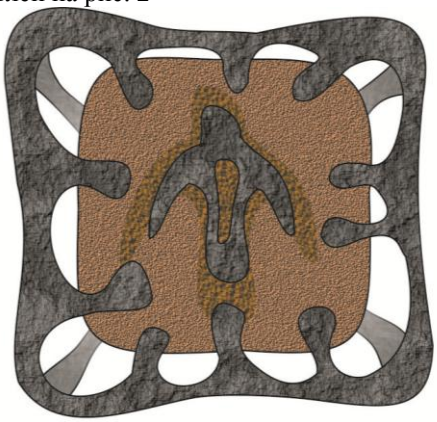


Рис.3 Птица возрождения. Пустозерова Ольга

В основе украшений предложеных в данной работе лежит также специфика рентгеновского стиля, который предполагает схематическое изображение внутренего строения животного и его скелетной основы: позвоночника, ребер и т.д. Ренгеновские стиль этнокультур Западной Сибири отличает графичность и ажурность композиций.

Образ этнических украшений в скелетном стиле является оригинальным за счет разработки технологии совмещения (соединения) редко сочетаемых материалов войлока и серебра, фактурированного с помощью ретикуляции серебра.[4]

Ретикуляция – процесс, направленный на создание эффекта складок или морщинок на листе металла. [5] Основываясь на разработках кафедры Технологии художественной обработки материалов, художественного проектирования, искусств и технического сервиса Костромского государственного технологического университета, был получен образец ретикуляции на серебре 820 пробы (рис 4.).



Рис.4 Образец ретикуляции. Серебро 820 проба.

На основании исследования этнографического материала Западной Сибири были созданы эскизы модулей (рис.2,3).

Модули изготовлены при помощи резки по профилю из проката с последующей ретикуляцией. Модуль состоит из следующих деталей (рис 2):
– войлочная подложка;
– символ – заклепка;
– основа.

Для создания войлочной подложки, методом сухого валяния по шаблону, используются два цвета (рис.3): основа и тень.

Конструкция модулей и технология изготовления позволяет:
– производить чистку изделия;
– заменять войлочную подложку на подложку другого цвета и с другим изображением символа (изменять украшение).

Модули могут служить основой для создания комплекта ювелирной бижутерии в этностиле.

Список литературы:

1. Модная бижутерия 2013. http://style.passion.ru
2. Сочетание серебра и войлока в украшениях Сары Фокс. http://feltedloft.blogspot.ru
3. Кухта М.С. Восприятие визуальной информации: философия процесса. Томск: Изд-во ТГПУ, 2004 – 202 с.
4. Кухта М.С. Пустозерова О.Л. Влияние дизайна ювелирного украшения в этно-стиле на выбор материалов и технологий. // Дизайн. Теория и практика. – 2013, Вып. 12 – С. 1 – 8
5. Лебедева Т.В., Закалина М.К.. Исследование способов фактурирования поверхности ювелирных изделий методом ретикуляции и станочной текстуры //. Дизайн. Теория и Практика. - 2011, Вып. 6 – С. 23 – 41

ИСТОРИЧЕСКАЯ ТИПОЛОГИЯ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ СХЕМ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Романов А.Р.
Научный руководитель: Ившин Константин Сергеевич, к.т.н., профессор
ФГБОУ ВПО «Удмуртский Государственный университет»
Эл. почта: azainer@yandex.ru

Эргономические качества автомобиля совершенствовались с момента его создания по следующим направлениям: антропометрическим, гигиеническим, физиологическим, психофизиологическим и психологическим. Антропометрические схемы автомобиля отражают представления о рациональном размещении человека в автомобиле в заданный период времени и определяются угловыми и линейными характеристиками салона. Антропометрические схемы изменяются в зависимости от факторов, имевших разное значение в разные периоды. В данном докладе рассмотрены этапы формирования эргономического пространства автомобиля и выявлены факторы, повлиявшие на антропометрические схемы.

Первый этап характеризуется заимствованием экипажной части гужевых повозок, предназначенных для низких скоростей. Основные проблемы, которые должны были решить конструкторы – сложность управления всеми системами автомобиля, а также психологический барьер. Решение – группировка органов управления вокруг водителя при помощи тяг, рукоятей, педалей, рычагов.

Второй этап обозначает переход к новому уровню компоновки. В это время были определены общепринятые схемы расположения силового агрегата и человека. Благодаря пневматическим шинам стало возможным уменьшить диаметр колёс и высоту, повысить устойчивость, а также применять колёса одного размера. Водитель получил защиту от дождя и пыли. Данные решения стали массовыми благодаря конвейерному производству. Социально-экономический фактор проявился в увеличении количества людей, которым стал доступен автомобиль.

Третий этап. В связи с увеличением скоростей (технический фактор) возникла необходимость улучшить амортизацию кресел и подвески (глубокие пружинные диваны). Получили распространение приборы контроля (спидометр, одометр, амперметр и т.д.) и вспомогательные приборы (дворники, указатели поворота, зеркала заднего вида). Большее распространение получили закрытые кузова.

Четвёртый этап. В связи с улучшением качества дорог и ростом скорости стало возможным появление безрамных кузовов (технический фактор). Несущая конструкция кузова позволила изменить пропорции кузова и сделать его ниже. Сложилась характерная именно для легковых автомобилей низкая посадка водителя и пассажиров, в противоположность характерной для грузовиков и автобусов высокой посадке. Сиденья в салоне сместились вперед и расположились в более комфортабельной зоне внутри колёсной базы, в результате чего появилось место для интегрированного багажника. Пол в салоне существенно опустился, что позволило опустить передние сиденья. Задний ряд сидений расположился не над задним мостом, а ниже, перед ним. Двигатель смещён вперед и также расположен ниже. Размеры колес автомобиля уменьшились.

Пятый этап. Значительное влияние на антропометрическую схему оказали аэродинамические исследования (научный фактор) и обтекаемый стиль (эстетический фактор). Появился понтонный тип кузова. Ширина салона была увеличена за счёт крыльев. Вместимость – до трёх человек в одном ряду. Военные технологии нашли применение в в новом классе ТС – квадроциклах, кабинероллерах, мотоколясках (влияние II Мировой войны и производственного фактора). Там же использовались эргономичные компактные сиденья малой ширины.

Шестой этап. Ключевым фактором, повлиявшим на посадку, стал фактор активной безопасности: ради достижения лучшей обзорности применялась посадка над передней осью, вагонная компоновка, заднее расположение двигателя. Площадь остекления увеличилась за счёт понижения поясной линии и уменьшения сечения стоек. Вторым фактором стала мода на аэродинамичные формы (стайлинг, социально-эстетический фактор). Длина и ширина салона увеличилась, высота – уменьшилась, посадка стала ниже.

Седьмой этап. Главный фактор – пассивная безопасность. В салоне появилась травмобезопасная отделка салона, раздельные сиденья, ремни безопасности. Развитие робототехники (технологический фактор) позволило за счёт плоских поверхностей кузова увеличить объём салона.

Восьмой этап. По-прежнему главный фактор - пассивная безопасность (подголовники, программируемая деформация кузова). Второй фактор - экономический: топливный кризис повлиял на распространение компактных автомобилей.

Девятый этап: возросшее количество информации структурируется при помощи бортовых компьютеров. Усилитель рулевого управления позволил уменьшить диаметра рулевого колеса. Главный фактор - информатизация ТС: применение бортовых компьютеров и использование цифровых средств отображения информации.

Десятый этап: широкое распространение схемы с двойным полом, использующей пространство под салоном. Ровный пол позволил расставлять сиденья в произвольном порядке. Схема с двойным полом применяется также в гибридных силовых установках. Распространение получает схема со смещённым вперёд салоном (cab forward).

Одиннадцатый этап. Задача эргономики на данном этапе – оптимизировать информационные потоки, оставляя только важную информацию в удобном формате. Применяется проецирование данных на лобовое стекло. Второстепенные органы управления и настройки переносятся ближе к рулевому колесу либо дублируются в районе рулевого колеса и подрулевых переключателей. Альтернативные способы уведомления, задействующие звуковой канал. Ситуативные способы настройки, изменяющиеся в зависимости от контекста. Широкое распространение вспомогательных устройств (радары, видеокамеры, круиз-контроль, парктроник).

Для установки тормозных механизмов с большим диаметром применяются колёса боль-ших размеров, что приостанавливает применение компоновочной схемы cab forward. Однако характерный для данной схемы однообъёмный силуэт получает всё большее распространение: для увеличения пространства в салоне и усиления структуры кузова используются сдвоенные передние стойки.

Двенадцатый этап: Силовая структура кузова усиливается за счёт увеличения габаритных размеров. Подоконная линия повышается, толщина дверей также увеличивается для размещения эффективных энергопоглощающих конструкций. Происходит дальнейшая оптимизация информационных потоков, автоматизация управления в отдельных ситуациях (парковка, движение в пробках).

Антропометрические схемы зависят от конструкции и назначения автомобиля, и совершенство той или иной схемы зависит от того, насколько рационально используется высота и длина салона по отношению к общим габаритам автомобиля. На рис. 1 представлена типология схем, в которых прослеживаются тенденции компоновки.

Первым признаком рациональной компоновки является такое соотношение посадки и компоновки, при котором высота оси переднего колеса и уровня пола (точки пятки – В) совпадают, либо уровень пола (точка В) находится ниже оси, и при этом расстояние от оси до точки В меньше, чем расстояние от пятки до точки Н. Вторым признаком является соотношение длины салона к длине автомобиля: чем меньше число, тем рациональнее компоновка.

В докладе рассмотрена типология антропометрических схем в динамике, рассмотрены формирующие их факторы, а также сформулированы зависимости наиболее рациональных схем

Список литературы

1. Песков, В. И. Основы эргономики и дизайна автомобиля. Учебное пособие. — Н. Новгород: Нижегородский Государственный Технический Университет, 2004. – 225 с.

2. Ившин К.С., *Романов А.Р.* Современные компоновочные факторы в эргономическом моделировании индивидуальных транспортных средств городского назначения: Сборник конференции «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе». Раздел 1.2. - Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования. - Пермский национальный исследовательский политехнический университет. – Пермь, 2012

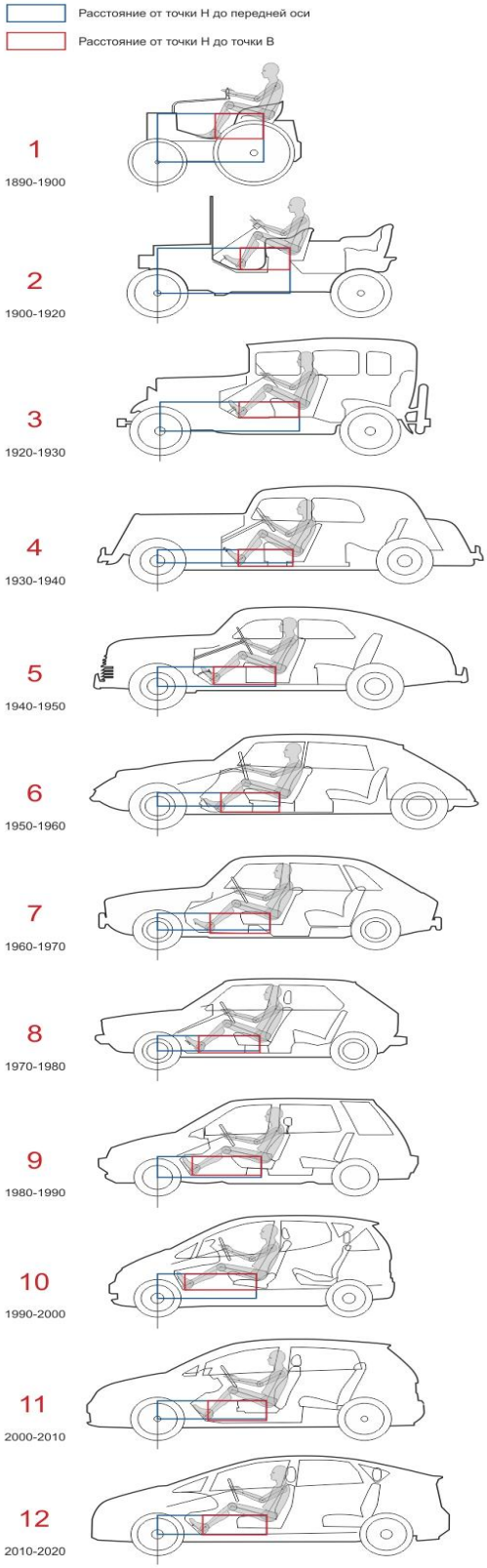


Рисунок 1. – Историческая типология антропометрических схем автомобиля

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ МОДУЛЬНЫЙ ШКАФ КАК СРЕДСТВО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВА

Силаева Е.М., Серяков В.А.
Научный руководитель: Серяков В.А., доцент, к.т.н.
Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30.
E-mail: jane_sem@sibmail.com

Сегодня наиболее популярна разработка мебели по индивидуальному дизайну. Дизайн и габариты мебельных стенок перестают быть стандартными. Спрос все больше ориентирован на модульную мебель, размеры и внешний вид которой покупатель определяет по своему вкусу. Предмет, созданный для конкретного интерьера, будет точно соответствовать всем необходимым параметрам. В то время как среди заводских серийных предложений идеальную систему хранения можно и не найти, потратив при этом силы и время. При заказе можно учесть любые пожелания заказчика: цвета, материалы отделки, назначение модулей, нестандартные формы и конфигурации. [1]

Современный комплект модульной мебели может состоять из элементов разной высоты и глубины, а количество компонентов может варьироваться и насчитывать несколько десятков или более ста. Такая мебель может быть оснащена распашными, раздвижными, складными («гармошкой») дверцами и роликовыми шторками-жалюзи. Модульный комплект выполняется в едином стиле, поэтому модули можно компоновать между собой, как необходимо потребителю.

Модульная мебель может постоянно меняться. Покупатель сам решает, какой будет конфигурация его стенки или шкафа (размер, высота и количество секций). Для этого подбираются модули подходящей глубины, ширины и высоты и используются в разных целях: для хранения белья или одежды, для установки бытовой техники или обустройства рабочей зоны и т.д. Общий стиль оформления и цветовая гамма сохраняют единство модульной системы. Модульные стенки для гостиной легко меняют свое предназначение и стиль за счет вариантов исполнения фасада, наполнения (полок, вешалок, внутренних ящиков и пр.) и различной фурнитуры. Выбор внутреннего оснащения остается за покупателем. [2]

Преимущества модульной мебели:

• возможность выбора и приобретения потребителем лишь необходимых компонентов;

• возможность замены и расширения комплекта модульной мебели за счет приобретения дополнительных предметов (производители гарантируют точное совпадение цветов, размеров, узлов креплений и всей фурнитуры);

• многофункциональность (возможность использования комплекта модульной мебели как средства структурообразования и формообразования пространства для решения различных функциональных задач).

• универсальность (модульный шкаф может трансформироваться в книжный стеллаж или гардероб за счет смены или снятия дверей);

• простота сборки (инструкция и прилагаемый крепеж позволят самостоятельно собрать нужный предмет мебели);

• унификация (модули могут вписаться в помещение любой конфигурации).

Таким образом, модульная мебель позволяет легко преобразить интерьер квартиры посредством простой перестановки или смены панелей и фасадов. Стенка гардеробной может быть преобразована, к примеру, в модульную систему для детской. Модули разной высоты, ширины и глубины могут помещаться практически в любое пространство (в частности – в углы, неглубокие ниши), куда корпусная мебель аналогичного назначения не вписывается.

К недостаткам модульной мебели относят следующее. Конструкция такой мебели обычно не предусматривает ни орнаментной резьбы, ни золотых росписей. Модульная мебель в основном предназначена для современных практичных и молодежных интерьеров. [1]

Это является основной проблемой в разработке дизайн-проекта модульной мебели в целом, и шкафа в частности. Поэтому немаловажной задачей дизайнера является поиск для модулей нестандартного стилевого решения, разработка модульного шкафа или системы, отличающихся оригинальной формой и/или материалом.

В производстве модульной мебели используются современные и эффектные материалы. Большинство каркасов модульной мебели изготавливают из ДСП (или более дорогого материала – МДФ). Кромки закрывают пленкой ПВХ, поверхности ламинируют или покрывают шпоном или «лаком» (декоративной цветной эмалью) – глянцевым или матовым. Фасадные элементы часто выполняют из окрашенного стекла. Встречаются и экзотические отделки: текстиль, натуральная и искусственная кожа. В рамках одной программы иногда комбинируют различные фактуры и отделки, например кожу – со стеклом, а шпон – с лаком. [3] Кроме того, для корпуса модулей применяется полиэтилен, массив древесины, металл – в зависимости от компании-производителя.

Пример модульной системы хранения из полиэтилена – Стеллаж Urban, Casamania (рис. 1). Вместо традиционных модулей в ней применены L-образные, которые могут использоваться в различных позициях. В результате покупатель может создавать стены и экраны, выстраивать ниши и

заворачивать стеллаж углом. Необходимость в крепежных элементах отсутствует. [4]



Рис.1. Стеллаж Urban, Casamania [4]

Другой пример применения материала и создание оригинального дизайна – многофункциональный черный книжный шкаф, который напоминает ДНК человека от Linfa Design (рис. 2). Его многофункциональность заключается в том, что он кроме хранения книг может быть использован в качестве комнатной перегородки. Шкаф сделан из изогнутой фанеры, шпона бука и черной стальной рамы. Шкаф напоминает человеческое ДНК, что придает ему стильный и необычный вид, который не может испортить любой современный интерьер. Шкаф разработан дизайнером Alessandro Elli. [5]



Рис.2. Черный книжный шкаф от дизайнера Alessandro Elli [5]

Своеобразное интересное решение в дизайне модульного шкафа для гостиной предлагается итальянским дизайнером Giorgio Caporaso. Это функциональная мебель, которая соответствует современной жизни и скорости перемен, которые в ней происходят. Форма шкафа при надобности легко изменяется. Еще один плюс проекта – большой выбор цветовых решений. [6]

Стили, используемые для создания модульных систем, это, как правило, минимализм, ар-деко, неоклассицизм. Узкий круг применяемых стилей обусловлен необходимостью унификации модулей, создания легко трансформируемых, разбираемых модулей.

Пример модульного стеллажа в стиле минимализм – стеллаж от дизайнера Alp Nuhoğlu. Возможные конфигурации модульной системы напрямую зависят от выполнения необходимых функций. Из элементов каждой коллекции модульной системы можно собрать десятки разных композиций. Поэтому потребитель сам выбирает стиль, цвет, материал основных модулей и докупает другие при необходимости. Пример конструкции – на рис.3.



Рис.3. Модель Free Port от фабрики B.D Barcelona design, дизайн Guixe Marti [3]

Таким образом, разработка модульной мебельной системы или, в частности, шкафа, актуальная задача современных дизайнеров. Проектируя современный шкаф, необходимо выдержать его в едином стиле, конструкция и форма модулей должна быть оригинальной и многофункциональной. Главной задачей при разработке дизайна является создание универсальной современной мебельной модульной системы, которая имеет возможность трансформироваться за счет замены модулей, панелей, их количества, цвета, фурнитуры.

Список литературы:

1. Невская Л. Что такое модульная мебель? [Электронный ресурс] // 4living.ru энциклопедия интерьерных идей: [сайт]. URL: http://www.4living.ru/items/article/chto-takoe-modulnaya-mebel/(дата обращения: 09.02.2013).
2. Кузнецов В.Е. Справочник мебельщика: Конструкции и функциональные размеры. Материалы. Технология производства. / В.Е. Кузнецов, Б.И. Артамонов, В.Ф. Савченко, В.Н. Розов. – 2-е изд., перераб. – М.: Лесн. пром-сть, 1985. – 360 с.
3. Абросимова Е. Стенка для гостиной: материалы и конструкции. [Электронный ресурс] // 4living.ru энциклопедия интерьерных идей: [сайт].URL:http://www.4living.ru/items/article/storage-system-for-living-room/ (дата обращения: 09.02.2013).
4. Стеллаж Urban, Casamania: описание и характеристики [Электронный ресурс] // 360.ru каталог мебели, сантехники, предметов интерьера: [сайт]. URL:http://www.360.ru/goods/0/0/0/84850/ (дата обращения: 09.02.2013).
5. Черный книжный шкаф, который напоминает ДНК человека от Linfa Design гостиной [Электронный ресурс] // Дизайн Мания – новинки в мире дизайна интерьера и архитектуры [сайт]. URL: http://dizainmania.com/mebel/chernyj-knizhnyj-shkaf-kotoryj-napominaet-dnk-cheloveka-ot-linfa-design.html (дата обращения: 09.02.2013)
6. Модульный шкаф для гостиной [Электронный ресурс] // Дизайн Мания – новинки в мире дизайна интерьера и архитектуры [сайт]. URL: http://dizainmania.com/mebel/modulnyj-shkaf-dlya-gostinoj.html (дата обращения: 09.02.2013).
7. Борисов К.А. Встроенная мебель. – М.: Вече, 2005. – 76 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ДРЕВЕСНОЙ ФИЛИГРАНИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ.

СоболеваЛ.И.
Научный руководитель: Крауиньш Д.П., доцент
Томский Политехнический Университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Ludaedka@mail.ru

Изучая художественные изделия из древесины, были замечены работы необыкновенной красоты, выполненные техникой древесной филиграни или скани - различные названия инкрустации деревянной стружкой. Филигрань (от латинского filum – «нить» и granum – «зерно») либо скань (от древнерусского «скать» – «свивать», «ссучивать») вид ювелирной техники, представляет собой ажурный либо напаянный на фон узор.

Существует еще множество названий этого способа украшения такие как "Белорусская скань", "Гомельская Скань", "Сожская скань", "Скань Цекунова" или просто "Цекуновка".

В Древней Руси техника филиграни стала использоваться с IX—X веков. Тогда витую проволоку для производства ещё не использовали, а применялись зерни. На XV—XVI века приходится расцвет московской филиграни (московской скани). Использовались разнообразные материалы: драгоценные камни, эмаль, дерево, резная кость. [1] Из существующей литературы о Троице-Сергиевой Лавре Государства Московского известно, что Преподобный Амвросий Троицкий - резчик, который трудился в Троице-Сергиевой лавре в XV веке и украшал древесной стружкой оклад своей иконы из самшита и эту икону можно увидеть в Загорском художественном музее-заповеднике. [2]

Но с XVI века технология была утеряна и возобновить ее смог мастер из Гомеля Цекунов Владимир Валентинович в 1990 году. В мире такие вещи больше никто не делал. Древесную филигрань - можно по праву считать открытием XX века в декоративно-прикладном искусстве. Шкатулки, письменные приборы, оклады, киоты, рамки, столешницы, декоративные блюда - это неполный перечень тех предметов, которые можно украсить с помощью древесной филиграни.

В древесной филиграни мастера используют самые разные породы древесины: яблони, вишни, сливы, каштана, ольхи, акации, рябины, орешника, кустарника крушины, красного и лимонного дерева, эбенового дерева, палисандра и другие (рис.1). Гомельские мастера держат технологию в строжайшем секрете. Данная работа посвящена раскрытию технологии скани.



Рис.1. Работа мастера древесной филиграни Тесля Вячеслава

Изучив редкие источники описывающие технологию, было принято попробовать разгадать секреты мастерства изготовления декора изделий. Техника изготовления древесной филиграни на первый взгляд относительно проста, но требует большого терпения и осторожности. Для получения пригодной стружки было выбрано два способа: ручной и механический. Для нахождения наилучшего результата сравнение проходило по следующим показателям:

1. Влияние влажности на вид стружки.

Для эксперимента были взяты 3 образца различной толщины одной породы древесины. Перед началом образцы были взвешены и с каждого снята контрольная стружка рубанком. Все три образца помешены в емкость с водой и через каждые 30 минут они взвешивались, потом снимался рубанком образец стружки и снова взвешивался и так на протяжении 120 минут. Потом контрольным временем было через сутки и через двое суток. Результат занесен в таблицу (таб. 1).

Таблица 1.

Время	Вес до снятия стружки	Вес после снятия стружки	Фотографии стружки

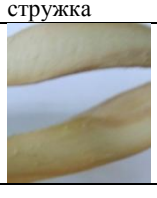
0 мин.	160г	159г	
30 мин.	175г	175г	
60 мин.	178г	177г	
90 мин.	180г	179г	
120 мин.	179г	179г	
24 час.	185г	185г	
48 час.	188г	175г	

Для оптимальной стружки необходима древесина 15 и более процентов влажности.

2. Влияние направления и характер волокон древесины на вид стружки.

Для изучения влияния направления волокон было взято 2 образца: радиального и тангенциального распила заранее оптимальной влажности. Полученный результат приведен в таблице (таб. 2).

Таблица 2.

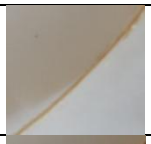
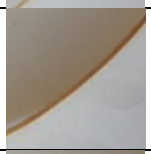
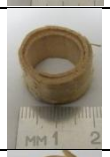
Вид распила	Фотография распила	Полученная стружка
радиальный		
тангенциальный		

Тангенциальная стружка с более выраженной структурой, на завитее завитка распил не влияет.

3. По толщине полученной стружки.

Для сравнения свойств полученной стружки по толщине были получены 3 образца различной толщины. Стружка скручивалась искусственно до минимального диаметра. Данные занесены в таблицу (таб. 3).

Таблица 3

Толщина	Фотография	Диаметр	Фотография
0,7мм		11мм	
1мм		15мм	
1,5мм		17мм	

Чем тоньше стружки тем изящней получается завиток.

Из полученных стружек был создан простой рисунок на шкатулке, конечно до мастерства еще далеко, назовем это первыми шагами к освоению этой технологии (рис. 2).



Рис 2. Изделие, декорированное древесной филиграни

Список литературы:

1. Википедия- http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D1%8C
2. Толковый словарь Ушакова- http://slovarik-ushakov.info/%D0%A1%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%8C_%D0%A3%D1%88%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0/70039/%D0%A1%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D1%8C

АБСТРАКТНЫЕ ФОРМЫ В ДИЗАЙНЕ

Сорока А.А.
Научный руководитель: Утьев О.М., старший преподаватель.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050 Россия, г.Томск, пр. Ленина,30
E-mail: anutka-soroka@mail.ru

Дизайн – это творческая деятельность, целью которой является определение формальных качеств промышленных изделий. Эти качества относятся не только к внешнем чертам изделия, но и к структурным и функциональным связям, которые превращают систему в целостное единство с точки зрения как потребителя, так и с точки зрения изготовителя. Дизайн стремится охватить все аспекты окружающей среды человека. [3]

Абстракция тесно связано с дизайном. Абстракция в широком смысле символизирует отвлечение от конкретных свойств-предметов или от конкретных отношений между ними. Сферы искусства, это та или иная степень абстракции присуща ему с момента его возникновения. Уже в эпоху неолита резкое упрощение форм и устранение деталей позволило создать образы, символизирующие знаки космических стихий. (Рис.1)

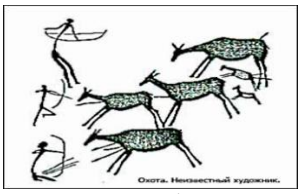


Рис. 1

Если в период расцвета искусства Древнего Востока абстракция была связана с обожествлением власти и грозных для человека сил природы, то в античном искусстве она поднялась на более высокий уровень конструирования "идеальных образов".(Рис 2, рис3)



Рис. 2

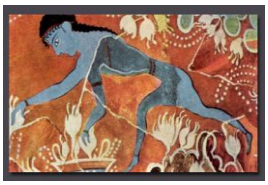


Рис. 3

В средневековом искусстве Европы и Азии центральное место заняли знаки, божественные символы и надписи, олицетворяющие религиозно-философские идеи, а в XX в. абстракция стала преследовать цели отделения искусства от повседневного зрительного опыта и превращения его в выражение "отвлеченных сущностей и интуитивно постигаемых целей". (Рис.4, рис.5) [2]



Рис. 4

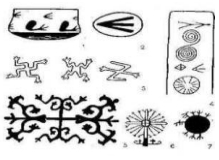


Рис. 5

Современное абстрактное искусства это применение геометрических форм и сочетание цветов. Это в первую очередь стилизация. Стилизация – это сознательное исполнение дизайнером признаков того или иного стиля при проектировании изделий. Создание подчеркнуто декоративной формы объекта разработки путем подражания внешним признакам формы природных или созданных человеком объектов. Основная операция стилизации: это формализация объемно – пластических и графических мотивов.

Абстрактные фигуры становятся все более популярны среди ландшафтных и интерьерных дизайнеров, а так же людей с творческим мышлением. Необычные формы позволяют выразить свою индивидуальность в оформлении окружающего пространства. Так же абстрактные фигуры применяют как скульптурные композиции в дизайне интерьера. Размеры данных композиций могут быть как мелкими, так и крупногабаритными. Абстрактные формы так же применяются в художественном литье. Литьё – создание изделия путем заливки расплавленного металла в форму с последующей кристаллизацией. Один из видов художественного литья – это литье по газифицированным моделям. Литье по газифицируемым моделям было впервые запатентовано в 1958 г. в США как метод изготовления художественных отливок. Одной из первых таких отливок была бронзовая скульптура Пегаса, изготовленная в Массачусетском технологическом институте, массой 150 кг (рис. 6). Этим же способом была изготовлена отливка чугунной мачты (масса 3,5 т) для колокола, украшенная орнаментом.



Рис. 6

Технологический процесс литья по газифицированным моделям:

1. Подготовить эскиз отливки
2. Изготовить модель отливки и элементы литниковой системы из пенополистирола.
3. Отдельные части модели склеить клеем или растворителем.
4. Дефекты поверхности заделать парафином - стеариновым составом методом обмазки (при t = 90-130°).

5. Отполировать нанесенный слой наждачной бумагой или струей горячего воздуха.

6. Произвести окрашивание собранного тонкого ажурного блока модельной кистью антипригарным покрытием.

7. Полученный слой высушить в течение 1-2 ч. при t = 20-40 °С.

8. Провести формовку модели в сухом песке с применением вибрации.

9. Произвести заливку металла.

10. После кристаллизации металла извлечь отливку из огнеупорной смеси.

11. Произвести осмотр поверхности отливок.

12. Произвести механическую обработку отливки и отделку.

Модельные материалы для художественного литья используют пенополистирол в виде прямоугольных плит ПСБ по ТУ 50-64 с размерами: длина 500-1000 мм; ширина – 400-700 мм; толщина – 25, 35, 50, 70, 100 мм.

Противопригарное покрытие наносится на модель. Оно выполняет две функции: предохраняет отливку от пригара (при заливке чугуна и медных сплавов) и от образования грубой поверхности из-за неравномерного уплотнения смеси. Требования к противопригарным покрытиям:

- высокая газопроницаемость;
- хорошая адгезия к материалу модели;
- быстрое высыхание и упрочнение на воздухе;
- высокая прочность.

Все краски можно подразделить на водные и с органическими растворителями (спирты, бензин). Водные краски требуют подсушки в течение нескольких часов при 40-50 °С. Не рекомендуется использовать краски на жидком стекле, так как они резко снижают газопроницаемость модели.

Достоинствами этого способа являются:

- отсутствие разъема у модели любой сложности;
- исключение операции извлечения модели из формы, что значительно упрощает процесс изготовления модели (нет дефектов по разъему, формовочных уклонов и др.);
- отсутствие отдельно изготовляемых и проставляемых стержней;
- процесс изготовления авторских образцов проще, чем при их изготовлении из глины, воска, пластилина;
- при формовке можно применять сыпучий материал без связующего. [1]

Художественное литье актуально в наши дни. Оно является одним из видов монументально-декоративного искусства. Литье используется практически во всех направлениях и стилях, и его можно вписать в любой интерьер, учитывая, что каждый элемент таких изделий уникален и самодостаточен. И если стиль архитектурного направления определяется историческими и социальными условиями, то статус человека, его рабочего места и, тем более его дома, напрямую зависит от того, какие вещи его окружают. Одной из моделей абстрактно-декоративного искусства является моя модель, которая была отлита из бронзы. (Рис 9)

Бро́нза – сплав меди, обычно с оловом как основным легирующим элементом, но применяются и сплавы с алюминием, кремнием, бериллием, свинцом и другими элементами, за исключением цинка и никеля. В состав современной бронзы для художественного литья входит 5—7% олова, столько же цинка, 1—4% свинца, остальное приходится на медь. Художественная бронза обладает высокой жидкотекучестью, высокой плотностью, хорошим качеством поверхности.

Модель была выполнена из пенополистерола, собранна из заготовленных вырезок. Вырезки склеивали между собой с помощью клея титана. (Рис. 7, рис. 8)



Рис. 7 Вырезки из пенополистерола



Рис. 8 Модель из пенополистерола.



Рис. 9 Отливка из бронзы.

Металл, соприкасаясь с пенополистиролом, оплавляет его и газифицирует, в связи, с чем металл полностью заполнил полость формы. Отливка изготовлена успешна.

Таким образом, в распоряжении мастера имеется широкий диапазон средств: от простейших линий и форм геометрического орнамента до сложных миниатюр с изображением человеческих фигур, архитектуры и элементов пейзажа.

Литература:

1. Методическое указание «Технология художественного литья», О.М Утьев, 2012 -48с.

2. Апполон. Изобразительное и декоративное искусство. Архитектура: Терминологический словарь. М, 1997.

3. И. Розенсон. Основы теории дизайна. — СПб.: Питер, 2006. — 224 с

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИЗГОТОВЛЕНИИ ВИТРАЖЕЙ В СТИЛЕ «ТИФФАНИ»

Тимофеев Е.С., Шарипов А.В., Швелидзе Т.Э.
Научный руководитель: Карханин Д.Е., ассистент
Ростовский государственный строительный университет,
344022, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162
E-mail: karxan@yandex.ru

В конце XIV века американец Луи Комфорт Тиффани изобрел новую технологию сбора витражей, так называемые «Витражи Тиффани». Он первым предложил использовать для оборачивания стекол липкую медную фольгу, а не свинец, как в классическом витраже. [1]

Витражи изготавливаются из стекла, которое может отличаться огромным разнообразием фактур: гладкая, рельефная, волнистая. В настоящее время цветовая палитра насчитывает более 300 оттенков, есть стекла, в которых присутствует большое количество цветов, смешивающихся и переплетающихся друг с другом, что создает гармоничную, неповторяющуюся композицию. То же самое может происходить и с фактурой стекла, разводы и толщинность постоянно меняются. Такое художественное стекло позволяет добиться воплощения потрясающих творческих идей. Техника спекания стекла в специальных печах (рис.1), называемая фьюзингом, позволяет добиться еще большего усложнения и придания объёма всей композиции в целом. Также эта технология позволяет запекать на стекле специальные краски, что дало возможность расписывать стекло.



Рис. 1 – Печь для фьюзинга стекла

Любой витраж начинается с эскиза, который рисуется в масштабе 1:1 с будущим витражом. На готовый эскиз накладывается калька и на нее переносят весь рисунок. Далее каждый фрагмент нумеруется и переводится на стекло либо через подсвеченное прозрачное стекло, либо вырезанием элемента из кальки. Перевод линии на стекло осуществляется фломастером или маркером. Линия должна быть тонкой и четкой, от этого зависит качество реза.

Резать стекло необходимо по предварительно смоченной керосином гладкой стороне стекла, керосин сделает рез более мягким и точным. Стеклорез (рис. 2) держится в правой кисти под наклоном 40°–45° относительно поверхности стекла. Нельзя сильно давить на ручку стеклореза, стеклорез следует вести максимально ровнее, чтобы победитовый ролик стоял перпендикулярно по отношению к стеклу, иначе скол на стекле произойдет с произвольным углом. [2]



Рис. 2 – Стеклорез

Для отламывания стекла производят легкие удары снизу обратной стороной стеклореза по всей длине реза. При ударе трещины могут уходить в сторону, могут образовываться сколы, что будет являться браком (Рис. 3).



Рис. 3 – Обратная сторона стеклореза

По окончании резки стекла его необходимо обработать – торцы каждой детали обрабатываются на шлифовальной машине (рис. 4, а), чтобы убрать неровности и небольшие сколы. Рабочая поверхность шлифовальной машинки представляет собой головку с алмазным напылением (рис. 4, б), на которую подается вода во время шлифования, что облегчает шлифовку деталей и помогает избавиться от быстрого износа алмазной поверхности головки. Алмазные головки-насадки существуют разной ширины и размера зерна. Чем крупнее зерно, тем оно быстрее точит деталь и ускоряет работу в целом, но и тем больше вероятность появления сколов и волнистости, что является браком.



а) б)

Рис. 4– а) шлифовальная машина; б) шлифовальная головка.

Каждая деталь витража обматывается специальной медной лентой-фольгой (рис. 5, а), одна сторона которой покрыта клеем и защищена бумагой. Обворачивать можно на специальном станке или вручную, главное, чтобы края фольги заворачивались на стекло равномерно с обеих сторон, от этого зависит ровность линий витража, а также его надёжность, повысить которую можно путем прокладывания угловых зазоров между стеклами согнутой медной проволокой. После обмотки торец стекла и его поверхности проглаживаются карандашом или ручкой для более плотного прилегания фольги к стеклу. Далее подготовленные детали выкладываются в соответствии своим номерам на кальке, во избежание их движения по краям сам витраж укрепляется рамкой или кнопками. Зазоры между стеклами прокладываются подходящей медной проволокой, что значительно уменьшает его деформации и повышает прочность. Все швы покрываются паяльной кислотой-флюсом при помощи кисточки. Кислота предотвращает окисление меди и позволяет оловянному припою (рис. 5,б) лечь на металл.



а) б)

Рис. 5: а) Медная лента; б) Оловянный припой.

При пайке конец оловянной проволоки кладётся на шов витража и плавится паяльником, при этом необходимо равномерно вести расплавленный припой вдоль шва. Нельзя долго держать паяльник в одной точке, из-за этого может лопнуть стекло. Качественный шов должен быть равномерным, выпуклым, без заусенцев и бугров (рис. 6), но в местах, где одевается профиль, пайка должна быть плоская.[3]

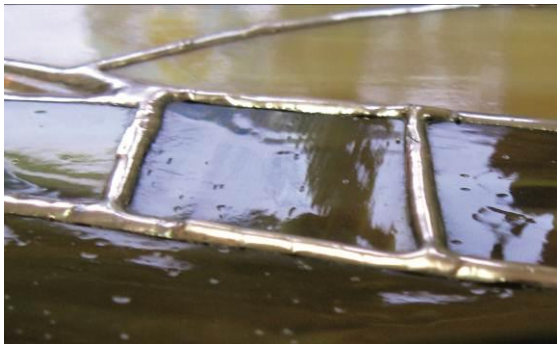


Рис. 6. Оловянный шов.

После того, как лицевая сторона витража пропаяна, он переворачивается и пропаивается другая, затем надевается и пропаивается П-образная латунная профильная рама (рис. 7).



Рис. 7. П-образная рама

После пайки на витраж наносится патина. Патина наносится кисточкой на оловянные швы. Она бывает медная, черная и античная бронза. Затем витраж тщательно моется водой с моющим средством и полируется тканью. Данная технология изготовления используется в создании витражей студентами специальности «Технология художественной обработки материалов».

Список литературы

1. Минухин Е. Об искусстве витража. – "Искусство", 1950. – 79 с.
2. Минухин Е. Витражное искусство. – "Архитектура СССР", 1954. – 30 с.
3. Минухин Е. Возродим витражное искусство. – "Архитектура и строительство", 1949 . 80 с.

ОБЗОР ХИМИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ РЕЦЕПТУР ДЛЯ РЕСТАВРАЦИИ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ЛИТЬЯ ИЗ МЕДНЫХ СПЛАВОВ

Топорова В.С., Петрова С.Г.
Научный руководитель: Петрова С.Г., к.т.н., доцент
Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,
190008, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, 3
E-mail: nikanorka.05@mail.ru

Художественное литье из медных сплавов, зародившееся в незапамятные времена и популярное по сей день, будь то монументальная скульптура или малая пластика, с течением времени под воздействием внешних факторов: климата, погодных условий, степени загрязненности воздуха, человеческой деятельности, требует реставрации. Реставрация — комплекс мероприятий, направленный на предотвращение последующих разрушений и достижение оптимальных условий для продолжительного сохранения памятников материальной культуры. Считается, что профессиональная реставрация зародилась «по требованию» частных коллекций искусства, а серьёзные школы профессиональной реставрации стали складываться в XVII—XVIII веках.

Существует множество видов реставрации, но их основная цель одна — сохранить для потомков культурное наследие прошлого.

Реставрация, подобно любому другому виду человеческой деятельности, не является неизменной системой принципов и методов, но имеет свое историческое развитие и зависит от того, во имя чего сохраняется и реставрируется памятник.

Основные принципы научной реставрации и консервации:

- минимальное вмешательство в исторический материал произведения с максимальным его сохранением;
- обоснованность и определение любого реставрационного вмешательства;
- научность;
- археологическая реставрация;
- стилистическая реставрация;
- историзм;

Но главным и вмещающим в себя все вышеперечисленные принципы является «не навреди».

Главным основанием для реставрации художественного литья является полное или частичное повреждение слоя патины, который несет не только декоративную, но и главным образом защитную функцию. Самыми распространенными используемыми в реставрации остаются зеленый, коричневый и черный цвета, так как именно они являются естественными, порожденными природой цветами патины. Не маловажен и их оттенок, затрудняющий подбор рецептуры и ее компонентов для получения цвета, точно совпадающего с основным или историческим. При реставрации особенно необходимо заранее знать точный рецепт получения определенного цвета, его насыщенности, степени прозрачности.

Восстановление патины производят как химическим, так и электрохимическим способами. Химический способ более пригоден для восстановления частично утраченной патины, так как может производиться точечно с помощью кисти, тампона, пульверизатора.

Электрохимический же более пригоден для полного покрытия патиной, так как обеспечивает равномерное распределение цвета на всей поверхности. Высокая трудоемкость электрохимического оксидирования меди и ее сплавов компенсируется стабильностью рабочих растворов, лучшим качеством оксидной пленки и большей ее толщиной порядка 1 мкм.

Проведенный обзор химических и электрохимических рецептур в научной литературе (Одноралов, Гутов и др.) выявил следующее.

При получении черного цвета электрохимическим путем главным компонентом электролита является едкий натр, но встречаются и добавки в нем медного купороса, сахарозы, окиси свинца или молибдата аммония. Несмотря на схожесть химических элементов и приблизительно одинаковую концентрацию едкого натра стоит учитывать достаточно большой разброс времени выдержки изделия в растворе (5-90 мин), плотности тока (0,2-10 А/дм^2) и температуры электролита (16-100°С).

Для достижения черного цвета химическим путем к основному раствору едкого натра добавляется персульфат калия в различных количествах, а к 25% раствору аммиака - углекислая медь. Разброс температур растворов также велик (15-100°С).

Если нужно получить оттенки черного (коричнево-черный, черно-зеленый и т.д.) за основу берут либо раствор едкого натра с добавками персульфата калия, персульфата аммония, надсернокислого калия, либо раствор серной печени с поваренной солью или нашатырем, либо нашатыря с солью и нашатырным спиртом. Время выдержки зависит от

выбранной основы, а в случае с последним еще и от металла (латунь – 12-24 час, медь – 4-6 час).

В случае с черным цветом синего оттенка основную роль играют водный раствор аммиака с добавками углекислой меди или углекислой соли меди и/или раствор серной печени в чистом виде или с раствором сернистого аммония. При этом также может быть разброс температур растворов по металлам (медь 60-80°С, латунь 15-30°С).

Основные растворы для получения зеленого цвета электрохимическим путем можно разделить на две группы. В основе обоих групп лежат растворы медного купороса и едкого натра, причем их концентрации приблизительно равны, а дальше к одной группе добавляется сахароза, а к другой тартрат калия. Плотность тока у обеих групп 0,02 А/дм^2, но оттенки зеленого первой группы можно получить и при меньшей плотности тока 0,01 А/дм^2, при этом время выдержки изделия в электролите при меньшем токе будет больше приблизительно в 2 раза.

Для восстановления зеленого цвета патины химическим способом самыми частоупотребляемыми химическими элементами являются нашатырь, хлорид натрия, нитрат меди, медный купорос, углекислый аммоний, уксусная кислота. Существует большое количество рецептур, в которых эти элементы соединяются между собой в различных концентрациях, к ним также добавляются и другие, например аммиак, едкий натр, всевозможные кислоты (лимонная, винная, молочная, щавелевая).

При химическом получении оттенков зеленого используются растворы хлористого аммония, азотнокислой меди, ацетата меди и уксусной кислоты. К ним добавляются и другие химические элементы, такие как: поваренная соль, серная печень, углекислый аммоний, бура, нитрат натрия, двухлористая ртуть и т.д.

Для электрохимического получения коричневого цвета и его оттенков в основном используют раствор медного купороса с едким натром в различных концентрациях, возможно с добавками сахара. Также используют растворы хлорида аммония с хлористым или двухлористым никелем, роданистым аммонием. Несмотря на это разброс плотности тока и времени выдержки не так велик как в других случаях, 0,01-0,7 А/дм^2 и 2-30 мин соответственно.

При химическом патинировании коричневым цветом большую популярность снискали растворы медного купороса и перманганата калия. Они используются как вместе, так и по отдельности с добавлением других веществ, таких как хлорид аммония, железный купорос, хлорноватокислые и уксусные соединения.

Растворы для получения оттенков коричневого можно разделить на четыре группы: на основе серной кислоты, хлорида аммония, медного купороса и едкого натра. К первой группе добавляется перманганат калия, ко второй поваренная соль, уксусная кислота, нитрат меди, бертолетова соль, серная печень, сернистые соединения. Медный купорос может быть соединен с серной кислотой, сульфатом аммония, едким натром или хлорноватокислым калием. К четвертой группе добавляют персульфат калия или аммония, сернистую сурьму, медный купорос, углекислую медь или надсернокислый калий. В данном случае в связи с разнообразием ингредиентов неудивителен разброс как температуры растворов (15-95 ° С), так и времени выдержки реставрируемого предмета в растворах от нескольких секунд до суток.

Теперь рассмотрим коричневый цвет относительно металлов: меди, бронзы и латуни.

Все рецептуры для получения коричневого цвета на меди можно разделить на три группы: на основе медного купороса, на основе хлорида аммония и на основе раствора серной печени в чистом виде. Заметим, что вместе они в одном рецепте не употребляются. В качестве добавок к хлориду аммония чаще всего используются ацетат меди, уксусная кислота, сульфид кальция, а к сернокислой меди - хлористый цинк, перманганат и хлорид калия, сульфат никеля, свинцовые и хлорноватокислые соединения, никелевый купорос.

На латуни также как и на меди большинство рецептов основаны на растворе медного купороса с хлорноватокислыми калием либо натрием (они всегда заменяют друг друга), сульфатом никеля, хлоридом калия, раствором уксусной кислоты, ацетатом меди, крокусом и рогом. Кроме того на латуни используют растворы сернистых соединений, как в чистом виде так и с добавками аммиака, пятисернистой сурьмы, трехсернистого мышьяка, окиси железа.

Что касается бронзы, то здесь в лидеры выбиваются сернистые соединения с такими же добавками как у латуни плюс виннокаменная кислота и двухлористое олово. Также можно выделить хлорид аммония с добавками уксусной кислоты, ацетата меди, щавелевокислого калия и перманганат калия с использованием медного или никелевого купороса, хлорноватокислого калия.

Теперь, отталкиваясь от этой априорной информации, можно выявить зависимости определенных цветов от всех условий (температур: патинирующих растворов, изделия, рабочего помещения; концентрации растворов, времени выдержки и других) патинирования и не бояться за судьбу реставрации художественного литья.

ФАНТАЗИЙНЫЕ ЦВЕТА ПАТИН ДЛЯ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ЛИТЬЯ ИЗ МЕДНЫХ СПЛАВОВ

Топорова В.С., Петрова С.Г.
Научный руководитель: Петрова С.Г., к.т.н., доцент
Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,
190008, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, 3
E-mail: nikanorka.05@mail.ru

Немалую роль в создании выразительности скульптурного образа играет цвет. Скульптор может создавать цветные произведения, учитывая естественный цвет материала, известны случаи создания цветных скульптур, выполненных путем сочетания различных материалов (статуя Афины скульптора Фидия). Однако, цвет металла может не удовлетворять потребности художника – тогда на выручку приходит покрытие металла искусственной патиной. Наиболее распространенные цвета патины зеленый, коричневый, черный безусловно вносят в скульптурный образ свой контекст. Они как классическое искусство – вечны и не подлежат критике. Но современное искусство требует чего-то экстравагантного, яркого, вызывающего противоречивые эмоции. Именно поэтому, как никогда, актуальна тема цветной фантазийной патины.

Проведя некоторый аналитический обзор можно прийти к следующим выводам.

Золотистый цвет и его оттенки электрохимическим путем можно получить с помощью двух групп растворов. Первая из них основана на использовании растворов едкого натра и медного купороса. В одном случае к ним добавляется сахароза, в другом – виннокислый калий. Компонентами второй группы являются хлориды (аммония и никеля) и заменяющие друг друга роданиды (аммония или натрия). Несмотря на это, параметры растворов: время выдержки изделия в электролите, температура электролита, плотность тока имеют достаточно близкие значения. К тому же один и тот же оттенок золотистого можно получить с помощью одного рецепта, но разной плотности тока. Чем выше ток тем меньше времени требуется для достижения желаемого результата.

При химическом патинировании для достижения золотистого и его оттенков используется большее разнообразие химических элементов. Чаще всего употребляются, как и в электрохимическом, медный купорос и едкий натр, но вместо сахарозы добавляется лактоза, а также щавелевая кислота, углекислая медь, перманганат калия, ацетат меди. Употребляются растворы на основе гипосульфита с ацетатом свинца или мышьяковокислого натрия, серной кислоты с бихроматом натрия или дихроматом калия, двухромовокислым натрием, гипосульфата и гипосульфида натрия, карбоната калия, сульфидов, мела. При таком многообразии возможных компонентов неудивителен разброс интервалов температур растворов (15-90 ℃) и времени выдержки (от нескольких секунд до суток).

Желтый и оранжевый цвета электрохимически достигаются с помощью четырех групп растворов. Основными компонентами первых трех являются медный купорос и едкий натр, к ним добавляются сахароза, тартрат калия, виннокислый калий соответственно. Четвертая же состоит из хлорида аммония, двухлористого никеля и роданистого аммония. Плотность тока составляет 0,01-0,7 А/дм^2, время выдержки 1-20 минут.

Эти же цвета можно получить химическим путем. Здесь, как и в большинстве химических рецептур, выбор более широк. Часто используется раствор ацетата меди, как в чистом виде так и с добавками медного купороса или уксусной кислоты. Азотная кислота может быть соединена с соляной, серной кислотами, солью, сажей, сульфидом аммония, дихроматом натрия, хлорид аммония с карбонатом аммония или уксуснокислой медью, едкий натр с углекислой медью или сернистой сурьмой и тд.

Что касается электрохимического патинирования для достижения красного цвета, то оно аналогично с получением желтого и оранжевого цветов, за исключением третьей группы растворов. Для получения красного цвета виннокислый калий не используется.

При химическом патинировании для достижения красного и его оттенков (красновато-коричневого, темно-красного, светло-красного) главную роль играет медный купорос.

В красновато-коричневых оттенках к нему может быть добавлен перманганат калия, хлористый цинк, серная кислота или молочнокислый натрий. Кроме того используются растворы серной печени с сульфидом аммония, едкого натра с пятисернистой сурьмой, ацетата меди с крокусом, рогом и уксусной кислотой, персульфата калия с нитра гидрооксидом.

Для темно-красных – хлористый цинк, гипосульфит с ацетатом или нитратом свинца и сегнетовой солью, серная кислота, хлорноватокислый калий или молочнокислый натрий. Помимо этого используются растворы гидросульфата натрия с уксусным свинцом и

лимонной кислотой, а также используются растворы, характерны для красновато-коричневых тонов, за исключением персульфата калия.

Для получения светло-красных оттенков используются растворы нашатырного спирта с хлоридом аммония и солью, растворы сульфита или сульфида калия, гипосульфита с мышьяковокислым натрием, медного купороса с перманганатом калия или ацетатом меди, персульфата калия с нитра гидрооксидом, мела с сусальным золотом. Температура раствора колеблется в пределах 20-80 °С, а время выдержки – от нескольких секунд до 6 часов.

Синий цвет и его оттенки можно получить электрохимическим способом опираясь на три группы растворов. В первую входят медный купорос, едкий натр и сахароза, во вторую – хлорид аммония, хлорид никеля и роданид аммония или натрия, в третью – хлорид аммония, двухлористый никель и роданистый аммоний. Также как и при получении золотистого цвета один и тот же оттенок синего можно получить с помощью одного рецепта, но с разной плотностью тока. Разница во времени при этом приблизительно в 2 раза.

При химическом способе патинирования изделий в голубой и синий цвета имеется достаточная разница в рецептурах, в отличие от электрохимического способа. При получении голубого цвета можно выделить три основных компонента: нашатырный спирт, гипосульфит, нитрат меди. Раствор нашатырного спирта может использоваться как в чистом виде, так и с добавками хлорида аммония и поваренной соли, к гипосульфиту подмешиваются уксусная или лимонная кислоты, ацетат свинца. Раствор нитрата меди используется в чистом виде в различных концентрациях. Для достижения синего цвета в основном используются растворы на основе гипосульфита и хлорида аммония. Вместе с раствором гипосульфита используются медный купорос, сегнетова соль, ацетат или нитрат свинца, лимонная кислота. К хлориду аммония добавляют хлорид натрия, нитрат меди, винный камень, карбонат аммония. Также используют растворы серной печени (возможно с сульфидом аммония), серной кислоты с дихроматом калия, персульфата калия с едким натром, аммиака с углекислой медью, ацетата меди с бурой, нитратом меди, двухлористой ртутью, оксидом цинка.

Фиолетовый цвет электрохимическим методом можно получить с помощью одного раствора, в состав которого входят медный купорос, едкий натр и сахароза, при разной величине тока 0,01, 0,02 и 0,1-0,2 А/дм^2 за различное время 2-3,5, 0,7-1,3, 9-11 минут соответственно.

Для химического способа существует много рецептов с различными компонентами, например в чистом виде используются растворы гипосульфида натрия, медного купороса, сурьмяного масла. В нашатырный спирт добавляется хлорокись меди, в хлорид аммония – нитрат меди, бертолетова соль, соляная кислота, а также гидросульфат натрия в соединении с уксусным свинцом и лимонной кислотой, едкий натр – с персульфатом калия, гипосульфит с медным купоросом, сегнетовой солью, ацетатом или нитратом свинца. Интервал температур раствора колеблется в пределах 15-70 °С, а время выдержки от нескольких секунд до 25 минут.

Серый цвет и его оттенки электрохимически получаются за счет соединения медного купороса с едким натром и тартратом калия, едким натром и сахарозой, хлоридов аммония и цинка, соли, уксусной кислоты и глицерина. А также хлорида аммония с хлоридом никеля, роданидом аммония или натрия. Интервал плотности тока 0,01-0,5 А/дм^2, время выдержки в электролите 2-20 минут.

Серебряные и серые цвета химическим способом можно получить в чистых растворах гидросульфида натрия, медного купороса, серноватонатриевой соли. Кроме этого используются следующие композиции: водного раствора аммиака с хлорокисью меди, поваренной соли с серной печенью, соляной кислоты с винным и рвотным камнями, зернистым оловом, сурьмой, азотной и мышьяковой кислотами, железными опилками, уксуснокислого свинца с траганом. Разброс времени выдержки изделия в растворах также велик как и ингридиентов от нескольких секунд до 1,5 часов.

В современной скульптуре и художественных изделиях подобные цвета и их оттенки могут быть интересны и полезны, особенно при использовании их для декорирования отдельных участков изделий вместо холодных эмалей или наряду с ними и горячими эмалями.

Список литературы:

1. Одноралов Н.В. Декоративная отдетка скульптуры и художественных изделий из металла: Учеб. пособие. – М.: Изобраз. искусство, 1989. – 208 с.; ил.
2. Гутов Л.А., Никитин М.К. Справочник по художественной обработке металлов. СПб: Политехника, 1994.-435с.:ил.
3. Гальванотехника: Справ. изд. Ажогин Ф.Ф., Беленький М.А., Галль И.Е. и др. М.: Металлургия, 1987. 736 с.
4. Электоосаждение металлических покрытий. Справ. изд. Беленький М.А., Иванов А.Ф. М.: Металлургия, 1985. 288с.
5. Гальванотехника для мастеров: Справ. изд./Вирбилис С.пер. с польск./Под ред. А.Ф. Иванова. М.: Металлургия, 1990. 208с.

СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ КАК МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Троянов К.В.
Научный руководитель: Черных М.М., д.т.н., профессор
Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова,
426069, Россия, г.Ижевск, ул.Студенческая, 7
E-mail: troyanov55@mail.ru

Задача улучшения резонансных свойств древесины актуальна для ведущих фирм-производителей музыкальных инструментов, в первую очередь предприятий по выпуску гитар. Улучшение свойств древесины на этапе отбора заготовок способствует повышению акустических свойств готового музыкального инструмента. Предлагается пропитывать заготовки для дек музыкальных инструментов в наноструктурных растворах металлов.

Считается, что подобная технология повысит качество серийных и массовых изделий, а также придаст положительные свойства элитному и эксклюзивному инструменту.

Формирование звука в музыкальном инструменте— явление сложное и зависит от целого ряда факторов.

На рисунке 1 представлена классификация свойств, влияющих на акустические параметры музыкальных инструментов: свойства материала, конструкция музыкального инструмента, технология изготовления и свойства комплектующих изделий.

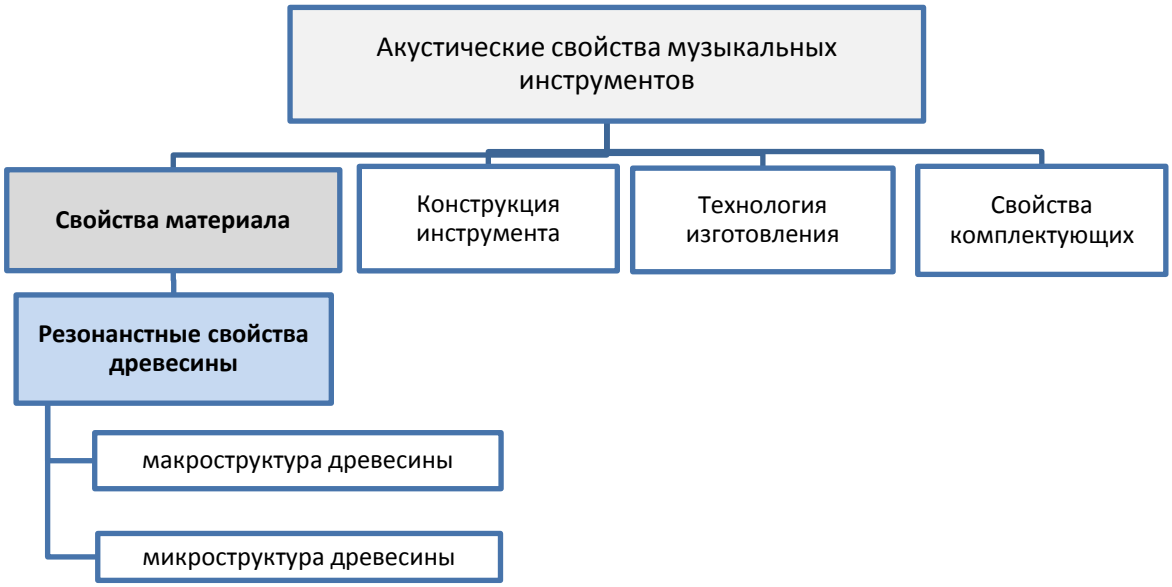


Рисунок 1- Классификация свойств, влияющих на акустические параметры музыкальных инструментов

Показатель, тесно связанный с видом используемого сырья,— это конструкция музыкального инструмента. По Ричардсону [1] (на примере гитар) следует, что лучшие акустические показатели имеют инструменты с правильным соотношением толщины верхней деки и ее поверхностной площади. Действительно, верхняя дека с резонаторным отверстием является главным элементом гитары. Неправильное конструктивное строение грифа, обечайки и пружин, может свести на нет потенциал даже идеально подобранного материала и строения деки. Существуют определенные правила конструктивного расчета музыкальных инструментов, данная тема лежит в отдельной плоскости исследований, связанных с попыткой улучшения звучания изделий.

Технология изготовления тоже оказывает существенное влияние на качество музыкальных инструментов. Помимо качества сборки, точности изготовления и подгонки всех деталей, следует помнить о том, что любая механическая обработка древесины ведет к прорезанию ее волокон и сосудов. Это повышает анизотропию материала в пределах одной плоскости, неоднородность физических и механических свойств в ортогональных проекциях, что отрицательно влияет на резонансные свойства. Следует упомянуть и об отделке изделия. Наличие клеев и лакокрасочных покрытий снижает диапазон

частот собственных колебаний и громкости, придает изделию менее выразительный тембровый оттенок, что может заметно ухудшить звучание инструмента.

Наконец, имеет большое значение выбор комплектующих деталей и материалов. Струны, колки, металл для ладов— все то, что в конечном итоге влияет на качество звучания музыкального инструмента.

Наиболее важный показатель акустических свойств музыкальных инструментов— это резонансные свойства древесины, идущей на заготовки для музыкальных инструментов. Несмотря на большое количество исследований в этой области, до сих пор не существует цельной и объективной теории влияния тех или иных макро- и микроструктурных характеристик древесины на качество звучания инструмента. Известно лишь, что лучшим сырьем для изготовления музыкальных инструментов являются заготовки в радиальном срезе, полученные из деревьев возрастом около 100 лет. Качественная древесина не должна иметь пороков (сучков и свилеватости), должна иметь ровную текстуру, малую плотность.

Глубокие исследования по отбору резонансной древесины проводились в НИИ музыкальной промышленности в 30-е годы прошлого века под руководством профессора Н.Н.Андреева, которым установлена акустическая константа [2], описываемая уравнением 1.

$$K = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}} = \frac{v}{\rho}, \qquad (1)$$

где: K— акустическая константа (константа излучения), м^4/кг•с;

E— модуль упругости, Па;

v— скорость распространения звука в древесине, м/с;

ρ— плотность древесины, кг/м^3.

Из уравнения 1 следует, что лучшим сырьем для производства музыкальных инструментов является древесина с наименьшей плотностью и наиболее высокой скоростью звука в материале.

В работах сотрудников НИИМП [2, 3] показано, что дэка должна обладать наименьшими потерями на внутреннее трение, наибольшим сопротивлением излучения, наименьшей массой (при неизменной основной частоте), наивысшей частотой (при неизменной массе) и, наконец, достаточно большим декрементом затухания (количественной характеристикой быстроты затухания колебаний).

Последующие исследования [4] показали, что константа излучения не однозначная характеристика резонансной древесины. Ввиду анизотропии древесины как материала, скорость распространения звука вдоль и поперек волокон различна, и поэтому на акустические свойства древесины, в первую очередь, влияет соотношение этих величин.

Многие ученые пытались связать акустические свойства древесины с ее макро- и микроструктурой. Считается, что на современном этапе научного знания это наиболее верный путь исследования.

Так как тема статьи лежит на границе искусства и технологии, нельзя получить однозначные выводы по данному вопросу, тем более, что пока в современной науке нет ясности между специалистами в данном вопросе. Всегда существовала субъективность оценок, применительно к результатам эмпирических и практических исследований в области музыки, а теоретические умозаключения до сих пор не дают ответов даже на фундаментальные вопросы. Но существует возможность обойти субъективные стороны этой проблемы и сосредоточить внимание на объективных показателях, среди которых: диапазон частот собственных колебаний заготовки, скорость звука вдоль и поперек волокон и плотность материала.

Предлагается пропитывать заготовки для дек музыкальных инструментов в наноструктурных растворах металлов с целью повышения изотропных свойств древесины.

Список литературы.

1. Bernard Richardson. Guitar making— the acoustician's tale. Proceedings of the Second Vienna Talk, Sept. 19—21, 2010, University of Music and Performing Arts Vienna, Austria;

2. Н.Н.Андреев. О дереве для музыкальных инструментов// НИИМП: сборник трудов.— М.: Издатполиграфбюро, 1938.— Вып.1.— С.13-28;

3. Н.И.Кузин. Константы упругости древесины резонансовой ели// НИИМП: сборник трудов.— М.: Издатполиграфбюро, 1938.- Вып.1.— С.28-43

4. А.В.Римский-Корсаков, Н.А.Дьяконов. Музыкальные инструменты: Методы исследований и расчеты.— М.: Лесн.пром-ть, 1952.— 345 с.

СОЗДАНИЕ НОВЫХ ОБРАЗОВ АТРИБУТИКИ КУЛАЙСКОЙ КУЛЬТУРЫ

Тузовская А.В., Денисова М.В.
Научный руководитель: Утьев О.М., ст. преподаватель.
Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: nusha_tuz@mail.ru

В раннем железном веке на территории Западной Сибири возникла кулайская культурно - историческая общность (V в. до н.э. - V в.). Её формирование протекало на обширной территории Нарымского Приобья. Своё название культура получила по месту находки, в 1922 г., "клада", состоявшего из бронзового котла и мелких бронзовых и серебряных изделий на горе Кулайке в Чаинском районе. Особый интерес представляла художественная бронзовая металлопластика - совершенно уникальное, не имеющее аналогов в мире, явление.

Бронзовая металлопластика кулайцев - уникальное явление в мировой культуре. Её историческая и художественная ценность ничуть не ниже собрания одновременного скифского звериного стиля, широко известного во всём мире. В то же время, кулайская металлопластика остаётся совершенно неизвестной не только широкой мировой общественности, но и - сибирской.

В данном проекте мы развиваем идею предыдущей статьи и предлагаем новые образы художественной продукции по мотивам кулайской культуры.

Первым этапом работы является разработка эскизов моделей кулайской культуры. Для этого были изучены различные существующие экземпляры.

Символы кулайской атрибутики отражали представления человека о мире, основанные на анимистических верованиях. Большую роль играли культы предков, плодородия, промысловый культ.

Отдельное место занимают образы животных и птиц (рис.1). На них охотились, они почитались как наивысшее благо, посланное небом в качестве пищи для обеспечения жизни людей.



Рис 1 Образы кулайских животных и птиц

Изображения людей (рис. 2): фигуры в полный рост с очень схематичными очертаниями туловища и конечностей.



Рис. 2 Образы кулайских фигурок людей

Особое внимание уделялось образам духов покровителей, мифических существ (рис. 3) и т.д.

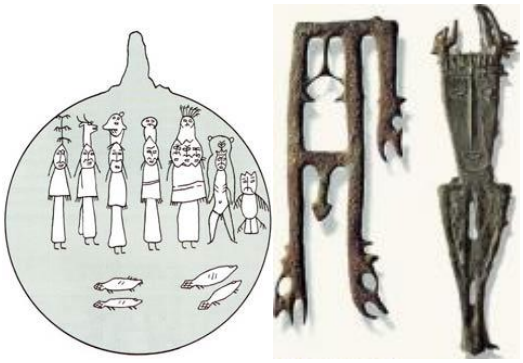


Рис. 3 Образы кулайских духов покровителей, мифических существ

Кулайские изображения, хотя и представляли одно из направлений так называемого "звериного" стиля, общего для архаической стадии большинства народов Евразии, очень отличались техническими и сюжетно-композиционными особенностями. Это плоские односторонние ажурные ("скелетные"), фигурки животных и человека. Им присуща крайняя стилизация и плавность линий. В то же время отдельными штрихами очень точно переданы характерные черты конкретной натуры, что без труда позволяет определить образы лося, медведя, бобра, птицы…

На основе изученного материала были разработаны следующие эскизы (рис. 4)



Рис. 4 Разработанные эскизы

Для изготовления данных изделий используется технологический процесс литья по выплавляемым моделям, так как этот вид литья применяется в случаях изготовления деталей высокой точности. Сущность данного способа заключается в том, что модель отливки и её литниковой системы изготавливают из легкоплавких материалов (парафин, стеарин, воск) путем запрессовки или заливки их в пресс-формы.

Трёхмерные модели (рис. 5) создаются с помощью программы ArtCAM, которая позволяет автоматически генерировать пространственные модели из плоского рисунка и получать по ним изделия на станках с ЧПУ.

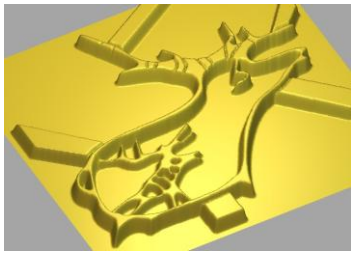


Рис. 5 Трёхмерные модели

Восковые модели (рис. 6) изготавливаются на фрезерно-гравировальном станке.



Рис.6 Восковые модели

Далее восковая модель помещается в опоку, в которую заливается однородная керамическая смесь. Форма прокаливается в течение 1 - 3 часа при температуре 90 - 100 °С, выплавляется модельный состав.

После выплавления воска литейные формы прокаливают в прокалочных печах.

Далее в литейную форму заливается металл. В качестве применяемого металла используется бронза, так как она обладает высокой жидкотекучестью, малой усадкой а также способствует получению отливки с хорошими художественными свойствами.

После охлаждения отливки вынимают и обрабатывют с помощью шлифовальных инструментов.

Готовые изделия представлены на рисунке 7



Рис.7 Готовая отливка.

Мы считаем, что вместе с внедрением европейской культуры были позабыты традиции и богатое наследие наших предков, которое формировалось веками. Кулайская бронзовое литьё – совершенно уникальное, не имеющее аналогов в мире, явление. Никакой другой источник сегодня не передаёт с такой полнотой духовную культуру, мировоззрение, художественный стиль сибирского населения эпохи железного века, как выразительные, эмоциональные, содержательные и очень эстетичные бронзовые фигурки животных, птиц, людей, мифических существ.

Список литературы:

1. Яковлев Я.А.
2.http://museum.trecom.tomsk.ru/win/kulaika/kulaika2.htm

ЗНАЧЕНИЕ ОСТАНОВОЧНОГО КОМПЛЕКСА В СОВРЕМЕННОЙ КОММУНИКАЦИОННОЙ СРЕДЕ

Тузовская А.В., Серяков В.А.
Научный руководитель: Серяков В.А., доцент, к.т.н.
Томский Политехнический Университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: anna.tuzovskaya@gmail.com

Остановочные комплексы сосредоточили в себе целую инфраструктуру и поэтому находятся на пике потребительского спроса. Многофункциональная конструкция объединяет несколько простых малых архитектурных форм, гармонично дополняющих друг друга, как по внешнему виду, так и взаимосвязанной деятельностью.

Различают типы остановочных павильонов по вместимости: 5-10 чел. (малой вместимости); 10-20 чел. (средней вместимости); свыше 20 чел. (большой вместимости). По компоновочным признакам павильоны подразделяют: открытого типа (без заграждающих стен); полузакрытого типа (со стенами, без закрытого помещения); закрытого вида с кассой; закрытого типа с кассой и залом ожидания.

Длину остановочной площадки принимают в зависимости от одновременно стоящих транспортных средств из расчета 20 м на один автобус или троллейбус, но не более 60 м.

Длина посадочной площадки должна быть не менее длины остановочной площадки. Ширину следует принимать в зависимости от пассажирооборота остановочного пункта, но не менее 1,5 м. Посадочную площадку размещают в пределах тротуара или полосы, отделяющей проезжую часть от тротуара. Возвышение посадочной площадки над остановочной площадкой должно составлять 0,20 м. Посадочная площадка должна иметь твердое покрытие не менее чем на 1,5м (рис. 1).

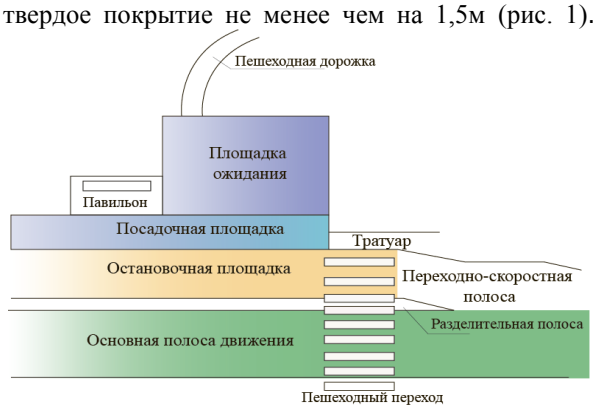


Рис.1 Элементы автобусной остановки

Остановочный комплекс должен учитывать удобства перемещения пассажиров по его основным зонам, обеспечивать визуальную информативность приближающегося автотранспорта, защищать от холода, снега, дождя, жары и других погодно-климатических условий, сделать ожидание максимально комфортным (скамьи, электротабло, голос оповещения, освещение). В то же время, данный объект не должен занимать много места, быть легко доступным для обслуживания и, более того, украшать унылые городские улицы.

Композиционное решение павильона должно быть лаконичным и ясным. Единое стилевое решение автобусных павильонов должно распространяться на целый маршрут автомобильной дороги. В то же время желательны компоновочные варианты, которые будут изменяться в зависимости от местности.

Павильоны, как часть природного ландшафта, должны быть сродни этому краю, его своеобразным культурно-историческим традициям, местным строительным приемам и материалам. Большую роль играет также общее планировочное решение автобусных остановок, их благоустройства и озеленение. Положительное значение могут иметь ландшафтные композиции с использованием естественного или искусственного перепада высот, созданием микрорельефа.

При строительстве автобусных павильонов применяются различные материалы. Чаще всего, в городских условиях остановочные комплексы выполняются в виде стеклянных павильонов на основе надежного каркаса из металлических профилей. Специальное закаленное стекло, обладая большой прочностью, обеспечивает великолепный обзор и создает ощущение значительного свободного пространства.

Также всё большую популярность приобретают такие современные материалы как: сотовый поликарбонат, просечно-вытяжной лист, оцинкованный лист, стеклопластик.

Рассмотрим некоторые автобусные остановки, разработанные за рубежом (табл. 1).

Таблица № 1. Зарубежные остановочные комплексы

Остановочный комплекс	Характеристики (особенности, материалы, дизайн)
 США	- привлекательный дизайн; - громоздкость; - сложность конструкции *материал*: металл

 Франция	- современный дизайн; - небольшая вместимость; - информация о маршрутах; - автоматическая продажа билетов; - светодиодное освещение; - высокая себестоимость *материал*: пластик, металл
 США	- лаконичность, компактность; - наличие озеленения; - отсутствие освещения, информации о транспорте *материал:* метал. профили, сити-формат
 Бразилия	- современный дизайн; - высокий уровень защиты пассажиров; - наличие подъемов для инвалидов; *материал:* стеклопластик, металл
 Япония	- оригинальное решение павильона; - ограниченный обзор транспорта; - вместимость небольшого количества людей *материал*: экологичные строительные материалы

Таким образом, за границей внимание дизайнеров обращено в первую очередь на внешний вид остановки и ее конструкцию, реализуемую за счет современных технологий и материалов.

Далее проанализируем остановки, установленные в нашем городе (табл. 2).

Таблица №2. Остановочные комплексы г. Томска

Остановочный комплекс	Характеристики (особенности, материалы, дизайн)
	- невысокая себестоимость; - длительность эксплуатации; - низкий уровень комфорта и информации;
	материал: метал. труба, сотовый поликарбонат
	- удобство пользования; - стойкость к различным погодным условиям; *материал:* метал. труба, органическое стекло, сити-формат
	- оригинальный дизайн; - недостаточная защита пассажиров *материал:* металлический каркас из профильных труб, органическое стекло
	- плохой обзор транспорта; *материал:* металлический каркас из профильных труб, сайдинг

Остановочные комплексы г. Томска представлены как стандартными современными модулями из профильных металлических труб вместимостью от 10 до 20 человек, так и большими остановочными площадками, рассчитанными на более чем 20 человек и представляющими собой специально построенное сооружение соответствующее архитектуре города.

Инфраструктура города нуждается в современных остановочных комплексах способных быть коммуникационным средством, включающим в себя навигационную систему, расписание маршрутов автобусов, рекламную информацию и многое другое. Также стоит отметить отсутствие оригинальных остановок выполненных по проектам дизайнеров. Остановочные комплексы это лицо нашего города, мы проводим на них достаточное количество своего времени, поэтому стоит их сделать не только удобными и функциональными, но и эстетически выразительными.

Список литературы

1. ГОСТ Р 52766-2007 «Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования»
2. http://www.smartal.ru/garden/oshshestr_rab/bus_stop.shtml
3. http://0909.com.ua/dizajn-ostanovochnyx-pavilonov-v-mire/

КЕРАМИЧЕСКАЯ ПЛИТКА С МЕТАЛЛИЗИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ИЗ ПОРОШКОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ

Тутова С.А., Черевкова Я.В.
Научный руководитель: Котляр В.Д., к.т.н., доцент
Ростовский государственный строительный университет,
344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162.
E-mail: sofya-tutova1992@mail.ru

До недавнего времени керамическую плитку в нашей стране считали только отделочным материалом, и в основном она служила для облицовки ванной комнаты, санузлов и кухни. Цветовая гамма этой плитки выпускалась лишь в бежевом и светло-голубом цвете. Такая плитка производилась в промышленных масштабах и шла на экспорт в другие страны. Однако всё это осталось в прошлом.[1] Сегодня предпочтения у покупателей изменились, а возможности реализовывать новые идеи в строительной индустрии стали гораздо шире. Сейчас керамическая плитка служит не только как отделочный материал, имеющий прочностные, огнеупорные, гигиенические и другие свойства, но и как декоративный материал, способный украсить дом после ремонта, придать новизну, привнести неповторимость и изысканность в домашний уют.

Сегодня рынок предлагает нам огромное количество ярких решений в дизайне керамической плитки. Это:

– плитка под камень, различного размера, формы и цвета (рисунок 1);



Рисунок 1- Плитка имитирующая камень

– плитка под дерево, напоминающая самые разнообразные породы древесины (рисунок 2);



Рисунок 2- Древесная фактура плитки

– монохромная плитка с различными рельефными декорами (рисунок 3);



Рисунок 3- Плитка с рельефом

– плитка, имитирующая текстиль и различные другие варианты (рисунок 4).



Рисунок 4- Плитка имитирующая текстиль

Проведя анализ ассортимента можно сказать, что дизайн совершенствуется и технологии развиваются, следовательно, сегодня можно выбрать плитку практически любой формы, цвета и размера под оригинальное дизайнерское решение.

В качестве технологии получения нового вида керамической плитки мы предлагаем покрытие основы порошковыми полимерными красками с металлическим эффектом.

Порошковые лакокрасочные материалы – многокомпонентные дисперсные системы, состоящие из твердых частиц – пленкообразующей основы и разделяющей их среды – воздуха. Они могут быть непигментированными – лаками и пигментированными – красками. Наибольшее применение имеют краски, образующие непрозрачные (кроющие) покрытия тех или иных цветов. Как и к жидким, к порошковым краскам предъявляется ряд требований, главные из которых – способность к тонкослойному нанесению на поверхность и формированию покрытий, обладающих комплексом необходимых свойств.

Наиболее важными свойствами порошковых красок являются: дисперсионный состав, сыпучесть, слеживаемость, гигроскопичность, насыпная плотность; технологическими характеристиками служат: способность к псевдоожижению, электризуемость, распыляемость и др.[2]

Выпускаемые краски классифицируют по химическому признаку, типу пленкообразователя и назначению покрытий.

В химическом отношении выделяют две группы материалов: на основе термопластичных и на основе термореактивных пленкообразователей.

Первые образуют покрытия без химических превращений. Получаемые из них пленки обратимы – термопластичны и нередко растворимы. Их состав соответствует составу исходного материала. Краски второй группы формируют покрытия в результате сплавления частиц и последующих химических превращений. Такие покрытия необратимы – неплавки и нерастворимы. Их химический состав обычно существенно отличается от состава исходных красок.

Классификация красок по типу пленкообразователя в основном исходит из названия полимера или олигомера, входящего в их состав. Так, говоря о красках эпоксидных, полиэфирных, поливинилхлоридных, полиэтиленовых, понимают, что они изготовлены на основе этих пленкообразователей. По назначению различают краски для получения атмосферостойких, химически стойких, антифрикционных, электроизоляционных и других покрытий.

Порошково-полимерная окраска – это технология, постепенно вытесняющая на рынке традиционные лакокрасочные покрытия. На сегодняшний день в мировой промышленности порошковые краски применяются для обработки около 20 % всех изделий. И этот показатель постоянно растет.

Технология нанесения полимерных порошковых красок – экологически чистая, безотходная технология получения высококачественных защитных и защитно-декоративных полимерных покрытий. Покрытие формируют из полимерных порошков, которые наносят на предварительно нагретую до 200–220°С поверхность плитки в специальной камере напыления. Затем в камере окрашивания частицы порошковой краски при попадании на нагретое изделие расплавляются, проникая в микронеровности поверхности, обеспечивая достаточную адгезию покрытия, сливаются в непрерывную пленку. Нанесенное на плитку покрытие с еще горячей, иногда сохраняющей пластичность или липкость поверхностью покрытия, требует охлаждения для повышения твердости и во избежание повреждений.

Однако краску можно наносить не только сплошным покрытием, возможно также нанесение разнообразных рисунков и орнаментов, что дает дизайнерам и технологам еще больший простор для творческой мысли.

Нами выбрана именно порошковая полимерная краска из-за её основных преимуществ, которые необходимы для достижения нужного эффекта и поставленных целей. Это, прежде всего, экономичность использования. Сокращение количества технологических операций, высокая скорость полимеризации, компактность оборудования позволяют уменьшить площади окрасочных участков. Экономия происходит за счет стоимости растворителей, которые в жидких красках играют роль лишь носителей для пленкообразующих. А также за счет экономии расхода энергии на нагрев и вентиляцию, за счет отсутствия затрат на испарение растворителей и удаление из печей.

Скорость технологии нанесения также является главным преимуществом этих красок. Значительное сокращение времени отвердения покрытий вследствие больших скоростей пленкообразования из расплавов и вследствие того, что сушка однослойного порошкового покрытия производится один раз по сравнению с многократной сушкой в случае многослойных обычных покрытий. Применение этой технологии избавляет от экологических проблем – огнеопасные и токсичные жидкие растворители не используются. Порошковое окрашивание – безотходно за счет практически полного возврата порошка, не осевшего на окрашиваемом изделии, и его повторного использования, что улучшает условия труда.

Прочность и долговечность такие же необходимые качества данного покрытия. Благодаря тому, что в данной технологии на окрашиваемой поверхности полимеризуется слой эластичной пластмассы с очень высокой адгезией, создается ударопрочное покрытие с высокими антикоррозийными и электроизоляционными свойствами. Это покрытие обладает стойкостью к растворам щелочей, кислот и органическим растворителям, с температурным диапазоном работы от -60 до +150 °С. Толщина покрытия лежит в диапазоне 30 – 250 мкм.[3]

В данной технологии возможно использование широкой цветовой гаммы, благодаря наличию более 5000 цветов, оттенков и фактур появляются большие возможности в декорировании покрываемой поверхности. Поверхность приобретает свойства, которые при применении традиционных технологий или недостижимы, или стоимость их в несколько раз выше. Например, золотистый, серебристый и алюминиевый металлик (рисунок 5).



Рисунок 5- Плитка с золотым покрытием

Необходимость в порошковых красках, обладающих металлическим эффектом, на сегодняшний день увеличивается. Больше всего востребованными можно назвать покрытия, которые обладают высоким уровнем декоративности и металлическим блеском. Аналогов среди таких материалов пока нет, и появятся ли они в ближайшем будущем – вопрос спорный, так как современные технологии производства лакокрасочных материалов имеют своеобразные тенденции.

Предложенная нами керамическая плитка с металлизированной поверхностью из порошковых полимерных красителей очень актуальна. Эксклюзивная керамика с металлическим эффектом придаст интерьеру роскошь. И не требуется сплошного покрытия стен, пола – достаточно лишь нескольких вставок.

Керамическая плитка, декорированная полимерными порошковыми красками – это очень яркий, эффектный, роскошный, а главное долговечный материал. Такая плитка будет оставаться оригинальной и востребованной не один десяток лет.

Список литературы:

1. www.library.elitceram.ru
2. www.infrahim.ru

ВТОРИЧНЫЙ ДИЗАЙН В МЕТАЛЛЕ

Федоренко Е.В.
Научный руководитель: Кухта М.С., доктор философских наук.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050 Россия, г.Томск, пр. Ленина,30
E-mail: evgeniya-fedorenko@mail.ru

Современный мир развивается во многих направлениях. Жизнь не стоит на месте. Новые идеи подталкивают ученых к разработкам все более новых технологий изготовления. Люди приобретают новейшие предметы обихода, навсегда забывая о старом… В следствии всего вышесказанного остро встает вопрос о судьбе старых вещей. В большинстве случаев их отправляют на свалку - тонны мусора, которые пришли вслед за обществом потребления, грозят экологической катастрофой. На помощь приходят дизайнеры, которые не остаются равнодушными к проблемам сохранения окружающей среды и вовсю проявляют экоответственную позицию: все больше дизайнеров стали обращаться к старым, давно забытым вещам, давая им новую жизнь, так сказать реинкарнация в новом качестве. Зачастую вещи меняют свои первоначальные функции и служат обществу уже в другом обличии, впитывая в себя прогрессивность современности. В получившихся по-настоящему красивых и оригинальных предметах для интерьера порой трудно узнать то, что еще вчера собирались нести на помойку.

Истоки этой проблемы лежат в прошлом веке: еще конструктивисты делали мебель с трубчатым каркасом из промышленного металлолома, а в 50−е годы Акилле Кастильоне создал безусловные хиты для компании Zanotta – стулья Sella и Mezzadro Рис.1, в которых использовал сиденья велосипеда и трактора соответственно. Сегодня подобные вещи относят к популярному направлению «вторичного дизайна», по-английски ready-made.



а б

Рис.1 Стулья Акилле Кастильоне:
а – Sella, б – Mezzandro

Реди-мейд (англ. ready-made — готовый) Термин впервые введенный в искусствоведческий лексикон художником Марселем Дюшаном в 1913г. для обозначения своих произведений, представляющих собой предметы утилитарного обихода, изъятые из среды их обычного функционирования и без каких-либо изменений выставленные на художественной выставке в качестве произведений искусства. Реди-мейд утверждал новый взгляд на вещь и вещность. Предмет, переставший выполнять свои утилитарные функции и включенный в контекст пространства искусства, то есть ставший объектом неутилитарного созерцания, начинал выявлять какие-то новые смыслы и ассоциативные ходы, неизвестные ни традиционному искусству, ни обиходно-утилитарной сфере бытия. Известные представители этого направления: Марсель Дюшан, Сальвадор Дали, Альберто Джакометти, Хуан Миро, Роберт Раушенберг, Зигмар Польке.[1]

Дизайнеры берут готовые вещи из повседневного быта и полностью меняют их назначение, зачастую даже не меняя формы.

Арт-объект определяется как объект, который представляет художественную ценность. Таким образом, основными показателями качества арт-объекта являются не только показатели технического свойства (масса, габариты, функции и т.д.), но и эстетические показатели (художественная выразительность, эстетическое совершенство или историко-художественная ценность). Арт-объекты создаются в основном не столько как функциональные (утилитарные) вещи, а как вещи, имеющие высокую художественно-эстетическую, либо символическую значимость для их обладателя.[2]

При создании арт-объекта в стиле ready-made дизайнеры используют самые разнообразные техники исполнения. Один из вариантов: сварка.

Сварка – это процесс получения неразъемного соединения двух или нескольких деталей посредством их оплавления, нагрева и деформирования с получением на границе металла прочных кристаллических соединений. Один из методов сварки – аргонодуговая сварка. [3]

Аргонодуговая сварка - способ сварки, при котором сварка производится неплавящимся (вольфрамовым) электродом в среде защитного газа.[3] Аргонодуговой способ сварки отличается высоким качеством сварных швов. На постоянном токе возможна сварка различных углеродистых сталей, легированных сталей и титана, на переменном - алюминиевых сплавов. В качестве источников сварочного тока используются сварочные инверторы или сварочные аппараты, позволяющие проводить аргонодуговую сварку. В качестве сварочных материалов применяются защитные газы (аргон, гелий или их смеси) и присадочная проволока соответствующего химического состава.

На рис.2 представлен типовой участок сварки:

1. Источник сварочного тока.
2. Электрокабель с горелкой.
3. Заземляющий электрокабель с зажимом.
4. Газовый баллон.
5. Выносной блок дистанционного управления.



Рис.2 Типовой участок сварки

На рис.3 представлена схема сварочного процесса аргонодуговой сварки неплавящимся электродом:

Дуга горит между свариваемым изделием и неплавящимся электродом (обычно из вольфрама). Электрод расположен в горелке, через сопло которой вдувается защитный газ. Присадочный материал подается в зону дуги со стороны и в электрическую цепь не включен.

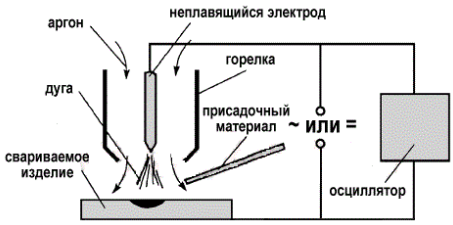


Рис.3 Схема сварочного процесса

Осциллятор для зажигания дуги подает на электрод высокочастотные высоковольтные импульсы, которые ионизируют дуговой промежуток и обеспечивают зажигание дуги после включения сварочного тока. Если аргонная сварка производится на переменном токе, осциллятор после зажигания дуги переходит в режим стабилизатора и подает импульсы на дугу в момент смены полярности, чтобы предотвратить деионизацию дугового промежутка и обеспечить устойчивое горение дуги.

При сварке на постоянном токе на аноде и катоде выделяется неодинаковое количество тепла. При токах до 300А 70% тепла выделяется на аноде и 30% на катоде, поэтому практически всегда используется прямая полярность, чтобы максимально проплавлять изделие и минимально разогревать электрод. Все стали, титан и другие материалы, за исключением алюминия, свариваются на прямой полярности. Алюминий обычно сваривается на переменном токе для улучшения разрушения оксидной пленки.[2]

Сварка в наши дни находит широкое применение в художественных изделиях. Примером может служить рис.4 собачка в Санкт-Петербурге у входа гостиницы «На Садовой».



Рис.4 Сварная собачка у входа гостиницы «На Садовой», Санкт-Петербург

Одной из моделей в стиле read-made является моя модель Рис.5, которая была выполнена с помощью аргонодуговой сварки.

«Стрекоза» представляет собой сварную конструкцию из разного рода металлических изделий. Обрамление крыльев выполнено с помощью металлической цепи, к которой были приварены «жилки» крыльев – стальная проволока. Корпус стрекозы был сформирован на основе гаек разного размера. Переход от туловища к хвосту стрекозы выполнен с помощью пружины, благодаря которой возможны малые колебания. Опорой конструкции служат 4 болта - ножки стрекозы.

В завершении «стрекоза» была окрашена в лаконичные черно – серебряные цвета.



Рис.5 «Стрекоза»

Таким образом, Read-made или «вторичный дизайн» плотно входит в нашу жизнь, оправдывает средства и дает новую жизнь старым вещам.

Литература:

1. Справочник по мировой культуре и искусству. Петкова С.М. 4-е изд. - Ростов н/Д: Феникс, 2007 — 507 с.
2. Кухта М.С. Соколов А.П. Особенности создания и восприятия объектов арт-дизайна. // Дизайн. Теория и практика. – 2013, Вып. 13 – С. 11-16
3. Дизайн. Материалы. Технологии: энциклопедический словарь/ под ред. В.И. Куманина, М.С. Кухта: Учебное пособие. - Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2011 - 320 с. «Дуговая и газовая сварка», В.М. Рыбаков.

ТЕХНОЛОГИЯ ДЕКОРИРОВАНИЯ РОГОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ВНЕДРЕНИЕМ МЕТАЛЛА ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Л .Т. Жукова, А.Е. Федотов
Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна
г.Санкт-Петербург, ул. Большая Морская 18
E-mail: lt_zhukova@mail.ru, fae_www@rambler.

В работе предложен способ декорирования роговых материалов различными цветными металлами, что будет способствовать повышению эстетических свойств художественных изделий из природных материалов и расширению их номенклатуры. Это обуславливает актуальность настоящего исследования.

Ключевые слова: роговые материалы, технологии декорирования

Изделия из кости и рога широко использовались человеком с глубокой древности. Во многом это обусловлено доступностью сырья, получаемого как в результате охоты, так и в результате скотоводства, хорошей обрабатываемостью, а также красотой и долговечностью изделий. Изделия отличались простотой формы и декоративного оформления [1]. По назначению изделия из рога делят на утилитарные: ножи для разрезания бумаги, игольницы, карандашницы, письменные и чернильные приборы, сигаретницы, аптекарские инструменты, портсигары и декоративные: кулоны, перстни, серьги, гребни, запонки, заколки для галстуков, броши и предметы украшения интерьера.

Рог представляет собой слоистый упругий материал, вязкий, термопластичный, прочный. Цвет варьируется от белого, серого, черного до желтоватых, зеленоватых, коричневатых тонов, иногда встречаются полупрозрачные материалы. Переходы таких цветов образуют для каждого рога характерную неоднородность цвета и формирует естественный рисунок [1].

Роговые материалы достаточно технологичны – они поддаются различным механическим операциям и химическим процессам. В основном применяется механическая обработка резанием, давлением, шлифованием, полированием; химическое отбеливание, тонирование, крашение.

При художественном оформлении изделий из рога применяется объемная, плоская и прорезная резьба, глубокое гравирование, инкрустация, выжигание и тиснение. Из монолитной части рога выполняют объемные фигурки, а из полых срезов - рельефные детали и скульптурные наборы художественных изделий.

Декорирование изделий инкрустацией характерно для роговых изделий не имеющим эстетических свойств, например, рог крупного рогатого скота, но встречается инкрустация более ценных роговых материалов панцирь черепахи, рога буйвола для большей выразительности эстетических качеств. В основном декорирование роговых материалов осуществляется ручным способом с применением традиционных методов. Одним из инструментов для обработки рога является бормашина с различными насадками для проведения отдельных механических операций и придания фактуры, нанесения орнамента или сюжетного рисунка. Для соединения материалов в основном применяются клеи искусственного и животного происхождения.

Применение материалов на основе органических соединений, таких как пластмассы, вытеснило роговые материалы из области их применения как аксессуаров для одежды и утилитарных изделий. Это обусловлено способностью синтетических материалов придавать желаемую форму, свойства, окраску, также их достаточно низкой себестоимостью.

Однако известен способ получения литых изделий из рога, в основном из отходов производства [2]. Отходы рогового материала, такие как стружки, непригодные для изготовления изделий или отдельных деталей, перерабатывают в цельные пластинки так называемого литого рога путем химической реакции воды с примесью едкого калия, натра, борной или мышьяковистой кислот. Полученную массу подвергают тепловой обработке под давлением для получения разнообразной формы. Из чистых стружек рога получают сплошную массу: размоченные в воде стружки и кусочки набивают в форму опускают в кипящую воду, постепенно увеличивая давление для получения требуемой плотности [2]. Этот метод позволяет расширить размерный ряд в изготовлении художественных изделий, получить монолитную форму, расширить номенклатуру изделий из рога. Недостатком этого метода является невозможность передачи природной красоты материала, которой обладает монолитный природный материал.

Способ окрашивания роговых материалов придает им большую декоративную значимость [3, 4]. Получая разные цвета и оттенки при окрашивании рога крупного скота можно, например, имитировать панцирь черепахи. Окрашивание производится в разных растворах химических составов для получения желаемого цвета и оттенка. Предварительно перед окрашиванием изделия из рога отбеливают в 30% растворе перекиси водорода для того, чтобы избавиться от пятен и неровности тона. Процесс сушки осуществляют при комнатной температуре. После чего выдерживают в растворе красителя при температуре 90-95 °С в течении 10–20 минут. Однако окрашивание, несмотря на особенные декоративные свойства, подвержено выцветанию [1].

Известна технология декорирования рога инкрустацией торцом проволоки цветных металлов. В зависимости от оттенка роговых материалов подбираются металлы, передающие игру контраста:

медь, серебро, золото, латунь, сталь, бронза, мельхиор, нейзильберг. Для этого по линиям рисунка, орнамента просверливают отверстия для проволоки. Сечение проволоки может быть круглое, квадратное, треугольное, прямоугольное. Диаметр и размеры подбираются в зависимости от задумки автора или по предложенному эскизу. При склеивании разнородных материалов (рог-металл) применяют клей БФ-2, БФ-4, ЭД-20 получая точечный орнамент или рисунок [1].

После затвердевания клея поверхность рога и торцы проволоки обрабатывают на шлифовальном станке, бормашиной на низких оборотах, чтобы не перегреть роговой слой. В основном применяются абразивные ленты светлых тонов т.к. при уплотнении абразива в роговой материал не искажал общий тон. Для работ, где обрабатываемая плоскость преобладает, например, шкатулки, панно, кубки это очень важно. При полировании выбираются полировочные пасты имеющие светлые тона для светлых роговых материалов,

В данной работе предложен способ внедрения металла на поверхность роговых материалов давлением. Способ исключает операцию сверления и склеивания, что упрощает технологию декорирования. При этом уменьшается расход металла т.к. при использовании метода инкрустации проволокой металл для декорирования имеет форму цилиндра и его объем больше, чем металл, внедряемый в форме шара с тем же диаметром. Это экономит расходы на использование драгоценных металлов. При технологии инкрустации методом внедрения металла давлением на поверхность роговых материалов применяют те же металлы и сплавы, что и при инкрустации проволокой.

Технология декорирования роговых материалов внедрением металла под давлением осуществляли следующим образом. Места вдавливания металла обрабатываются по рисунку точечными метками меньшего диаметра, чем диаметр металла. Для подготовки поверхности роговой материал подвергали температурной обработке в муфельной печи при 100-120 °С от 3 до 5 минут или при нагревании в ванне с водой в зависимости от размеров материала и рисунка. За счет этого материал приобретал достаточную пластичность и упругость для внедрения металла. Этапы технологии представлены на *рис 1*. Вдавливание осуществляется вручную.

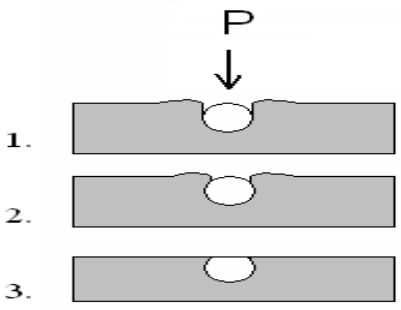


Рис 1. Этапы технологии инкрустации роговых материалов внедрением металла.

Внедрение металла в поверхность рогового материала производится под давлением инструмента, имеющего форму рабочей части в виде вогнутой полусферы для удержания материала на поверхности рогового слоя. Инструмент для внедрения изготавливается из инструментальной стали для обеспечения ему высокой твердости и прочности. Внедряемый материал закрепляется на поверхности за счет силы сжатия рога при остывании. После чего осуществляют окончательную обработку поверхности шлифованием и последующим полированием.

Недостатком этого способа является получение на поверхности рогового слоя других точечных рисунков, где единицей служила бы фигура иначе чем круглой формы. Но в применении драгоценных сплавов золота и серебра это актуально для экономии материала. В остальных случаях применяется инкрустация проволокой или путем применения инструментов вдавливания заключенных в единую форму в матрице. В этом случае матрицы будут представлять с собой очертания геометрических фигур или контуров, в которых будут располагаться отдельные выступы с вогнутой сферой. Таким методом увеличится производительность вдавливания металла в роговой слой, кроме этого можно наносить рисунок в определенном порядке создавая орнамент или композицию, имея размеры и различные формы матрицы с выступами.

Преимущество данного способа декорирования роговых материалов металлом позволит получать рисунки и орнаменты из драгоценных металлов, а также фоновые рисунки, которые не подвержены выцветанию, по сравнению с окрашенными роговыми материалами, повысить эстетические свойства изделий и долговечность. При более обширном исследовании данного способа в дальнейшем можно применять предложенную технологию не только для роговых материалов и других пластических масс для серийного производства. Применение драгоценных металлов позволит вновь использовать роговой материал в качестве ювелирных изделий с более технологичным и экономичным способом.

Литература

1. Нижибицкий, О. Н. Художественная обработка материалов: учебн. Пособ. / О. Н. Нижибицкий – СПб.: Политехника, 2007. – 208 с. И. Каплан. Т. Б. Митлянская – М.: 1984 Высшая школа, – 159 с.

2. Иванов-Даль, И. П. Обработка рога и копыт / И. П. Иванов-Даль, – М.:1925, - 54 с.

3. Калашникова, Н. М. Традиционные промыслы и ремесла народов России / Н. М. Калашникова – СПб.: Дрофа, 2004. – 344 с.

4. Абросимова, А. А. Художественная резьба по дереву, кости и рогу / А. А. Абросимова. Н.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЛИТЬЯ В СОЗДАНИИ ХУДОЖЕСТВЕННО-ДЕКОРАТИВНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

Фролкова Л.В., Воробьева Е.И.
Научный руководитель: Воробьева Е.И., старший преподаватель
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30
E-mail: Titovich@sibmail.com

Целью данного исследования является освоение различных методов литья в создании художественных изделий, с использованием одной формы.

Метод литья - это давно известный и часто применяемый приём в создании тиражируемой продукции, технологический процесс изготовления заготовок (реже - готовых деталей), заключающийся в заполнении предварительно изготовленной литейной формы жидким материалом (металлом, сплавом, гипсом, пластмассой и т. п.) с последующим его затвердеванием. Литьём называют также продукцию литейного производства, художественные изделия и изделия народных промыслов, полученные с помощью литья.

Рассмотрим применение метода литья в изготовлении декоративно – художественных изделий с использованием различных материалов и технологий. В нашем случае будут задействованы следующие основные материалы: гипс, металл, стекло. При помощи одной модели возможно создание нескольких художественно – декоративных изделий с авторским прочтением образа.

Прототипом авторских работ является венецианская карнавальная маска.

Венецианский карнавал – это костюмированный праздник, ежегодно проходящий в Италии. Наивысшего расцвета Венецианские карнавалы достигли в 18 веке, когда танцы на площадях и роскошные карнавальные костюмы стали истинными образцами высокой моды, а главными действующими лицами праздника стали герои итальянской комедии. Отсюда же взяли начало полумаски, которые сейчас носят название венецианских масок.

Маской называется предмет, накладка на лицо, который надевается, чтобы не быть узнанным, либо для защиты лица. Маска своей формой обычно повторяет человеческое лицо. Она использовались с древности в церемониальных, эстетических, и практических целях.

Маски могут изготавливаться из разнообразных материалов: дерева, металла, гипса, Декоративные маски в основном предназначены для украшения помещения. Тема карнавальной маски несет состояние праздника, веселья, некоторой таинственности и приключений. Именно эти характеристики определили тему работы и послужили для выбора прототипа. Основой темой изделий стал образ карнавала, переданный через различные интерпретации маски.

Первый этап состоит из создания эскизов каждой работы. Затем выявляется единый элемент, присутствующий во всех трёх изделиях – лицо человека в маске, повёрнутое в профиль. По эскизу создаётся модель для отливки из пластичного материала. С модели снимается гипсовая форма. Так как профиль модели достаточно сложен, форма состоит из двух частей.

Методом гипсового литья в форму создаются три модели профилей из гипса, каждый из которых послужил основой для изготовления декоративных изделий.

Для того, чтобы снять с пластичной модели гипсовую форму, необходимо обработать её разделительным составом, чтобы предотвратить «слипание» модели с гипсом. После разметки модели выставляются обичайки. В пространство между моделью и обичайками заливается гипс. Так происходит создание формы.

Изготовление первого изделия основано на методе гипсового литья. Из трёх - оно наиболее сложное по замыслу, поэтому для его воплощения созданы дополнительные элементы из пластичного материала: еще один профиль и кисть руки. С них так же сняты гипсовые формы, с последующей отливкой в них гипсовых моделей. Затем детали композиции закрепляются на планшете и декорируются в соответствии с эскизом следующими материалами: тканью, цветным картоном, тесьмой, резервом, акриловыми красителями и фольгой.

В исполнении эта работа наиболее близка к прототипу по образам и фактурам. Однако, в ней стоит отметить интересный композиционный ход – прослеживается несколько сюжетных линий: маска – маска, маска – отражение, маска – отражение – маска. Взаимодействие образов захватывает, заставляет домысливать сюжет, мы как бы становимся участниками действия. Достигается максимальное воздействие на зрителя, в чем и состоит задача автора.

Второе изделие изготавливается методом литья по металлу (силумин). Изготавливается только она модель из металла.

Берем одну ранее изготовленную моделей из гипса, затем наносим на неё графит – разделительный слой. На поверхность модели

наносится облицовочная смесь, после опока заполняется формовочной смесью до краев и утрамбовывается. Досыпается формовочная смесь и уплотняется широким концом трамбовки. Удаляется излишек формовочной смеси с верха опоки металлической линейкой до получения гладкой горизонтальной поверхности. Опока переворачивается. Устанавливается модель шлакоуловителя и припыливается смесь в плоскости разъема графитом, устанавливается модель стояка и выпоров. Засыпается верхняя опока, как и нижняя, формовочной смесью, уплотняется, удаляется излишек смеси и накалываются вентиляционные каналы. У стояка прорезают и выглаживают литниковую воронку. Извлекают, раскачивая в разные стороны, модели стояка и выпоров. Снимается верхняя опока. Прорезаются каналы питателей. Легкими ударами по модели ее осторожно расшатывают и, постукивая по модели металлическим предметом, извлекают из формы. На нижнюю опоку устанавливается верхняя. Устанавливаются грузы поверх собранной формы для того, чтобы давлением жидкого металла не была поднята верхняя полуформа. Далее заливается металл (силумин). Остывшую отливку вынимают из формы, убирают литники и снимают заусенцы с модели бормашиной.

Полученная модель закрепляется на планшете и декорируется деталями из жести, металлической стружки и акриловыми красителями, фольгой.

Вторая работа не так сложна в решении, как первая. Композицию отличает лаконизм, минимум деталировки, фактически монохромное цветовое решение. Но именно за счет этого и достигается задуманное воздействие на зрителя - и в празднике существует обратная сторона. Вторая работа производит на зрителя совершенно обратное впечатление, чем первая. Это подчеркивает нестандартность авторского решения.

В производстве третьего изделия применена технология фьюзинга.

Фьюзинг – (с англ. fuse – нагрев, плавка, оплавление, спекание) – прижившийся в русском языке термин для обозначения целого ряда технологий обработки теплого стекла, которое формуется при температурах от 600 до 900оС.

Спекание стекла – термическое соединение нескольких стеклянных элементов в одно целое. При нагреве до определенной температуры стекло размягчается, и детали изделия спекаются между собой, не изменяя свою форму и взаимное расположение.

Обычно суть технологии фьюзинга заключается в том, что на цельном пласте стекла собирается рисунок будущего изделия из кусочков цветного стекла, стеклянных гранул, шихты, дротов и т.п.

Затем стекло разогревается в специальной печи до температуры ≈ 850 градусов и спекается в цельный пласт. Рельеф и текстуру можно получить несколькими способами, но наиболее распространенный из них – это «формование». Преимущества техники фьюзинга заключается в возможности применения эффекта многослойности и получение рельефа.

Для создания последнего изделия были выбраны подходящие цвета стекла и краски. С помощью стеклореза стекло было разделено на элементы, из которых впоследствии была сформирована работа. Гипсовая маска была покрыта каолином для предотвращения «слипания» гипса и стекла. Сверху было уложено подготовленное стекло. После обжига при температуре 750С был нанесен второй слой краски и обжиг повторен. Для формирования рельефа достаточно температуры 750градусов. После гипсовая маска была отделена от стеклянной.

Полученное изделие как бы вобрало в себя сам дух карнавала – игра цвета, неопределенность, зыбкость происходящего, и вместе с этим, все очень красиво и ярко.

После проделанной работы мы можем сделать следующие выводы: применяя метод литья и используя одни и те же модели возможно создание, совершенно различных по технологиям изготовления, по композиционным решениям, по стилям, декоративно – художественных изделий. Совершенно очевидно, что возможно частичное тиражирование изделий, с последующей авторской доработкой. Это значительно удешевляет производство изделия, не лишая его при этом индивидуальности и эксклюзивности, что особенно ценит покупатель.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Иванов В.Н. Специальные виды литья: Учебное пособие/Под ред. В.С. Шуляка. М., 2007.
2. Литвиенко А.С. Технология фьюзинга. Киев, 2005.
3. Материалы сайта: http://ru.wikipedia.org/wiki/ http://ru.wikipedia.org/wiki/Фьюзинг

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИЗГОТОВЛЕНИИ ОБЪЕКТОВ ДИЗАЙНА - ВИЗУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И МОДУЛЕЙ (ВИСМ) МАЛОЙ АРХИТЕКТУРНОЙ ПЛАСТИКИ

Хмызникова В.А., Осипова Г.Ю.
Научный руководитель: Жуков В.Л., к.т.н., доцент Жуков В.Л.
Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна
Санкт-Петербург Большая Морская 18
E-mail: victoriaalex17@gmail.com, apriory777@gmail.com

Литография была создана в 1798 году Алоизием Зенефельдером в Богемии. Литография — способ печати, при котором краска под давлением переносится с плоской печатной формы на бумагу. В основе литографии лежит физико-химический принцип, подразумевающий получение оттиска с совершенно гладкой поверхности (камня), которая, благодаря соответствующей обработке, приобретает свойство на отдельных своих участках принимать специальную литографскую краску.

Начало всем технологиям быстрого прототипирования положила стереолитография (SL). Принцип SL был изобретен и запатентован Чарльзом Халлом (Charles Hull) еще в 1986 году. Затем Халл основал компанию 3D Systems, которая занималась выпуском соответствующего оборудования. В России работы по лазерной стереолитографии были начаты в 1991 году в научно-исследовательском центре по технологическим лазерам. В 1992-1998гг., после смены экономической формации в стране, в НИЦТЛ АН усилилась ориентация на разработку высоких оптических лазерных и лазерно-информационных технологий, прежде всего, для задач стереолитографии, микро-оптоэлектроники и биомедицины. В связи с отмеченной выше сменой приоритетов в тематике НИЦТЛ, он был переименован в 1998 г. в Институт Проблем Лазерных и Информационных технологий (ИПЛИТ) РАН. В результате в ИПЛИТ РАН была разработана отечественная версия безотходной, экологически чистой технологии прямого формообразования деталей и созданы установки лазерной стереолитографии ЛС-120 и ЛС-250 для оперативного изготовления трехмерных объектов (изделий) практически любой степени сложности из отверждаемых под действием лазерного излучения полимерных (в том числе композитных) материалов. Стереолитографические системы производят точные фотополимерные твердотельные объекты из трехмерных CAD данных.

Стереолитографии базируется на создании объемно-пространственных композиций, в то время как, литография ограничивается плоской печатью – это является главным отличием этих технологий.

Основой стереолитографии является локальное изменение фазового состояния однородной среды (переход «жидкость – твердое тело») в результате фотоинициированной в заданном объеме полимеризации. Суть фотополимеризации состоит в создании с помощью инициирующего (в данном случае лазерного) излучения в жидкой реакционно-способной среде активных центров (радикалов, ионов, активированных комплексов), которые, взаимодействуя с молекулами мономера, инициируют рост полимерных цепей. Следствием этого является изменение фазового состояния среды, то есть в облученной области образуется твердый полимер. Данная технология была использована нами для создания модели фасадной вывески – рисунок 1. Далее в качестве примера будет рассматриваться только фрагмент надписи выполненный на стереолитографической машине ЛС-250.

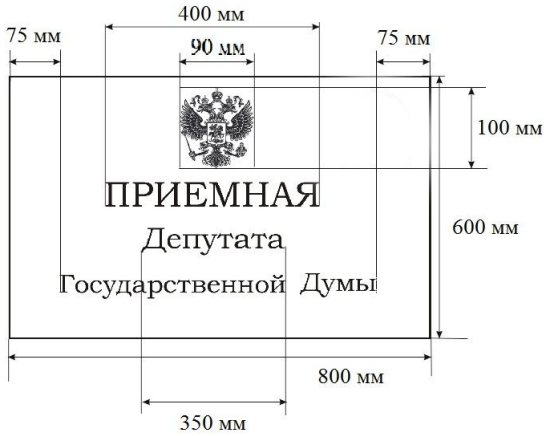


Рис. 1. Чертеж фасадной вывески

ЛС-250 состоит из резервуара с жидкой фотополимеризующейся композиции (ФПК), из подвижной горизонтально расположенной платформы, которая находится в этом резервуаре, а также из лазера, который переносит информацию о слоях непосредственно на поверхность фотополимера. Схема такой лазерной установки показана на рисунке 2. Технические характеристики ЛС-250 приведены в таблице 1.

Таблица 1. Некоторые технические характеристики ЛС-250

Максимальные габариты (x/y/z)	250×200×350	мм
Точность изготовления	0,1 – 0,15	мм

Фотополимеризующаяся композиция — многокомпонентная смесь, которая имеет способность полимеризоваться под действием лазерного излучения. Для работы была выбран афотополимеризующаяся жидкость на основе акриловых олигомеров – НИЦТЛ-1. В таблице 2 представлены её основные характеристики.

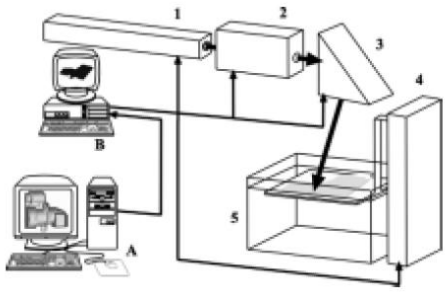


Рис. 2. Схема установки лазерной стереолитографии на основе непрерывною HeCd лазера: *а* – компьютерное моделирование и подготовка данных для системы управлении установкой; *в* – управляющий компьютер; *1* - HeCd лазер; *2* - акустооптический затвор; *3* - двухкоординатный (X-У) сканатор; *4* - элеватор (Z-кордината); *5* - емкость с жидкой фотополи-меризующейся композицией

Таблица 2. Основные характеристики разработанной в России ФПК

Параметр	НИЦТЛ-1
Основа	Акрилат
Плотность, г/см^3	1,195
Вязкость, сП	190-260

В технологии быстрого прототипирования нет необходимости отверждать весь объём целиком. Наоборот, необходимо «склеивать» на каждом слое только элементы тела детали и оставлять жидким окружающее пространство. Для этой цели в установке применен управляемый лазерный пучок, который и «указывает», каким зонам нужно полимеризоваться, обходя ненужные. Лазер является основным рабочим элементом стереолитографии, который последовательно «вычерчивает» плоскость сечения объекта на поверхности ёмкости со светочувствительной ФПК. Жидкий фотополимер отвердевает только там, где его касается лазерный луч - рисунок 3. Машина ЛС-250 использует в работе гелий-кадмиевый (He-Cd) лазер ультрафиолетового спектра длинной волны 350 нм. Диаметр лазерного пучка - 0.3 мм. Соотвественно, элементы меньше 0.3 мм просто невозможно нарисовать на поверхности ФПК.

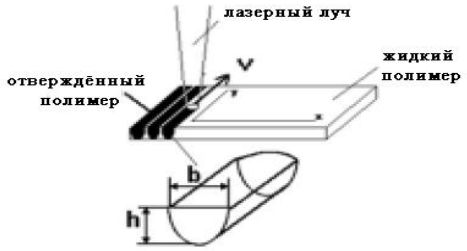


Рис. 3. Формирование на поверхности ФПК следа из отверждённого полимера

Перед началом работы со стереолитографией исходные данные предоставляются в виде чертежей на рисунке 4. Приступая к работе со стереолитографией нужно создать компьютерный образ фрагмента надписи, разбить этот фрагмент на тонкие слои, рассчитать траекторию движения лазерного луча и последовательность воспроизведения поперечных сечений.

Программное обеспечение для лазерной стереолитографии должно обеспечивать просмотр и редактирование компьютерных образов объектов в формате STL, который является общепринятым входным форматом для установок лазерной стереолитографии, формировать технологические подпорки, своего рода строительные леса, необходимые для фиксации послойно изготавливаемой детали и всех ее элементов на платформе в процессе ее изготовления.

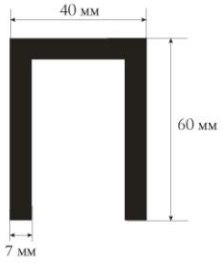


Рис. 4. Исходные данные, представленные в виде чертежа

В настоящее время пакет программного обеспечения позволяет изготавливать пластиковые модели трехмерных объектов если они представлены:

— в виде файлов в STL, DXF, IGES-форматах;
— в виде файлов компьютерных томографов, координатно-измерительных машин и других типов зондирования трехмерных объектов.

На кафедре Института Прикладного Искусства имеется возможность работы с программным обеспечением Delcam ArtCAM Pro в котором, можно создать трехмерную модель изделия как поеазано на рисунке 5 и передать данные по компьютерной сети INTERNET в форматах STL, DXF на управляющий компьютер установки лазерной стереолитографии , представленной на рисунке 6.

Для выращивания модели высотой 20 мм потребуется 133 сечения (слоя). Толщина одного сечения составляет 0,15 мм. Такой тонкий слой позволяет вырастить точную, «гладкую» поверхность модели.

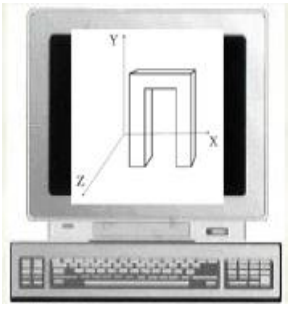


Рис. 5. Создание трёхмерной математической модели детали



Рис. 6. Подготовить управляющую программу (ориентация модели, задание машинных параметров, автоматическое создание элементов поддержки и расслаивание)

Платформа, на которой «выращивается» деталь, устанавливается ниже поверхности ФПК на расстоянии равном толщине первого слоя, как показано на рисунке 7. Процесс «выращивания» одного слоя занимает 20 секунд, т.к. на каждом слое нужно сделать подготовительные операции. На поверхности ФПК формируется изображение соответствующее первому сечению объекта, в облучаемой области образуется пленка твердого полимера. После завершения формирования первого слоя платформа с пленкой опускается на расстояние равное толщине следующего слоя - рис. 8. Затем нужно переместить нож по поверхности, разглаживая вязкую жидкость – полимер растекается ровным слоем и на его поверхности воспроизводится изображение соответствующее второму сечению детали - рисунок 9.

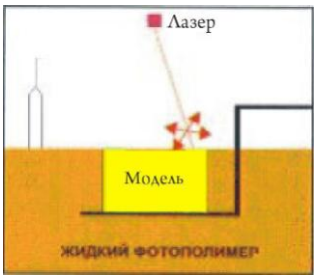


Рис. 7. Построение детали лучом лазера на поверхности жидкого фотополимера

Параметры инициирования выбираются таким образом, чтобы второй слой надежно «приклеился» к первому. Далее платформа перемещается на расстояние равное толщине следующего слоя и процесс повторяется до тех пор пока не будут изготовлены все слои. После завершения формирования последнего слоя платформа поднимается над поверхностью ФПК. Послойно выращенная модель снимается с платформы, с её поверхности удаляются следы жидкой ФПК и модель помещается в печь для дополнительного отверждения смолы.

Лазерная мощность составляет 150 мВ (чем она больше, тем быстрее идет процесс полимеризации). Готовые модели выдерживают нагрев до 100 °С без изменений формы и размеров. Отверждённый фотополимер легко полируется. Прочность готовых деталей сравнима с прочностью изделий из отвержденных эпоксидных смол.

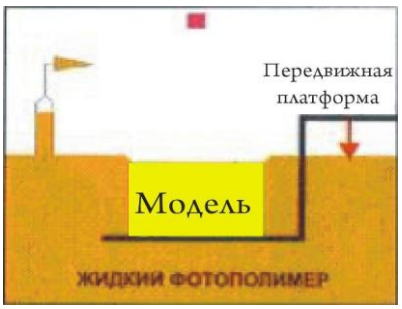


Рис. 8. Платформа с моделью погружается в полимер на толщину слоя

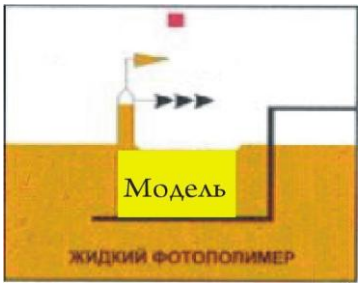


Рис. 9. Устройство проходит над поверхностью модели и наносит слой жидкого фотополимера

Преимущества:

- установка полностью автоматизирована;
- высокая точность воспроизведения модели;
- острые края моделей заполняются полимером, что уменьшает склонность к расслоению;

Лазерная стереолитография позволяет получить очень сложные цельно выращенные модели. Практически же ограничения по форме связаны только с невозможностью вырастить детали с полностью изолированными внутренними полостями. Точнее, вырастить-то можно, но при этом в полости останется не удаленная жидкая смола, которая в дальнейшем полимеризуется.

Литература:

1. Панченко, В.Я. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок/В.Я. Панченко – М.: Физматлит, 2009. - 664 с.
2. Промышленное применение лазеров/Под ред. Г. Кёбнера; пер. с англ. А.Л. Смирнова; Под ред. И.В. Зуева. – М.: Машиностроение, 1988. – 280 с.
3. Лазерное излучение. Под общ. ред. В.Я. Гранкина. – М.: Воениздат, 1977. – 192 с.
4. Страховский, Г.М. Основы квантовой электроники. учеб. Пособие/Г.М. Страховский, А.В. Успенский. – М.: Высшая школа, 1973. – 312 с.
5. Вейко, В.П. Лазерная обработка плёночных элементов / В.П. Вейко. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1986. – 248 с.

ЗВЕРИНЫЙ СТИЛЬ В ЭТНОДИЗАЙНЕ МЕДНО-БРОНЗОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ДРЕВНИХ НАРОДОВ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Черных Н.В.
Научный руководитель: Старова О.В., доцент
Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления,
670013, Республика Бурятия, г.Улан-Удэ, ул. Ключевская, д. 40В
E-mail: sov1204@mail.ru

Зооморфные изображения появились в большом количестве уже на начальных этапах развития искусства и были излюбленными образами художников-мастеров бронзового и железного веков. Это подтверждают памятники древнего искусства от наскальных изображений, тотемизма (обожествление животных как предков людей) и изделий прикладного искусства, в частности художественных изделий из металла. Орнаментальные мотивы традиционного искусства народов Забайкалья являются отголоском древнего звериного стиля эпохи ранних кочевников.

В Забайкалье появление искусства скифо-сибирского звериного стиля связано с распространением здесь одной из первых древнекочевнических археологических культур – культуры *плиточных могил*, уникальной в своем роде, как считает Н.Н.Диков [3]. Этот автор утверждает, что население долины Селенги перешло к использованию железа еще в дохуннский период. Этому способствовали месторождения железных руд, в изобилии присутствовавших в бассейне реки Селенги.

Плиточные могилы, разграбленные еще в древности, все же дают возможность установить, что представители этой культуры, были прекрасными мастерами-литейщиками, кузнецами.

Медно-бронзовая металлургия культуры плиточных могил опиралась на предшествующий опыт карасукцев, глазковцев и других племен, современных им; так или иначе принято считать Забайкалье крупным центром древней металлургии бронзы в Восточной Азии, оказывавшим влияние на все соседние области.

Древние племена культуры плиточных могил не исчезли бесследно, их культура была частично ассимилирована, частично вытеснена на север племенами хунну. Возможно, часть первых вошла в состав предков современных бурятских племен.

Культура плиточных могил соседствует, ассимилируется, затем поглощается культурой кочевой державы хунну (III в. до н.э. – I в. н.э.).

На основе использования местных месторождений медных и железных руд у хунну территории Забайкалья было развито достаточно широко местные производства. Среди большого разнообразия их погребального инвентаря особое значение имеют художественные изделия бронзолитейного производства, зачастую украшенные позолотой. Появление железа затормозило развитие бронзолитейного производства и изготовление орудий в силу преимущества железа над цветными сплавами. Но цветные металлы из-за своих физико-химических свойств оставались доминирующими в изготовлении украшений и культовых предметов. Активному использованию в быту изделий из металла способствовали не только высокий технологический уровень металлургического и литейного производства, но и близость источников сырья (медные, железные руды, серебро, золото) [9].

Степной звериный стиль в декоративном искусстве хунну является привнесенным из вне ираноязычными скифами, у которых звериный стиль достиг наибольшего расцвета и стал характерным для скифов Северного Причерноморья, Средней Азии, Алтая и лишь отчасти Забайкалья в период I тысячелетия до н.э.. Материал по художественному творчеству хунну довольно разнообразен и вполне самобытен. Он, в полном смысле слова, относится к искусству звериного стиля.

Многими исследователями культура хунну не включена в скифо-сибирскую культурно-историческую общность ввиду того, что она хронологически выходит за рамки скифского времени. С ней связывают наступление новой для евразийских степей эпохи – хунно-сарматской, характеризующейся крушением скифо-сибирского единства. Поэтому искусство звериного стиля хунну считается отголоском скифо-сакских художественных традиций. Сторонники изложенной концепции, не придавая должного значения комплексному рассмотрению всей триады (главного объединяющего комплекса вещей: предметы вооружения, принадлежности конского снаряжения и звериный стиль в изобразительном искусстве), основное внимание уделяют происхождению только искусству скифов, и истоки его видят в шумеро-вавилонских древностях.

Своеобразие хуннского прикладного искусства среди других культур Евразии заключается, прежде всего, в самобытности изображаемых сюжетов, среди которых преобладает специфическая для Центральной Азии фауна: горный баран и козел, як и бык, кулан и лошадь, орел и гриф, волк и лось. В своем центральноазиатском регионе на фоне предшествующих культур звериный стиль хунну выделяется сложностью композиции, тенденцией к декоративности, т. е. чертами зрелого звериного стиля. Хунну явились той средой, где

доживало свой век это великое искусство евразийских кочевников [7].

В основу звериного стиля хунну легли изображения реальных или мифических животных в определенной позе или борьбе между собой с достаточным многообразием жанров и стилей изобразительного искусства, многие находки этого стиля у хунну идентичны скифским, но есть и уникальные, присущие только хунну, так, изображение схватки двух лошадей, чего нет у скифов [6]. Наряду со скифо-сибирским звериным стилем у хунну известны находки иного стилистического направления, прежде всего, примерами здесь служат три серебряные пластины из Ноин-Улы с рельефными изображениями яков и оленя; поза животных – в профиль с повернутой в фас головой, закинутой назад на спину, их самобытность признает М.И.Артамонов [1]. Уникальны также единичные находки из бронзы и золота лошадей, бычьих голов, запечатленных в ажурных бронзовых пряжках, изображения медведей на бронзовых пуговицах и многое другое. И все же материальная культура скифов и хунну в целом представляет общность, которая проявляется в единстве и сходстве оружия, конского снаряжения и искусства звериного стиля.

Древние мастера решали в своих изделиях самые сложные задачи композиции, размещая зооморфные изображения на ограниченном формой изделия пространстве и с максимально заполненной поверхностью. Е.Ф. Королькова [8] отмечает: «Иногда произведения звериного стиля включают множество образов, блестяще соединенных в декоративную замысловатую композицию, похожую на изобразительную головоломку». Далее автор констатирует, что «…стилизация фигур, несущая в себе те или иные изобразительные традиции, обусловлена также и прикладным характером искусства евразийских кочевников. Благодаря этому художественному приему достигается гармония изображения с формой предмета» [8, с.3]. Животные изображались в виде одиночных фигур и в сценах борьбы или терзания; их причудливые позы следуют принципу замкнутого, компактного силуэта. М.И. Артамонов [1] определяет эту особенность следующим образом: «Это стиль искусства, …поражающий своей приспособленностью к ограниченным, заранее данным формам …и использованием пространства, компактностью и экономной четкостью контуров. Замечательно умение передавать характерные черты животного, в конечном счете, условными формами. Замкнутое построение фигуры, несмотря на жизненность образа, приводит к упрощению и деформации, соответствующим ее декоративному назначению».

Стремление к максимально заполненной поверхности в ограниченном пространстве приводило к тому, что контур одного зверя вписывается в другой и продолжается в третьем. В подобных изображениях «переплетающиеся» звери имеют общие детали – головы, глаза, уши, копыта. В данном случае , стилизация объединяет разные формы в один декоративный образ зверя.

Дизайн накрепко привязан к культурным традициям. Современное искусство, избирательно наследуя культурные традиции предшествующих эпох, использует их, сохраняя отчасти композиционный прием и символическое содержание, как это мы прослеживаем в бронзовой пластике современных бурятских скульпторов Даши Намдакова и Бато Дашицыренова. Подсознательная стилизация и искажение естественных пропорций животных, которым придаются вычурные условные позы, не соответствующие реальности, но усиливающие выразительность и декоративность изображения, все это является реминисценцией звериного стиля древних культур Забайкалья.

Таким образом, искусство звериного стиля возникло при определенных условиях именно в кочевнической среде, которая, впитав элементы изобразительных традиций, конструктивно использовала их для создания собственной образной системы и изобразительных приемов.

Библиография

1. Артамонов М.И. Происхождение скифского искусства // Советская археология. 1968. №4. С.27-45.
2. Дашибалов Б.Б. На монголо-тюрском пограничье (Этнокультурные процессы в Юго-Восточной Сибири в средние века) / Б.Б. Дашибалов. – Улан-Удэ, 2005. – 202 с.
3. Диков Н. Н. Бронзовый век Забайкалья — Улан-Удэ, 1958;
4. Историко-культурный атлас Бурятии / Науч. ред. Н.Л.Жуковская. – Основной том – М.: «Дизайн. Информация. Картография», 2001. – 606 с.
5. История Сибири с древнейших времен до наших дней / Ред. А.П.Окладников, В.И. Шунков. – Т.1. – М.: Наука, 1968. – 454 с.
6. Коновалов П.Б. Хунну в Забайкалье / П.Б. коновалов. – Новосибирск, 1976. – 218 с.
7. Коновалов П.Б. Центральноазиатский очаг скифо-сибирского культурно-исторического единства // Историко-культурные связи народов Центральной Азии: Сб.ст. – Улан-Удэ: Изд-во БФ СО АН СССР, 1983. – С. 29-35.
8. Королькова Е.Ф. Звериный стиль Евразии. Искусство племен Нижнего Поволжья и Южного Приуралья в скифскую эпоху (VII – IV вв. до н. э.). / Е.Ф. Королькова. – СПб., 2006. – С.3.
9. Симухин А.И. Технологические традиции в производстве изделий из цветного металла в Забайкалье (II тыс. до н.э. – XIX в.): Автореф. дис. … канд. техн. наук. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2006. – 22 с.

ПОИСК ОБРАЗА КАК ЭТАП СОЗДАНИЯ ПРОИЗВЕДЕНИЯ ОРУЖЕЙНОГО ИСКУССТВА В ТРАДИЦИЯХ ЗЛАТОУСТОВСКОЙ ШКОЛЫ

Шадрин З.А
Научный руководитель: Куликовских С.Н., к.и.н., доцент
Южно-Уральский государственный университет (НИУ), филиал в г. Златоусте,
456209, Россия, г. Златоуст, ул. Тургенева, 16
E-mail: snk.zlat@yandex.ru

В современном оружиеведении произведения оружейного искусства классифицируют по основным стилистическим направлениям: историческое, национальное, памятное, охотничье, авангардное. Введение в оружейную композицию литературного элемента – безусловная новация в современном оружейном искусстве [1, с. 11], поскольку у каждой подобной работы существует особый «подтекст». В силу возрастающего количества и повышенного интереса, клинки, созданные на литературной основе, также можно выделить в отдельное стилистическое направление современного авторского украшенного холодного оружия.

В искусстве Златоуста также известны предметы, созданные на литературной основе. Так, в 1973 г. художник-гравёр Г.М. Берсенев разработал композицию декоративного блюда «Каменный цветок», в 1998 г. по эскизам О.В. Аверкина, в основу положены сказки А.С. Пушкина, создан ларец из металла и уральского камня. К предметам оружейного искусства, украшенным миниатюрами,, сюжетная линия которых навеяна литературным мотивам, относятся произведения златоустовских мастеров, созданные на рубеже XX–XXI вв.: нож «Золотое руно» (Г.Мануш, Н. Павлючкова, 2000) (рисунок 1), меч «Подвиги Геракла» (В. Тычкин, 1999), кортик «Алые паруса» (ООО «Грифон»), стилет «Снежная королева» и нож «Персей» (ООО «КХО», 2005, 2007), кинжал «Доблестный идальго» (ООО «ЗОК», 2006). В 2010 серию миниатюр для убранства сабли по мотивам стихотворения М.Ю. Лермонтова «Бородино» разработал студент ЮУрГУ С. Соловьев



(Дипломная работа, 2011).

Рисунок 1 – Г.Мануш, Н. Павлючкова. Нож «Золотое руно». МДПИ «ЛИК». Златоуст, 2000

Как в произведении оружейного искусства воплотить слово автора, сохранить (выдержать) стиль эпохи и проявить свое авторское видение? Отчего отталкиваться при решении столь нелегких задач? Действительно, данное направление в современном авторском оружейном искусстве представляется одним из сложных, поскольку требует соединения литературного слова и художественного мастерства ремесленника, их взаимопроникновения и, наконец, воплощения в материале.

Мы также решили испробовать свои силы. Первым опытом стал эскиз настольной композиции «Каменный цветок» (рисунок 2).



Рисунок 2 – З.Шадрин. Эскиз настольной композиции «Каменный цветок»., 2010

Первоисточником для следующей работы послужила эпическая поэма английского писателя XVII в. Джона Мильтона «Потерянный Рай» [2]. Имя выдающегося английского поэта, мыслителя и публициста Джона Мильтона (John Milton, 1608 – 1674) занимает особое место во всемирной литературе. Его творчество оказало глубокое влияние на развитие европейской общественной мысли и литературы последующих эпох. В основу поэмы легли библейские предания о восстании Сатаны против Бога и грехопадении первых людей. Поэма переведена на многие языки, включая, русский, неоднократно переиздавалась и иллюстрировалась, в том числе выдающимися гравёрами XIX в. Уильямом Блейком

(Англия) и Гюставом Доре (Франция). Произведение о борьбе добра и зла поражает художественным мастерством, космической масштабностью охвата событий, сочетанием страстности и психологизма. В поэме сочетаются две художественные системы, доминировавшие в XVII в.: барокко и классицизм, которых будем придерживаться и мы, разрабатывая нашу тему.

Упоминание Дж. Мильтоном двуручных и огненных мечей [3, с. 177, 179, 180, 324, 371], характерные признаки которых совмещает громадный двуручный меч фламберг (Flamberge) (рисунок 3), предопределило выбор оружейной основы для реализации замысла. Фламберги, с лезвием «волне подобном», как нельзя лучше подходят для олицетворения грандиозности изображаемого действия и передачи смысла. Итак, форма найдена.

Работа над содержанием будущего изделия оказалась самым сложным и наиболее волнительным этапом. По авторскому замыслу рукоять венчает тема Небес и Создателя. Бóльшая часть украшений фламберга сосредоточена вокруг гарды меча: в центре

крестовины – стилизованная тема первородной четы Адама и Евы, на пяте или рикассо – тема Ада и падения ангелов. В данном проекте, ради сохранения идеи, умышленно допущена «перевернутая» схема расположения изображений на клинковом оружии.

В композиции темы Небес и Создателя центральное место отведено образу «Всевидящее око», сложному аллегорическому символу Всевидящего Бога. Вписанное в треугольник, оно является не каноничным изображением Троицы.

От навершия вниз по рукояти меча спускается витой металлический шнур, символизирующий золотую цепь, на которой, согласно тексту Мильтона, был подвешен новосозданный мир [3, с. 81]. Этот мир и является средоточием всего украшения и расположен в центре крестовины (рисунок 3). Композиционно Эдем заключен в круг, внутри которого расположено стилизованное древо познания Добра и Зла, в кроне которого – Адам и Ева.

По парирующей дужке в образе Змея к первородной чете подползает Сатана, держащий во рту яблоко. Он ползет снизу, сквозь врата Ада, (так украшены парирующие крюки фламберга). По бокам врат расположены изображения их сторожа: Смерть и Грех. В нижней части композиции изображен падший ангел, с поднятого копья которого поднимается вверх Змей.



Рисунок 3 - Ландскнехт вооруженный фламбергом

Работа над эскизом продолжается. Грандиозное произведение Дж. Мильтона требует глубокого проникновения в материал, осознания и осмысления колоссального объема информации и воплощение ее в материале, в конкретном изделии. Неоценима консультационная помощь специалистов: заслуженного художника РФ, ведущего художника художественной мастерской «Златоустовская оружейная фабрика» Ю.Б. Рябкова и заслуженного художника РФ, главного художника МДПИ «ЛИК» Г.И. Мануша.

Таким образом, в искусстве художественного металла Златоуста набирает силу новое направление. Поиск образа, сопряженный с темой или мотивом литературного произведения, работа сложная, но примеров удачного решения достаточно и это вселяет уверенность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Клинки России 2004. Современное авторское холодное оружие: Каталог выставки 6 апреля–15 мая 2004 года. – М.: Художник и книга, 2004. – 72с.
2. Иллюстрация ножа «Золотое руно» – http://lik.lik.ru/
3. Джон Мильтон. Потерянный рай. Вступительная статья А. Аникст. – М.: Художественная литература, 1976. – 574 с.

СОЗДАНИЕ АВТОРСКИХ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ПОДВЕСОК «РЫБЫ»

Шишова А. А., Оголь И. И.
Научный руководитель: Утьев О.М., ст. преподаватель.
Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: bembe91@mail.ru

История украшений уходит вглубь веков. Первобытные подвески нельзя было назвать украшениями в полном смысле этого слова. Они имели, скорее, защитно-отпугивающее назначение. Так, охотник, убив тигра, нанизывал его зубы на веревку и надевал на шею, веря, что таким образом защищает себя от злых духов и хищных зверей.

Позже, в античную эпоху, подвески стали играть чисто декоративную роль. Декоративное значение подвесок сохранилось до наших дней, хотя в некоторых случаях носит элементы защиты или оберега.



Рис. 1 Украшение с изображением рыб [3].

За образ своих подвесок была взята тематика рыб. С древних времен рыба занимает важное место в жизни человека. С каменного века многие народы делали рыбу главным источником пищи. Не удивительно, что рыба заняла место не только на столе практически всех народов мира, но и стала частью материальной и духовной культуры. У многих народов мира рыба имеет большое символическое значение и в разных традициях считается священной. Рыба, как символ, несет в себе глубокий смысл, ее называли "птицей земли" и считали посредником между небом и землей.

В буддизме рыба символизирует свободу от желаний и привязанностей. В японских мифах гигантский сом плывущий в мировом океане, представляет собой опору земли. В Индии символ рыбы означал новое рождение и являлся атрибутом похоронных ритуалов.

В Египте рыба ассоциировалась со злосчастием, олицетворяла преступление, страх, а в Древнем Китае рыба считалась символом счастья и изобилия. В иудейской традиции рыба является символом Мессии.

В христианстве рыба становится символом Христа. Было замечено, что если сложить первые буквы слов "Иисус Христос, Божий Сын, Спаситель", написанных по-гречески, то образуется греческое слово IXOYS, "рыба" (рис.2)

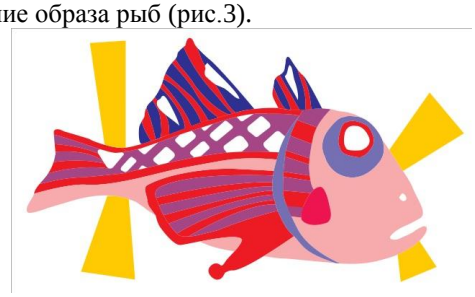


Рис.2 Стилизованные изображения рыб [2].

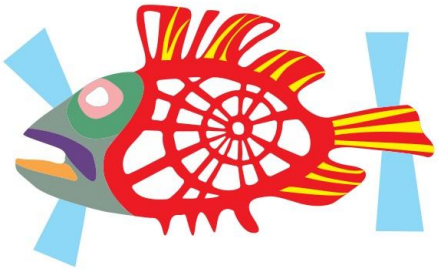
В своем проекте я основываюсь на идее создания художественных подвесок с символикой рыб и предлагаю технологию для её тиражирования.

Для изготовления данных подвесок используется технологический процесс литья по выплавляемым моделям, так как этот вид литья применяется в случаях изготовления деталей высокой точности. Сущность данного способа заключается в том, что модель отливки и её литниковой системы изготавливают из легкоплавких материалов (парафин, стеарин, воск) путем запрессовки или заливки их в пресс-формы.

В данной работе первым этапом является разработка эскизов модели подвески, а именно создание образа рыб (рис.3).



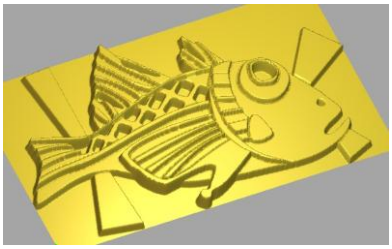
а)



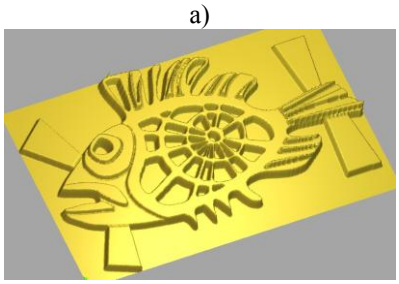
б)

Рис.3 Эскизы подвесок с литниковой системой.

Трёхмерная модель подвески (рис.4) создаётся с помощью программы ArtCAM, которая позволяет автоматически генерировать пространственные модели из плоского рисунка и получать по ним изделия на станках с ЧПУ.



а)



б)

Рис.4 3D модели подвесок.

Восковая модель изготавливается на фрезерно-гравировальном станке Roland MDX-40A. Это настольная система быстрого изготовления прототипов из широкого спектра материалов с высокой точностью и хорошим качеством обработки поверхности.

На данный станок, возможно, устанавливать как 3D сканер, так и поворотную ось. Что позволяет выполнять оцифровку трехмерных объектов и их последующую четырех стороннюю обработку и делает его наиболее удобным инструментом для создания прототипов.

Далее восковая модель помещается в опоку, в которую заливается однородная керамическая смесь. Затем на вибро – вакуумном столе, для удаления воздуха, опоку с керамической смесью вакуумируют в течение 2 - 3 минут; одновременно в металлические опоки устанавливают модельные блоки. Опоки затем помещают в установку, заливают формовочной смесью и снова вакуумируют 2 - 3 минуты.

Далее форма прокаливается в течение 1 - 3 часа при температуре 90 - 100 °С, выплавляется модельный состав. Воск обычно собирают в поддон из нержавейки, помещенный на дно муфельной печи, поддон вынимают, воск используют повторно.

После выплавления воска литейные формы прокаливают в прокалочных печах по особым режимам: нагрев от 20 до 150 °С в течение 0,5 часа, выдержка при температуре 150 °С в продолжение 3 часов; нагрев от 300 до 700 °С в течение 3 часов, выдержка при температуре 750 °С в течение 3 часов.

Далее в литейную форму заливается металл. Температура жидкого металла должна быть выше температуры плавления на 50-200 градусов в зависимости от сплава и формы изделий. Невысокая температура не даст металлу хорошо пролиться, большой перегрев и наличие кислорода дает поры. В качестве применяемого металла используется бронза, так как она обладает высокой жидкотекучестью, малой усадкой а также способствует получению отливки с хорошими художественными свойствами.

После охлаждения отливки выбивают из литниковых форм, очищают от формовочной смеси.

Полученная отливка (рис.5) обрабатывается с помощью шлифовальных инструментов.



Рис.5 Готовые отливки.

Тиражирование подвесок производится следующим образом:

- готовая отливка запрессовывается в металлическую опоку с резиной и устанавливается в печь для вулканизации резины и образования пресс-формы;
- отливка извлекается из пресс-формы, в которую затем запрессовывается расплавленный воск;
- сборка восковых моделей на один общий стояк производится наплавлением; стояк с прикрепленными к нему моделями устанавливается в опоку;
- далее процесс аналогичен получению первой отливки.

Авторские украшения - не просто создают завершенность образа человека, но и способны подчеркнуть его индивидуальность.

Список литературы

1. http://www.industrialtimes.org/en/press-/73-2010-07-12-10-40-41.html
2. http://www.livemaster.ru/item/1525742-aksessuary-remen-s-molitvoj-pryazhka-ryba
3. http://www.lilyth.ru/product/podveska-ryba/

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ГАЛЬВАНИЗАЦИИ В ЗЛАТОУСТОВСКОЙ ГРАВЮРЕ НА МЕТАЛЛЕ

Шулаков А.Ю.
Научный руководитель: Куликовских С.Н., к.и.н., доцент
Южно-Уральский государственный университет (НИУ), филиал в г. Златоусте,
456209, Россия, г. Златоуст, ул. Тургенева, 16
E-mail: snk.zlat@yandex.ru

Гравюра на металле, художественная гравюра Златоуста в том числе, начинает свою жизнь с эскиза мастера, претерпевая затем множество различных технологических операций. Одной из важных таких последовательностей является гальванизация, применение которой позволяет достичь тонкости покрытия золотом, серебром, никелем, что значительно упрощает процесс декорирования металлами, став неотъемлемой частью производства Златоустовской гравюры на металле

Технология осаждения металла другим известна с XVIII в. и свое название получила от фамилии известного итальянского ученого Л. Гальвани [1, с. 106]. Он первым предложил этот способ, используя ванну с электролитическим раствором и металлическую форму, копию которой желал получить. В России метод гальванического нанесения металлопокрытия [2, с. 139] появился позже, в 30 гг. XIX в., благодаря работам химика Б.С. Якоби. Также известно применение гальванизации английским ученым Спенсером.

В оружейном искусстве Златоуста в процессе нанесения золота на стальную плоскость клинка применялось так называемое «золочение через огонь», которое использовалось вплоть до 1844 г., пока не было вытеснено гальванизацией, что позволило уберечь человека от вредного воздействия ртути, содержащейся в амальгаме. Применение гальванизации стало возможным с организацией по инициативе П.П. Аносова при Оружейной фабрике Златоустовского завода первой на Урале химической лаборатории [3, с. 82; 4, с. 96].

В изготовлении современных произведений декоративно-прикладного искусства мастера златоустовской художественной гравюры с успехом применяют метод гальванизации, суть которого заключается в том, что на поверхность металла, в основном латуни, в соответствии с авторской идеей, с помощью электрического тока наносится слой металла (неизменно традициям применялось золото или серебро).

В период учебной практики на базе мастерской декоративно-прикладного искусства г. Златоуста «Компания «АиР» [5,6,7] был выполнен проект «Время – движущееся подобие вечности». Художественная мастерская располагает современным технологическим оборудованием. Студенты в любой момент могут получить квалифицированную консультацию специалиста, технолога-гальваника в том числе.

Творческий проект «Время – движущееся подобие вечности» представляет серию декоративных магнитов, оформленных в технике златоустовской гравюры [8]. По желанию каждый из пятнадцати магнитов может занять то или иное место в общей композиции на магнитной доске.

Одним из этапов создания декоративных магнитов является гальванизация. Заготовки-пластины погружают в ванну с базовым металлом (в данной работе никель выступил в качестве базового декоративного покрытия и подложки для золочения, что позволило значительно снизить стоимость изделия). Затем магниты готовят к операции «разделка в золото». Для этого металл очищают ватным тампоном, смоченным в этиловом спирте. Поверхность ни в коем случае нельзя трогать во избежание отслоения битума. Работать битумным лаком, выполняющим роль защиты, следует внимательно, чтобы покрыть всю поверхность, которая не подвергается золочению в гальванической ванне.

Покрытые защитным лаком изделия отправляют сушиться, после чего их подсоединяют к катоду и погружают в раствор. В этом методе использовался растворенный в воде цианид золота. По истечению времени изделия вынимают, промывают в промывочной ванне и отправляют сушиться.

После того, как изделие побывало в ванне с электролитическим раствором, рисунок на поверхности выступил более четко, выделились основные элементы: солнце, трещинки и круглые выемки (см. рисунок 1). Нанесение никеля и золота в традициях художественного металла Златоуста предполагает использование как матовой, т.е. подвергнутой травлению поверхности, так и глянцевой, гладко отполированной. Это метод разноуровневого никелирования и золочения, который, в соответствие с замыслом автора, позволяет достичь необходимого художественно-декоративного результата.



Рисунок 1 – Декоративные магниты композиции «Время – движущееся подобие вечности» в технике златоустовской гравюры на металле (фрагмент). Пример гальванизации на различные поверхности: 1 – никелирование на глянцевой (нетравленой) поверхности; 2 – на травленной; 3 – золочение на нетравленной поверхности, 4 – на матовой поверхности.

Помимо латуни, из которой вырезались заготовки для магнитов, методом гальванизации можно покрыть слоем металла практически любую поверхность и даже не проводящие тока материалы (дерево, фарфор, стекло, гипс), предварительно подвергнув их металлизации.

Таким образом, применение гальванизации в художественной обработке материалов занимает одно из принципиальных мест, находит применение при создании разнообразных произведений декоративно-прикладного искусства. В традициях Златоустовской художественной школы металлообработки гальванизация открывает новые перспективы. Художники-гравёры с успехом применяют метод многоуровневого никелирования и золочения, что сообщает изделиям определенный художественно-декоративный и эстетический эффект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1 Политехнический словарь / глав. ред. акад. А.Ю. Ишлинского. – М.: Советская Энциклопедия, 1980. – 656 с.

2 Ершова, Т.В., Юдина, Т.Ф., Мамедова, И.Ю. Специальные технологии изготовления художественных изделий: гальванопластика: лабораторный практикум. – Иваново: изд-во «Ивановский государственный химико-технический университет», 2011. – 48 с.

3 Павловский, Б.В. Декоративно-прикладное искусство промышленного Урала. – М.: Искусство, 1975. – 132 с.

4 Куликовских С.Н. Златоустовская школа авторского холодного украшенного оружия. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 241 с.

5 Лаженцева Л.В., Тихомирова Е.А. Златоуст. Холодное украшенное оружие XX-XXI веков. – М.: Изд-во Интербук-бизнес, 2008. – 320 с.

6 Компания «АиР». Златоустовские ножи: Каталог / авт. вступ. ст. М.Д. Архипов – Златоуст, 2010.

7 Компания «АиР» // http://www.zlatoust-air.ru

8 Шулаков А.Ю., Куликовских С.Н. Вопрос синтеза материалов в современных изделиях художественной гравюры на металле Златоуста // Дизайн и технологии художественной обработки материалов: материалы XV Всерос.науч.-практ.конф./под ред. М.М. Черных. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2012. – С. 449–454.

FRACTAL GRAFICS AS A TOOL OF SHAPING IN DESIGN

A. Zuev
Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, av. Lenina, 30
E-mail: zuevandrew@mail.ru

Today, designers have access to a huge number of different tools to facilitation the design process at every stage: from the generation of project ideas to the final adjustments in finished works [1].

Among the most obvious and effective resources of design specialized software should be mentioned:

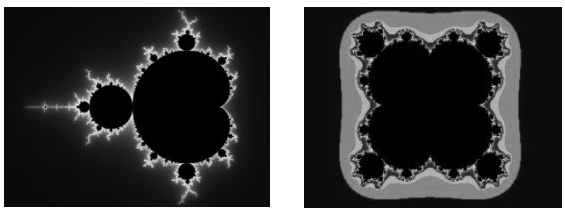
- Computer Aided Design (CAD) - the organizational and technical systems for the automation of the design process [2]: SolidWorks, Autodesk Inventor and so on;
- images generation program, for example Quick Logo Designer;
- vector graphic libraries and catalogs of three-dimensional models and so on.

Implementation of such facilities in design practice first of all is determined by the desire of manufacturers to quickly bring products to the market and improve its competitiveness.

So, the aim of this article is to determine the fractal graphics as a tool of designer. To achieve this goal the following tasks should be solved:

- explore the concept of fractal and fractal graphics features;
- to analyze the mathematical apparatus of fractals creation and the visual representation conditions;
- explore the possibility of fractal images creating using computer tools of design;
- give examples of the fractal images using as shaping foundations in design.

The concept of a fractal, fractal geometry and fractal graphics, appeared in end of 70's, today, have become part of everyday life of mathematicians and computer artists. The word fractal is from the Latin *fractus* and means "consisting of fragments." It was proposed by Benoit Mandelbrot in 1975 to refer irregular but self-similar structures with he worked [3]. From a mathematical point of view, a fractal geometric figure is understood as self-similar, that is composed of several parts each of which is similar to the whole figure entirely. Fractals also understand as many points in Euclidean space with a fractional metric dimension or metric dimension is other than the topological.



a b

Fig.1. Classic fractal images: a) Mandelbrot fractal, b) Mandelbrot fractal with $x^5 + c$,

Besides, the fractal in the press and popular literature may refer as figures that have any of the following properties:

- has a non-trivial structure at all scales; this is the difference from regular shapes (such as circle, ellipse, graph of a smooth function): if we consider a small fragment of a regular figure in a very large scale, it will be like a straight piece, for the fractal zoom does not lead to a simplification of the structure, at all scales, we see the same complex picture;
- it is a self-similar or approximately self-similar;
- has a fractional metric dimension and metric dimension exceeding topological.

Prevalent view that minimalists must use a limited set of standard geometric shapes: lines of circles, spirals, etc. However, it is not so, fractals which used in the theoretical models also have a very simple form, that's why the many multi-fractal can be considered as a new form of minimalist art [4].



a b

Fig.2. Examples of plant fractal properties: a) roman broccoli, b) fern

Often, design requires the creation of a product or an image in the bionic style, that is based on the properties of nature, tips for designers are obvious (fig. 2): Many things in nature have fractal properties (snowflakes, clouds, trees). For this reason, the creation of a bionic form certainly can be simplified by using of natural fractal structures.

Turning to the practical application of fractal images, it is worth mentioning a wide variety of existing software, oriented on the construction of fractals: Art Dabbler, Ultra Fractal, Fractal Explorer, ChaosPro, Apophysis and others.

The use of these programs to create fractals, help to create images applicable in various fields, ranging from creating custom textures and background images and ending with fantastic landscapes for computer games or book illustrations.

Consider the principle of this software as an example of Ultra Fractal (fig.3).

The program allows you to create images based on the classical self-similar sets, presented in the form of libraries or original written by using of programming languages.

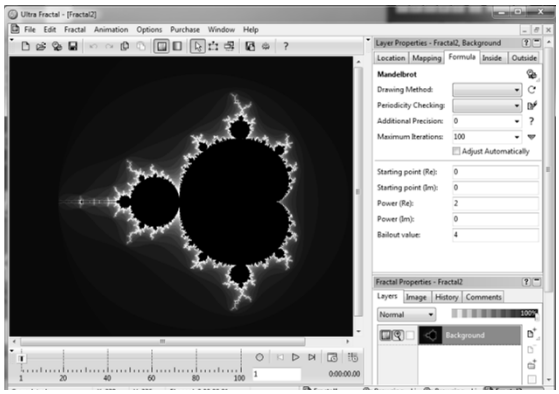


Fig.3. Window of Ultra Fractal

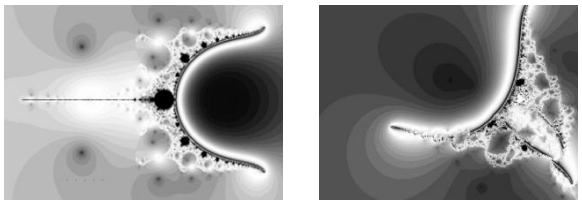
For example, Mandelbrot fractal in the plane is described mathematically by: $x_{n+1} = x_n^2 + c$, где $c = a + bi$.

When formula is changed by program to - $x^5 + c$, Mandelbrot fractal takes the form shown in the figure 1b.

Thus, designers can get a completely new shapes and images by changing parameters in the formula of a fractal, and use them in their practice.

Consider Nova fractal (Fig. 4), offered by the program in its original form, it looks like in the fig.4a.

Changing in Ultra Fractal values of the initial points in the real and imaginary fields, the character and value of the exponential relaxation you can obtain the following image, which can be used, for example, in graphic design to create flyer (fig.4b, 4c).



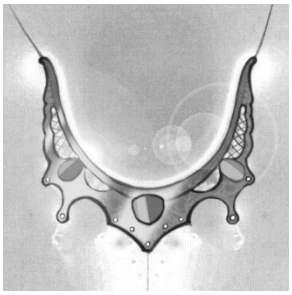
a b

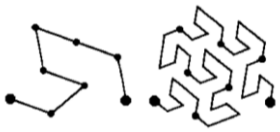


c

Рис.4. Nova fractal: a) original, b) modified, c) flyer based on Nova fractal

In addition, from fractal images you can get ideas for the design of accessories and jewelry. Carefully looking at the Nova fractal (fig. 4a, b) it is easy to see the outlines of the original bionic necklace. Designers only need to highlight the desired circuit, determine the location of the precious stones, fastening elements considering technological features of the jewelry design (fig.5a).





a b

Fg.5. a) jewelry sketch, b) Peano curve

Consider also the Peano curve, obtained by Koch (fig.5b). The figure of the curve described by a certain degree of conditionality can be presented as a plan-diagram of a room or exhibition stand area.The shapes created by fractals can be used to "extrusion" of the corresponding structures in the design of industrial exhibitions areas or other architectural forms (fig. 6). Of course, you need to consider and refine the nuances associated with the visual ecology and ergonomics, the technological process.

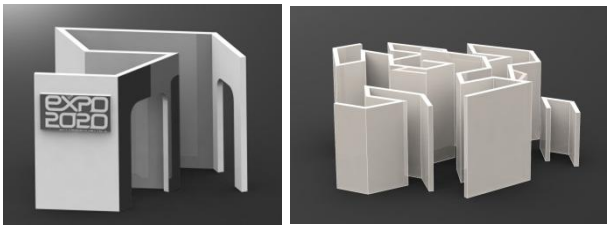


Fig.6 Peano curve «extrusion»

So, summing up the above, it becomes clear that the fractal image given to us by nature can be a great tool for the designer in the way of formation. However, it should also be understood that you can not replicate the images obtained using the mathematical tools - designers must refine these some way, modify, pass through the lens of a specific task or project.

References:

1. 10 полезных инструментов для дизайнера. URL: http://www.cmslist.ru/ (дата обращения: 17.01.2013).

2. Система автоматизированного проектирования - Википедия. URL:

http://ru.wikipedia.org/wiki/САПР (дата обращения: 15.01.2013)

3. Петров, Михаил Николаевич. Компьютерная графика : учебное пособие для вузов / М. Н. Петров, В. П. Молочков. — 2-е изд. — СПб. : Питер, 2006. — 811 с.

4. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – Москва: Институт компьютерных исследований, 2002 – 656 с.

MODERN METHODS AND TECHNIQUES OF WOOD ARTISTIC TREATMENT

Sharmanova A.E.
Scientific adviser: Krauinsh D.P., PhD
Linguistic advisor: Chudinova A.I.
National Research Tomsk Polytechnic University 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30
E-mail: sharmanova@tpu.ru

The wood is one of the most amazing and the most perfect creations of nature. Since ancient times trees have been the subject of admiration of people. Druids and ancient Slavs worshiped them. Later trees were as the source of inspiration for poets, painters, architects, sculptors, masters of Arts. Hard not to delight looking at the elegant wooden box covered with carved patterns. The discoveries were made by archaeologists told that the ancient carvers were real virtuosos. One of the common methods of wood decoration is burning. In old times it was performed with a strong acid and heated by gas or alcohol burner pins. Currently burning can be flat and deep, and it is performed by a wide range of electrical appliances. [3]

In this research we consider the most advanced and widely used technologies of plywood treatment such as laser cutting and engraving.

Laser cutting is a high-tech tool used to handle a range of sheet materials such as acrylic, wood, plywood, fabric and leather to create different products of various shapes. The laser cutting machine is different from the known traditional methods of cutting. It is characterized by: cutting on high speed, narrow cutting and minimal thermal effect on the material. Smooth and high quality cutting surface is achieved by exposure to a focused laser beam which power is regulated as required. To perform laser cutting precision XY tables are used to make products of any geometrical complexity. To create the new technology programs that import graphical information into the laser cutting machine used special software. [1]

We can identify some advantages of laser cutting:

- No mechanical effect on the material which is processed;
- Cutting and engraving materials with any physical and thermal properties;
- The laser head is positioned with an accuracy of 0.08 mm, so that the elements of the work piece are in relation to each other with high accuracy;
- Application for non-rigid and deformable parts;
- High speed cutting, compared to other routes of exposure;
- Beam diameter of 0.2 mm creates the hole of 0.5 mm;
- Process safety;
- The ability to create complex forms;
- Low cost products.

Wood is an ecological and beautiful material known from ancient times. Using wood engraving makes wood products look more aesthetically pleased by putting images and ornaments on the surface. Burning on the wood has been known for a long time but it's very difficult and time consuming process. Souvenirs made of wood with an engraved look noble, original and perfect as the gifts. [2, 3]

Almost all types of wood, plywood and veneer can be engraved on laser machines. By adjusting the speed and power of laser machines and changing the number of passes you can ensure that the engraving on the wood looks more contrasting. The color can vary from pale yellow to almost black. Wooden products with laser engraving look good and don't harm the environment and the consumers' health and also they are very durable, not erased, and not fade with time. Most quality engraving obtains using durable wood species.

The unique properties of laser engraving:

- Engraving is used on the product, regardless of the material from which it is made;
- Engraved image is a part of the product, so it can't be erased;
- High speed engraving;
- High quality images. High resolution laser equipment is controlled by powerful computers, helps to ensure clear and beautiful images.

Thus, we may state that wood laser cutting allows handling work piece with contactless, fast and accurate tool without any restrictions, normally found in the processing of conventional wood cutting tool. Better laser cutting can only be hand-carving. Hand-cut product will be much more expensive than that one obtained after treatment with a laser beam. The time of production with a laser will be much less compared to a long and painstaking process of hand cutting. [1]

Insect species of Hymenoptera, namely dragonfly was selected as the object to create a three-dimensional puzzle in this work.

Development of puzzles was carried out in order to create a stylized model of a dragonfly with individual modules, preserving its main features, namely large scale and lightness of wings, long, slim body. The main part of the dragonfly's model is a skeleton on which the most of other elements of the puzzles are installed. It passes through the center of the body and has many fixtures which are grooves for other details. The elements are mounted on the basic details of the model dragonfly, located in the plane perpendicular to the plane of the base part and have

attachments which are the slots for the main part. There are also additional decorative elements such as wings and legs. The wings are attached to the module with the holes in it. Main structure fixings are grooves that are cut in each part.

All sections of the dragonfly's model are designed to reflect, as precisely as possible, the insect's form. The model is created with no specific details. Every leg consists of one stylized detail that best reflects the shape of dragonfly's legs.

The thickness of all parts is chosen depending on the thickness of the sheet material. In this case 3 mm thickness plywood is used.

All drawings and assembly of parts have been created in 3D program Solid Works. Further the completed draft is converted into DXF form in order to transfer it to Corel Draw. Then we import graphical information into the laser cutting machine. Constructor's dimensions are 481x714x158 mm, weight isn't more than 230 g. Materials for the production are beech, ash or larch veneer and plywood.

This project can be used as an interesting and cognitive constructor for children and then as an element of decoration for different rooms.

The practical part contains the main steps of creating a 3D puzzle- constructor. We learned the basic methods of wood processing such as laser cutting and engraving. The result of this work is finished three-dimensional puzzle-constructor. During the process all the necessary stages of design have been passed from the developing of model and sketches directly to assembling the finished puzzle.

In this project we have reviewed methods of artistic wood processing such as laser cutting and engraving and hand-carving. We also studied advantages and disadvantages of laser cutting and engraving and hand-carving of wood. The main aim was to create the 3D puzzle-constructor of dragonfly with personal design.

Whole process involves 3 steps of wood treatment. The most difficult in work was to create technological sketches for the model. Manufacturing process was faced with problems such as choosing the correct cutting speed and passes' number of laser beam in order to avoid burning out of edges or not through cutting. Today wood processing methods are improved and facilitated.

The result of this work is finished three-dimensional puzzle-constructor (fig.1).



Figure.1. Three-dimensional puzzle-constructor «Dragonfly»

References:

1. Laser Technologies [Electronic resource] // URL: http://www.yusto.ru (last accessed data: 20.01.2013).
2. Krauinsh D.P. Production of wood products - Ed. Tomsk Polytechnic University, 2012-150p.
3. Safronenko V.M. Secrets of wood - M., 2004.

СЕКЦИЯ 12

НАНОМАТЕРИАЛЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ И НОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

SECTION 12

NANOMATERIALS, ANOTECHNOLOGIES AND NEW ENERGETICS

SMALL PARTICLES ENERGY IN SOLID PHASE PROCESSES

Ilyin A.P., Root L.O., Tolbanova R.I.
National Research Tomsk Polytechnic University, Lenin ave., 30, 634050, Tomsk, Russia
E-mail: tolbanova@mail.ru

Introduction

Issues related to the kinetic energy, are the subject of many studies, among which the scientific and practical interest has the energy state of small particles [1-2]. For a system of small particles stored energy emission is possible at decrease of specific surface area and relaxation of metastable state in a volume of particles. But for a single particle energy emission is determined by the level of its metastable state. For smooth spherical particles stored energy in a few kilojoules per mole is shown at their diameter less than 10 nm, i.e. the dimension factor contribution to the stored energy is a characteristic of clustered particles range [3]. But as for metastable state of nanoparticles volume, their dimension is no criterion, i.e. the amount of stored energy does not depend on the diameter of the particles, and depends on the conditions of their obtaining [4]. It can be assumed that contribution of structural factors in the stored energy is associated with extreme conditions of particles obtaining. Nowadays there are no technical problems of high energy input into a substance (electron beam, lasers, etc.), providing not only evaporation of substance, but also multiple ionization [4]. There is why the main problem in energy storage by substance is the stabilisation of high-energy structures, i.e. search of metastable states separately from the main state by potential barrier. A basic example of such structures is a metal glass in which potential barrier is formed due to sharp increase of viscosity, which is kinetic braking of thermodynamically allowable process [2].

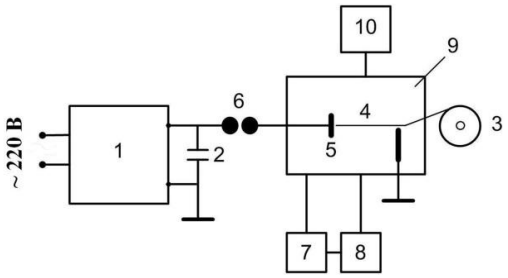


Fig. 1. The principle scheme of installation UDP-4:
1 – high-voltage power source, 2 – capacitor battery,
3 – wire driving mechanism, 4 – exploding wire,
5 – high-voltage electrode, 6 – commutator,
7 – powder collector, 8 – gas circulation system,
9 – explosion chamber, 10 – gas supply system.

Storage of energy in the process of substance cooling goes against fundamental law of thermodynamics, i. e. cooling (exposure) should lead to the energy emission, that is why conservation of metastable states requires additional exposure to the substance in an unstable state. Interest in structural and energy state of small particles is associated with both the theoretical justification for the possible limits of stored energy in the chemical or non-nuclear physical forms and with a possible solution of applied problems through release of extra energy.

The regularities in the electrochemical behavior of electroexplosive nanopowders allow to make assumptions about the presence of charged structures and their impact on the deflection of reduction potential of substances oxidized forms. An additional current maximum on anodic curve seems to be also associated with oxidation of charged substance reduced form in small particles.

Samples preparation

In the present study iron and nickel nanopowders were chosen for the investigation. The nanopowders were obtained by electrical explosion of wires in argon [5]. The electrical explosion of wires is widely used for the production of metallic nanopowders and chemical compounds nanopowders.

The dispersiveness of electroexplosive nanopowders depends on energy characteristics of the explosion: the energy input value into a wire before explosion and the arc stage energy of discharge. The principal scheme of the industrial installation for electroexplosive nanopowders obtaining (UDP-4G) is shown in Fig. 1. The installation works as follows. The capacitor battery 2 is charged from the high-voltage power source 1. The wire driving mechanism 3 is used for the automatic feed of the exploding wire with length 4 in the electrodes gap. When the wire reaches the high-voltage electrode 5, the commutator 6 operates, and the electric discharge of the capacitor battery occurs on this part of the wire and as a result the wire explodes. The obtained powder collects in the powder collector 7. The gas, refined from powder, is given back in explosive chamber 9 by means of gas circulation system 8. Explosion chamber 9 is vacuumed before working, and then the chamber is filled with working gas atmosphere by means of gas supply system 10.

Experimental details

For estimation of nanopowders stored energy the differential thermal analysis was used (linear heating, air atmosphere, temperature range 20–1200 °C, rate of heating 10 deg/min). Based on these data the four parameters of chemical activity were determined [6]:

- oxidation start temperature ($T_{o.s.}$, °C);
- maximal rate of oxidation (V_{max}, mg/s);
- oxidation degree (α, %);
- thermal effect of oxidation (ΔH, J/g).

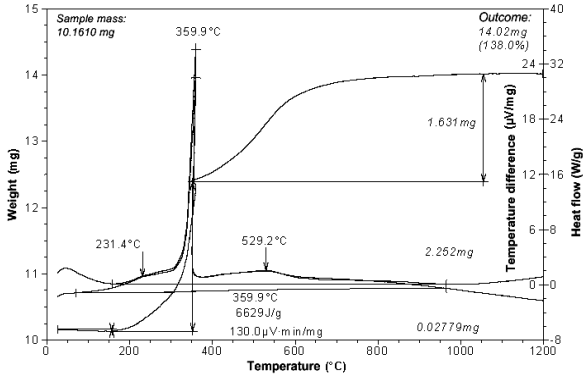


Fig. 2. Thermogram of the initial iron nanopowder.

Table 1. The results of calculation of chemical activity parameters and stored energy in electroexplosive nanopowders.

No	Sample	Mass, mg		$T_{o.s.}$, °C	V_{max}, mg/s	α, %	ΔH, J/g
		Bef.	After				
1	$Fe_{unrad.}$	10,16	9,79	160	0,00083 0,0019	0,964	6629
2	$Fe_{1\ Mrad}$	9,87	9,23	160	0,0042 0,00166	0,935	13429
3	$Fe_{5\ Mrad}$	10,82	10,15	160	0,0042 0,0006	0,938	13061
4	Fe_{10Mrad}	11,40	11,26	160	0,0034 0,00166	0,987	16257
5	$Ni_{unrad.}$	10,07	9,82	250	0,0017 0,00052	0,976	8128
6	$Ni_{1\ Mrad}$	11,66	11,15	300	0,0026 0,00066	0,956	10544
7	$Ni_{5\ Mrad}$	12,83	12,13	290	0,0022 0,00066	0,945	10357
8	Ni_{10Mrad}	9,74	9,34	285	0,00134 0,00166	0,959	11555

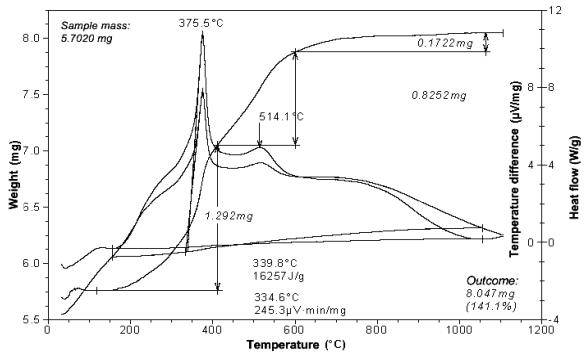


Fig. 3. Thermogram of iron nanopowder radiation-exposed by electron flow dose 10 Mrad

To estimate the effect of radiation exposure by electron flow registry of thermogram of the same sample was carried out twice: before nanopowders exposure and after (table 1). Radiation exposure of iron and nickel nanopowders samples was carried out in the atmosphere of low vacuum. Nanopowders samples were exposed to radiation doses of 1.5 and 10 Mrad.

The table data show significant changes after radiation exposure of nanopowders in one parameter: the thermal effect of oxidation. Thermal effect of iron nanopowder oxidation (6629 J/g) (Fig. 2) after radiation exposure by 10 Mrad dose increased 4 times (16257 J/g) (Fig. 3), while for nickel nanopowder (8128 J/g) after exposure by the same dose the thermal effect increased 1.4 times (11555 J/g).

Conclusions

The possibility and experimental proof of stored energy stabilization in metal nanopowders, which is higher than the standard heat of these metals melting, was shown in the article.

The stored energy in nanopowders is accumulated according to action of H^+ oxidizer from water dissociation and diffusion of protons into particles. A certain degree of positive charge stops the oxidation of metal.

Experimentally determined that the amount of stored energy can be increased by radiation exposure of nanopowders by accelerated electrons flow. The maximum increase in the thermal effect of oxidation (4 times) was reached for iron nanopowders after radiation exposure by 10 Mrad dose.

The investigation was carried out in Scientific-Analytical Center of Tomsk Polytechnic University with the support of Grant FTP GC No. 16.552.11.7063.

The investigation was partially financed from the project 3.3055.2011.

References

1. Petrov Ju. I. Physics of small particles. – Moscow: Nauka, 1982. – 359 p.

2. Ormont B. F. Introduction to the physical chemistry and crystal chemistry of semiconductors. – Moscow: Vysshaja shkola, 1982. – 376 p.

3. Gubin S. P. Chemistry of clusters. – Moscow: Nauka, 1987. – 263 p.

4. Ryhalin N. N., Uglov A. A., Zuev I. V. et al. Laser and electron beam material processing. – Moscow: Mashinostroenie, 1985. – 496 p.

5. Nazarenko O. B., Electroexplosive nanopowders: obtaining, properties, application. Redact. prof. A. P. Ilyin. Tomsk: Tomsk Polytech. Univ. Press, 2005, 148 p.

6. Ilyin A. P., Gromov A. A., Jablunovskij G. V. On the activity of aluminium powders // Fizika gorenija i vzryva, 2001, Vol. 37, No. 4. – Pp. 58–62.

EXPERIMENTAL COMPARISON OF SOLID ROCKET PROPELLANTS WITH LOW AND HIGH ALUMINUM CONTENT

M. Fassina[1] and L.T. De Luca[2]
Politecnico di Milano, Milan, MI, IT-20156, Italy

Abstract

In this work solid rocket propellants loaded with high (18%) or low (4%) amount of Aluminum powder (Al) are compared. Three different formulations for each Al content have been tested. The first one contains 30 μm spherical particles of micro-Al (μAl), a very common metal fuel in aerospace propulsion; the second one 100 nm particles of nano-Al (nAl) ALEX; and the third one 100 nm L-ALEX nAl, that is ALEX coated with stearic acid. The results consist in comparing the important propulsive parameters such as the steady burning rate (r_b) and the gravimetric specific impulse (I_s), assessing the differences given by the application of nAl, instead of the more common μAl, and the effects of the metal fuel level.

Introduction

The main source of performance losses in a solid rocket propellant motors is the two-phase flow. Metal additives are widely used to increase performance but due to their incomplete combustion process and the fact that they produce a significant amount of condensed phase products, the ideal I_s increment is lowered by the thermal lag, the velocity lag and the phase lag [1]. The introduction of nAl in place of μAl leads the propellant to generate smaller agglomerates from the combustion surface [2], thus reducing losses connected to the condensed phase products. Obviously, lower amounts of Al powder generate lower quantities of condensed phase products, reducing losses too.

Experiment

The formulation tested are:

#	AP	Binder	μAl	ALEX	L-ALEX
1	68	14	18	0	0
2	68	14	0	18	0
3	68	14	0	0	18
4	82	14	4	0	0
5	82	14	0	4	0
6	82	14	0	0	4

Tab. 1 – Tested propellant formulations

The windowed strand burner technique is adopted to obtain the r_b for the propellant samples under analysis. The pressures, at which tests are performed, are: 5.5 bar; 10 bar; 20 bar; 30 bar; 40 bar. Ignition is given by a Nichrome wire.

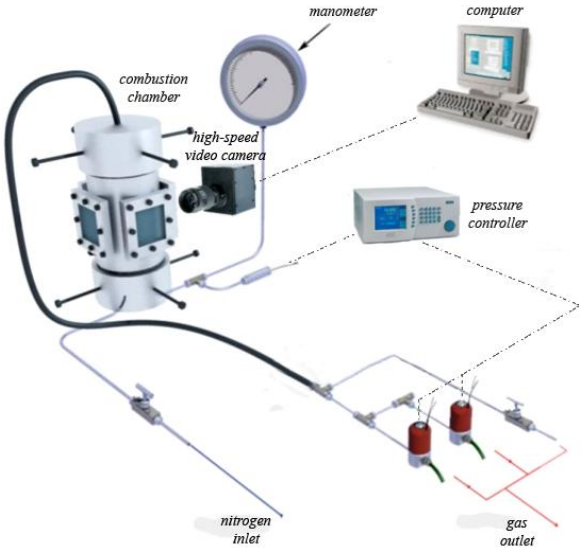


Fig. 1 - Experimental apparatus scheme

Results and Discussion

The results of the r_b analysis are reported in Table 2 as pre-exponential coefficient "a" and ballistic exponent "n" of the Vieille law:

$$r_b = a \cdot p^n$$

#	a	Err_a	n	Err_n
1	1.50	±0.03	0.42	±0.01
2	2.31	±0.07	0.45	±0.01
3	1.55	±0.02	0.52	±0.01
4	1.08	±0.04	0.49	±0.01
5	1.25	±0.02	0.58	±0.01
6	1.39	±0.02	0.53	±0.02

Tab. 2 - Burning rate parameters

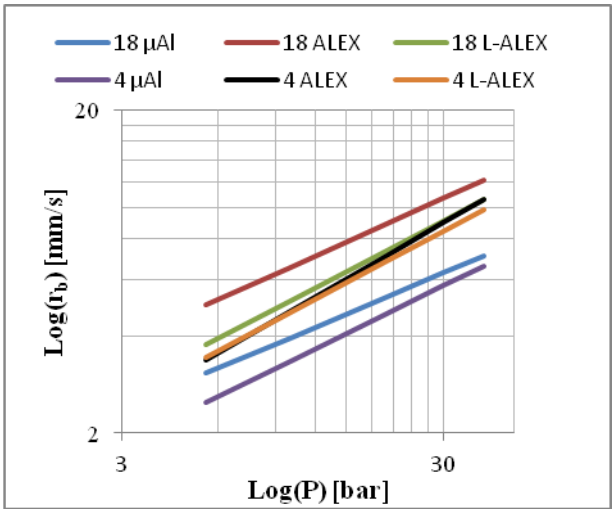


Fig. 2- Burning rate of the tested propellants

The ballistic exponents of nAl samples turn out to be higher. This fact brings a system charged with nAl to be intrinsically less stable to pressure variations with respect to propellants containing µAl. Results also show that a decreasing level of Al makes the ballistic exponent increase.

Using the CEA code, the specific impulses were also estimated, Tab. 3, showing that µAl gives better ideal performance in comparison with the nAl, due to a higher content of metallic Al (Al^0), but this metal fuel also produces greater performance losses because of the formation of big agglomerates on the combustion surface, ranging from 50 µm to 200 µm [3]. On the contrary, nAl produces smaller [2] agglomerates (around 50 µm) and this allows reducing two-phase flow losses.

#	I_s Shifting [s]	I_s Bray [s]	I_s Frozen [s]
1	298.97	251.92	247.32
2	293.98	247.18	244.12
3	298.79	250.44	246.54
4	283.52	244.18	241.11
5	282.03	243.02	240.07
6	281.90	243.23	240.46

Tab. 3 - Is results obtained with CEA. Operating condition considered: 1) Chamber pressure = 70 [bar]; 2) Nozzle/Throat Area Ratio = 40.

Conclusion

The experimental activity shows the interesting effects of adopting nAl in place of µAl, giving better results in terms of burning rate. Table 3 reports data from thermo-chemical analysis of ideal specific impulse, which exhibits a slight difference of value between µAl and nAl. Thus, the delivered performance of the systems with nAl could be rather high thanks to less two-phase flow losses.

Moreover, propellants with low Al content present interesting values of I_s and, considering the low amount of Al, losses should be restrained. But their ballistic exponent is rather high leading this propellant to be more responsive to pressure instabilities.

References

[1] L.T. DeLuca, "Problemi Energetici in Propulsione Aerospaziale", Premani, Pantigliate, Milan, Italy, 2009 [in Italian].

[2] L. T. De Luca, L. Galfetti, F. Severini,L. Meda, G. Marra, A. B. Vorozhtsov, V. S. Sedoi, and V. A. Babuk, Burning of Nano-Aluminized Composite Rocket Propellants, Combustion, Explosion, and Shock Waves, Vol. 41, No. 6, pp. 680–692, 2005.

[3] O.B. Kovalev, Prediction of the size of aluminum-oxide particles in exhaust plumes of solid rocket motors, Combustion, Explosion, and Shock Waves, Vol. 38, No. 5, pp. 535-546, 2002.

[1]PhD Candidate, Department of Aerospace Sciences and Technologies, 34 via La Masa.
[2]Professor, Department of Aerospace Sciences and Technologies, 34 via La Masa.

COMPOSITES "A BINARY SALT SYSTEM INSIDE A POROUS MATRIX": NANOTAILORING OF THE ADSORBENTS FOR PARTICULAR APPLICATIONS

Grekova A.D.[1,2], Veselovskaya J.V[2]
Scientific adviser: Gordeeva L.G[2]., Ph.D. in Chemistry,
[1] Novosibirsk state University, 630090, Pirogova str.2, Novosibirsk, Russia,
[2] Boreskov Institute of Catalysis, Ac. Lavrentiev av. 5, Novosibirsk, Russia
E-mail: grekova@catalysis.ru

Adsorption is an essential part of numerous chemical processes such as purification and separation of gases and liquids, adsorption cooling, drug delivery to particular organs, etc. A promising way to improve their efficiency is a target-oriented design of novel porous materials whose properties are adapted to the particular application [1]. Tailoring the adsorbent specialized for the given application in frame of this approach is divided into two stages: (1) formulating the demands to the properties of the optimal adsorbent and (2) synthesis of the adsorbent which properties precisely or nearly fit these demands. In order to realize this approach in practice one has to be able to manage the sorption properties of the adsorbents.

Composites "salt inside porous matrix" (CSPM) have recently been proposed for water, methanol and ammonia sorption. Owing to their high sorption capacity of 0.6-1.4 g/g they are considered promising for numerous applications. Furthermore, there is a number of possibilities to tune the CSPMs sorption properties by proper selection of chemical nature of the salt, porous structure of the matrix, etc. [1]. Sorption of a vapor V on CSPMs includes the formation of a complex S·nV of the salt S according to the reaction S + nV = S·nV. The equilibrium pressure P^* of a sorbate's vapor is determined by the equation $\ln P^* = \Delta G^\circ/RT = \Delta H^\circ/RT - \Delta S^\circ/R$, where ΔG°, ΔH° and ΔS° are the standard Gibbs energy, enthalpy and entropy of the complex formation.

Here we present a new opportunity to control P^* and, consequently, the sorption behavior of CSPMs by means of confinement of two active salts S1 and S2 inside a porous matrix.

For the system (LiCl+LiBr)/SiO_2 the formation of a homogeneous solid solution (SS) was observed for composites enriched with LiBr. Due to low solubility of LiBr in LiCl the composites enriched with LiCl comprise the mixture of two solid solutions. One of them (SS_{Br}) is enriched with LiBr and another one (SS_{Cl}) – with LiCl (Fig 1).

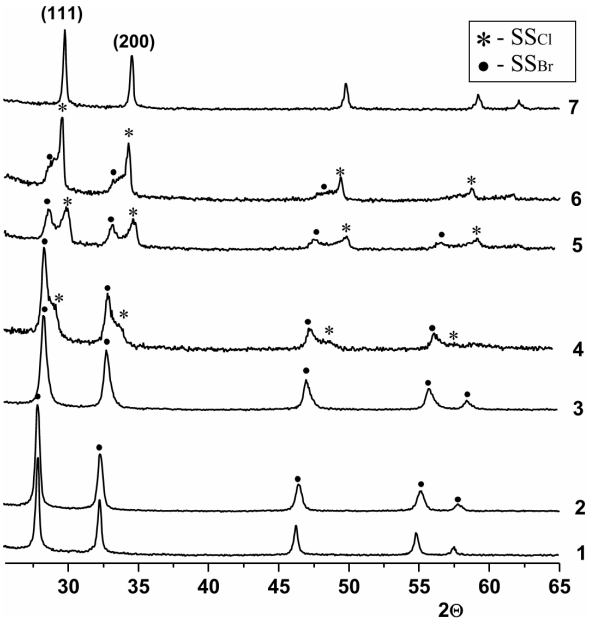


Fig. 1 The XRD patterns of CSPMs (LiCl+LiBr)/SiO_2 with different LiCl/LiBr ratio: 0:1 (1), 1:6 (2), 1:3 (3), 1:1 (4), 3:1 (5), 6:1 (6), 1:0 (7) at T = 160 ± 5°C in helium flow.

Methanol sorption on the LiCl/SiO_2 and LiBr/SiO_2 composites results in the formation of complexes LiCl·3CH_3OH and LiBr·1CH_3OH, respectively, that reflects as sharp steps on sorption isobars (Fig.2). The experimental isobars of methanol sorption on the CSPMs enriched with LiBr differ from curves calculated as linear combinations of sorption on the composites LiCl/SiO_2 and LiBr/SiO_2 with proper weight coefficients (Fig. 2 a). The step related to the solvate SS·nCH_3OH formation shifts towards lower temperatures due to formation of the homogeneous solid solution SS inside silica gel pores. On the contrary, the isobars of methanol sorption on the composites enriched with LiCl and comprising the mixture of the solutions SS_{Br} and SS_{Cl} nearly

coincides with the linear combination (Fig. 2 b).

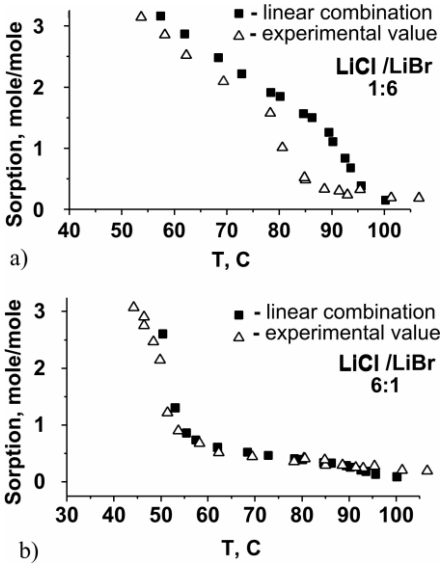


Fig. 2 The isobars of methanol sorption on composites $(LiCl+LiBr)/SiO_2$ with LiCl/LiBr ratio: a) 1:6 b) 6:1. P=107mbar

For a number of sorbents based on various salt systems ($CaCl_2$+$CaBr_2$, $BaCl_2$+$BaBr_2$) and matrixes (mesoporous silica gel, macroporous expanded vermiculite) the formation of homogeneous solid solution in the whole concentration range was observed that led to the shift of equilibrium temperature (pressure) of the complexes SS·nV (V – water, methanol, ammonia) formation. The larger the ratio $MetBr_n/MetCl_n$ in the composite the higher equilibrium temperature T* (or lower P*) of the solvate formation (Fig. 3). The reason of this shift is likely to be the change of the parameters $\Delta H°$ and $\Delta S°$ of the complex SS·nV formation.

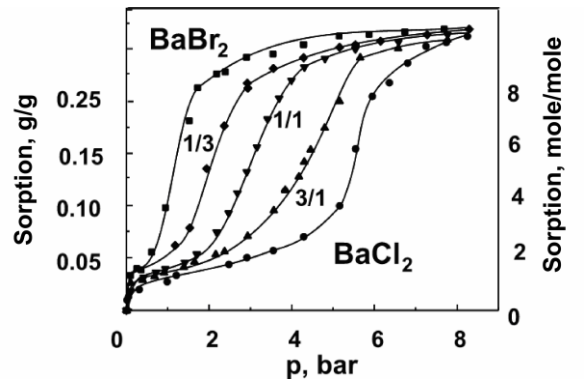


Fig. 3 The isotherms of ammonia sorption on CSPM $(BaCl_2+BaBr_2)/SiO_2$ with different $BaBr_2/BaCl_2$ ratio at T=38°C

Thus, the formation of the solid solution of the salts inside matrixes pores is an efficient "tool" for intent modification of the sorption properties of CSPM.

Using the developed method, the CSPM based on barium halides in vermiculite pores was intently tailored for the adsorption cooling. The adsorption cooling is a promising, environmentally friendly and energy-saving technology, which efficiency is extremely sensitive to the sorption equilibrium of the working pair "adsorbent-adsorbate". Firstly, on the base of thermodynamic analysis of the adsorption air conditioning (AC) cycle the requirements to the optimal adsorbent was formulated in terms of the equilibrium temperature T*(P) of the ammonia complex $S{\cdot}nNH_3$ formation T*(P) = 48°C. Then the proper molar ratio of $BaCl_2/BaBr_2$ was evaluated as 3/2 and the appropriate composite BaClBrV-3:2 was prepared. The study of the equilibrium and dynamics of ammonia sorption on BaClBrV-3:2 demonstrated that the actual temperature T*(P) = 47.5°C of the ammonia complex $SS{\cdot}8NH_3$ formation was nearly equal to the optimal one. The BaClBrV-3:2 under the AC operating conditions demonstrated higher specific cooling power (SCP = 600 W/kg) than the composite $BaCl_2$V based on the single $BaCl_2$ (SCP = 440 W/kg), which was suggested for the AC cycle earlier. The intent designing the CSPM which properties meet the formulated requirements of the AC cycle led to significant gain in the efficiency.

Thus, the usage of binary salt systems is an efficient "tool" for target-oriented design of the CSPMs with predetermined properties that is a promising way for the improvement of different adsorption applications.

1. Gordeeva L.G., Aristov Yu.I. Composites 'salt inside porous matrix' for adsorption heat transformation: a current state-of-the-art and new trends //Int. J. Low Carbon Technol.-2012.- №4-P. 288-302

OPTICAL PROPERTIES OF DIOXIDE TITANIUM THIN FILMS

D.V .Sidelev
Scientific supervisor: Y. N Yurjev., Head of Laboratory
Language supervisor: T.G Petrashova., Associate Prof.
Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin avenue, Tomsk, Russia, 634050
E-mail: Dimas167@tpu.ru

Keywords: dual magnetron sputtering systems, TiO_2 thin films, refraction, transparency.

TiO_2 thin films have good optical and electrical properties, such as a high refractive index and transparency within a visible wavelength range, a high dielectric constant, good photocatalytic properties and a band gap (3-3.2 eV). TiO_2 thin films have a large area of application. TiO_2 thin films are used as a photocatalyst [1], sensitizing coating applied in solar cells [2], and anti-reflection coating [3]. At present, there are many methods of thin film deposition of TiO_2: a sol-gel method [4], different reactive deposition methods [5], ion beams [6], arc deposition [7]. The magnetron technology is predominantly used for thin films deposition as the most technologically simple and effective method. It should be noted that a dual magnetron sputtering system (DMSS) is one of the best equipment of deposition metal oxide films due to the following facts: high deposition rates and discharge stability [8].The purpose of this work is to determine the optical properties of TiO_2 thin films in case of change of deposition conditions.

The ion-plasma setup «Yashma» with DMSS has used in the experiments. Magnetron targets has been titanium (99.7%). Thin films have been deposited in Ar and O_2 mixture. The total pressure has been 0.12 Pa, the oxygen partial pressure has been varied from 10 to 80% of total pressure. Coatings have been deposited on glass 9284-75 and single-crystal Si substrates. Surface of samples are previously cleaned with ion source. The deposition process has been conducted without additional substrate heating and electric displacement. The sample thickness has been 50 nm. The required uniformity of film thickness has been achieved by a linear motion substrate in magnetron discharge. The control of sample thickness has been carried out by using quartz thickness gauge «Micron-5». Transmission and refractive spectra have been determined with spectrophotometer SF-2000 and ellipsometer «Ellipse-1891», respectively.

The deposition mode of magnetron systems depends on chemical composition of gas flow. There are three types of modes (Fig. 1). At first, a magnetron system works in metal mode, when metal films have been deposited. It is confirmed by transparency studies. When the oxygen partial pressure is 20%, the deposition rate decreases due to shift in transition mode. It is characterized by precipitation of metal oxide films with relatively high rates, which is achieved by high power. Then, magnetron system transfers to oxide mode (about 40% oxygen partial pressure). The level of oxidation influences on electrical characteristics. So, the discharge power and deposition rate decrease. However, rates are high enough in comparison with planar or high-frequency magnetrons.

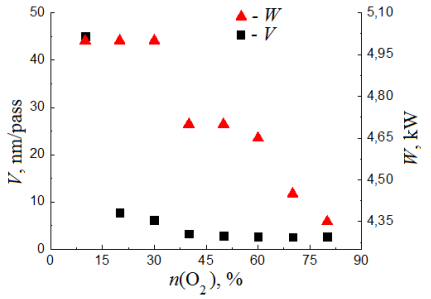


Fig.1. The deposition rate (V) and discharge power (W) depend on O_2 partial pressure.

The transparency spectrum of TiO_2 thin films is shown in Fig.2. The sample with predominant content of Ti atoms deposited in case of 10% oxygen partial pressure. Other samples are transparent in the range of visible wavelengths (70-82%). These values are typical for TiO_x thin films. Besides, the dependence between transmittance and O_2 partial pressure has been found.

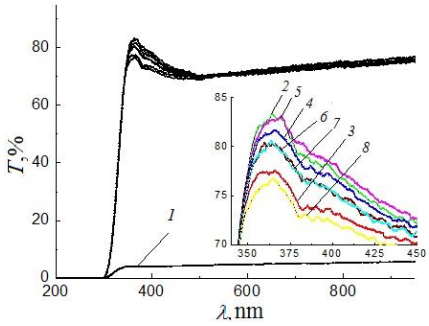


Fig.2. The transmittance spectra of TiO_2 thin films depending on O_2 partial pressure: 1-10%, 2-20%, 3-30%, 4-40%, 5-50%, 6-60%, 7-70%, 8-80%.

According to [7], the main mechanism of changing the transparency spectrum of TiO_2 films is the light scattering. The intensity of scattering depends on the structural peculiarities of films. In particular, the scattering intensity depends on quantity of structure defects and a crystalline phase. TiO_2 thin films deposited by magnetron sputtering have predominantly an amorphous structure. Thus, the primary reason for decreasing transparency is reducing structure defects and increasing film density. It is achieved by deposition in case of oxide and transitions modes. This assumption is confirmed by measurements of refractive indexes (Fig.3). It has been observed that refractive indexes of experimental

samples are less than in case of crystalline TiO_2 thin films. The sample, which is deposited at 20% O_2 partial pressure has the best refractive properties (sample, prepared at 10%, is a metal coating). Overall, the values of obtained films suggest a high refractive ability, which is comparable with the results in [1,9,10]. The defined dependence characterized by structural peculiarities and films density. This is partly confirmed by calculations of the band gap. The determination of band gap was obtained by J. Tauc's method [11].

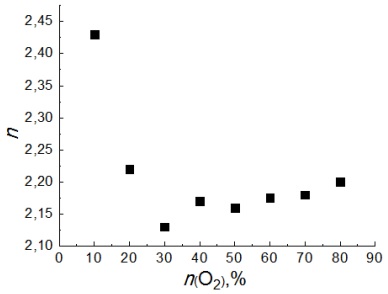


Fig.3. The dependence of refractive index on O_2 partial pressure.

The band gap of semiconductor films is determined by dependence between optical absorption edge and energy of incident photons (1).

$$\alpha = -\frac{\ln(T)}{d},$$

where T – transmittance, d – film thickness.

$$\alpha = (h\nu - E_g)^m, \qquad (1)$$

where m – distinctive parameter of optical absorption (1/2, 2, 3/2 or 3 for direct allowed, indirect allowed, direct forbidden and indirect forbidden optical transitions, respectively). Optical absorption of TiO_2 oxide film is best described in the case of indirect allowed transition [1,12]. The dependence $(\alpha \cdot E)^{1/2} = f(E)$ is shown in Fig. 4. The determination of band gap E_g is carried by a linear extrapolation. Calculations are given in Table 1.

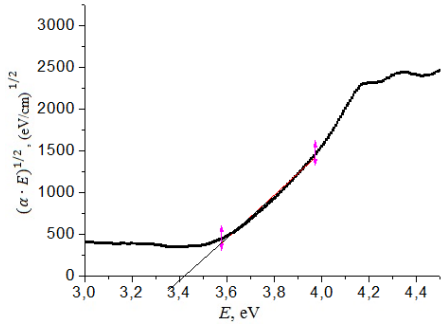


Fig.4. The determination E_g of TiO_2 thin films (20% O_2 partial pressure).

The obtained values of band gap are in good agreement with refractive spectrum.

Table 1

$n(O_2)$,%	20	30	40	50	60	70	80
E_g, eV	3.41	3.52	3.48	3.49	3.47	3.46	3.45

In conclusion, TiO2 thin films with good optical properties were obtained using a DMSS. It is shown that optical characteristics depend on a deposition mode. In particular, all samples are amorphous and their properties depend mainly on the presence of defects. Another feature is that the quantity of defects varies nonlinear.

References:

1. Ya-Qi Hou et all. Influence of Annealing Temperature on the Properties of Titanium Oxide Thin Film // Applied Surface Science. – 2003. - № 218. - p. 97-105.
2. Radecka M. et all. Importance of the Band Gap Energy and Flat Band Potential for Application of Modified TiO_2 Photoanodes in Water Photolysis// Journal of Power Sources. - № 181. – 2008. – p. 46–55.
3. Richards B.S. et all. TiO_2 DLAR Coatings for Planar Silicon Solar Cells // Prog. Photovolt: Res. Appl. - № 11. – 2003. – p. 27–32.
4. Mills A. et all. Preparation and Characterisation of Novel Thick Sol-gel Titania Film Photocatalysts // Photochem. Photobiol. Sci., 2003, №2. - p. 591-596.
5. Witit-anun N. et all. Structures and Optical Properties of TiO_2 Thin Films Deposited on Unheated Substrate by DC Reactive Magnetron Sputtering // Kasetsart J. (Nat. Sci.). - №43. - 2009. - p. 340 - 346.
6. Gilo M., Croitoru N. Properties of TiO2 Films Prepared by Ion-assisted Deposition Using a Gridless End-Hall Ion Source // Thin Solid Films 283. -1996. - p. 84-89.
7. Bendavid A., Martin P.J., Takikawa H. Deposition and Modification of Titanium Dioxide Thin Films by Filtered Arc Deposition // Thin Solid Films 360. - 2000. - p. 241-249.
8. Sidelev D.V. Technological Features of the Dual Magnetron Sputtering System for Reactive Deposition of Thin Film Coatings // Proceedings of the 18th International Scientific and Practical Conference «Modern Techniques and Technologies». - Tomsk. - 2012. – p. 181-182.
9. Brus V.V. et all. Comparison of Optical Properties of TiO_2 Thin Films Prepared by Reactive Magnetron Sputtering and Electron-beam Evaporation Techniques // Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. - v.14. - № 4. - 2011. - p. 427-431.
10. Hasan M. M. et all. Effects of Annealing Treatment on Optical Properties of Anatase TiO_2 Thin Films // World Academy of Science, Engineering and Technology. - № 40. - 2008. - p. 221-225.
11. Tauc J., Amorphous and Liquid Semiconductors, Plenum, London, 1974.
12. Sreemany M., et all. A Simple Spectrophotometric Method for Determination of the Optical Constants and Band Gap Energy of Multiple Layer TiO_2 Thin Films// Materials Chemistry and Physics. – 2004. - № 83. - p.169-177.

NONEQUILIBRIUM COPPER AND ALUMINIUM ELECTROCHEMICAL OXIDATION AS AN EFFECTIVE WAY OF COPPER-ALUMINIUM OXIDE SYSTEM PRODUCTION

Usoltseva N.V.
Scientific supervisor: V.V. Korobochkin, D. Sc., professor
National Research Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 30
E-mail: usoltseva.nv@mail.ru

Nowadays electrolysis is widely used in many ways. It underlies such processes as electrolytic refining, electroplating, galvanoplasty, anodization, production of some kinds of compound.

Both direct and alternating current is used for carrying out electrochemical processes. Benefits of alternating current are the reason of its widespread occurrence. According to application the different forms of alternating current are used. There are such forms of alternating current as sine, square, trapezoidal, triangular, saw-tooth, spiked, pulse, complex.

It is sinusoidal alternating current that is more common. Industrial frequency sinusoidal alternating current is reported to be the best type of alternating current for electrochemical processes particularly for metal oxide production [1]. The interest in electrochemical synthesis using industrial frequency alternating current is due to nonequilibrium conditions provide the capability to formation of high disperse produces with tailored composition and characteristics as well as refinement of products from impurities containing in reagent. Also the important feature of this method is simplicity of devises and maintenance.

The nature of catalyst precursor is known to play an important role in catalyst properties. That is why at present scientists pay attention to layered double hydroxides (LDHs) as an affective oxide catalyst precursor. As a result of layered structure, release of gases and vapour during heat treatment the layered double hydroxides are the precursors of metal oxides that possess appropriated pore structure and heat resistance [2].

Advantages of nonequilibrium electrochemical process and layered double hydroxides result in development the method of metal oxide system production that include electrochemical stage and stage of LDH formation.

Among metal oxides being produced electrochemically there are some of them that have catalytic application. These include oxides of aluminum, copper, zinc, titanium, nickel.

This paper deals with simultaneous nonequilibruim electrochemical oxidation of two metals. In comparison with oxide mixing the simultaneous synthesis of multioxide systems is known to let prepare system with better properties.

We are interested in copper-aluminium oxide system synthesis. It is because of the fact that this system is the basis of different processes catalysts as well as it is possible to prepare layered double hydroxides containing copper and alumunium [3-4].

We have synthesized copper-aluminium oxide system in the sodium chloride solution by electrolysis using alternating current of industrial frequency. Copper and aluminium plates were used as soluble electrodes.

It was estimated that during simultaneous nonequilibruim copper and aluminium electrochemical oxidation each metal positively influences another metal oxidation. It is more usual for aluminium. Depending on duration of oxidation weight decrease of copper electrode during simultaneous copper and aluminium oxidation is 2-4 times greater that during individual copper oxidation [5].

There are two ways of copper-aluminium oxide system production from products of electrochemical copper and aluminium oxidation using industrial frequency alternating current:

1. Carbonate method consists in isolation of target products from electrolyte ions by decantation and follows by air drying.
2. Oxide method consists in express washing of target products and drying at the subatmospheric pressure.

According to the X-ray results the products of the electrochemical copper and aluminium oxidation obtained by oxide method consist of copper (I) oxide and aluminium oxyhydroxide (boehmite).

Changes on the hydrolysis and drying stages of carbonate method result in formation of basic copper carbonate ($Cu_2(OH)_2CO_3$) and hydrate of copper-aluminium carbonate ($\left[M^{II}_{1-x}M^{III}_{x}(OH)_2\right]^{x+}\left[A^{n-}_{x/n}\cdot yH_2O\right]^{x-}$ – Cu-Al/LDH).

SEM-image shows that product obtained by carbonate method consists of large shapeless agglomerates (boehmite), aggregated plates like flower (Cu-Al/LDH) and fascicle of wires ($Cu_2(OH)_2CO_3$). As for oxide method it causes formation of large shapeless agglomerate (boehmite) on which surface copper (I) oxide as roundish agglomerates is distributed.

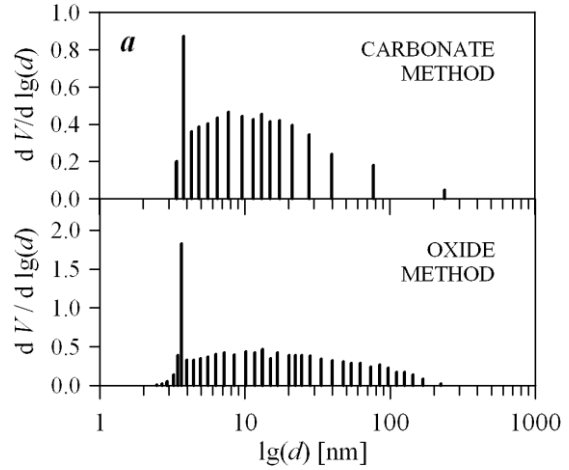
Since any carbon compounds were not used in carbonate method, basic carbonates were formed by means of carbon dioxide contained in the air.

As for catalysts it is advised to prepare the materials that pore structure preferably consists of mesopore. It is due to the fact that mesopores structure is the most suitable kind of pore structure for

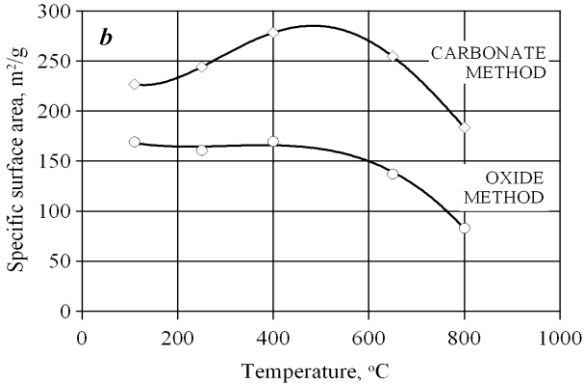
catalysts. Mesopores are so small that their specific surface area is quite high. At the same time they are big enough for preventing sharp sintering.

Pore size distributions (pic. 1) show that irrespective of method of production (carbonate or oxide method) majority pores are mesopore. It means that their sizes are over the range 2-50 nm [6]. Diameter of the greatest amount of mesopore is about 4 nm. Micropores with the average size less than 2 nm were not detected. Also in pore structure of our products there is a small amount of macropores that the average size exceeds 50 nm.

It was estimated that phase composition of products obtained by both carbonate and oxide methods influences on their specific surface area (pic. 2).



Picture 1. Pore size distribution of nonequilibrium copper and alumunuim electrochemical oxidation products



Picture 2. Specific surface area of nonequilibrium copper and alumunuim electrochemical oxidation products

In comparison with common methods of copper-alumunium oxide system production the method developed in our department provides formation the system which is more stable to heat treatment.

If we compare carbonate and oxides version of our method, we can see that carbonate version allows obtaining product with higher initial specific surface area and higher heat resistance.

As temperature rises from ambient to 500 °C specific surface area of products obtained by carbonate method (S_{CM}) is increased because of basic carbonate decomposition. At the same temperature range specific surface area of oxide method product (S_{OM}) remains constant. At the temperature above 500 °C heat treatment of products obtained by both methods causes decrease of specific surface area because of sintering and solid-phase reactions. Hence, carbonate method lets produce oxide system with higher hear resistance. It is expectable because release of vapor or gas during heat treatment is known to put obstacles on a way of material sintering. Therefore, it is no wonder that depending on temperature specific surface area of carbonate products is 30-120 % higher than this of oxide products (table).

Table. Dependence of specific surface area on method of oxide system production and heat treatment

Temperature, °C	S_{CM}/S_{OM}, %
110	34
250	44
400	64
650	86
800	120

In conclusion it can be said that irrespective of method of oxide system production (carbonate or oxide) the obtained copper-aluminium oxide system possesses suitable specific surface area, pore size distribution and heat resistance for this system to consider as prospective catalyst.

It should be mentioned that despite appropriate characteristics of oxide method products the layered double hydroxide formation is an important stage on the way of oxide system production at least concerning heat resistance.

References

1. Shulgin L.P. Electrochemical processes applying alternating current. – Nauka, Leningrad branch, 1974. – 68 p.

2. Handbook of Layered Materials. Edited by Scott M. Auerbach, Kathleen A. Carrado, Prabir K. Dutta. – New York: Marcel Dekker, Inc., 2004. – 646 p.

3. Kovanda F., Jiratova K. Supported layered double hydroxide-related mixed oxides and their application in the total oxidation of volatile organic compounds // Applied Clay Science. – 2011. – V. 53. – Is. 2. – Pp. 305–316.

4. Changa W., Shena Y., Xiea A., and Tong W. Preparation of Al_2O_3-Supported Nano-Cu_2O Catalysts for the Oxidative Treatment of Industrial Wastewater // Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2009. – V. 83. – N 13. – Pp. 2308–2312.

5. Korobochkin V.V. Usoltseva N.V. Balmashnov M.A. Nonequilibrium electrochemical synthesis of copper-aluminium oxide system // Fundamental research (Russia). – 2012. – No. 11 (1). – Pp. 143–147.

OBTAINING OF $Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$ SOLID LI-ION CONDUCTIVE CERAMICS BY SPARK PLASMA SINTERING

Yazykov D.K., Khasanov A.O., Kachaev A.A.
Scientific adviser: Filimonov S.Y., PhD.
Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, Lenina avenue, 30
E-mail: realize@tpu.ru

1. Introduction

Solid lithium ion conductors continue to attract great interest, especially for application in lithium batteries. Foremost features are a high Li-ion conductivity at operating temperature (preferably ambient temperature) and negligible electronic conductivity over the employed range of lithium activity and temperature. Furthermore, a negligibly small grain-boundary resistance is important if polycrystalline, ceramic-type materials are used. Other important features are stability against chemical reaction with the electrodes, especially with elemental Li or Li-alloy negative electrodes and matching thermal expansion coefficients with both electrodes. Finally, as in all industrial developments, solid state lithium ion conductors must be environmentally benign, non-toxic, non-hygroscopic, low cost materials and their preparation should be easy.

The attention was drawn by the NASICON type Li-ion conductors namely the composition $Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$ **(**LATP) due to its rather high Li-ion conductivity at room temperature (Fig. 1.), easy sintering and good compatibility [1].

The purposes of this work are to investigate the initial powder and to obtain high density Li-ion conductive ceramics by spark plasma sintering (SPS) technique.

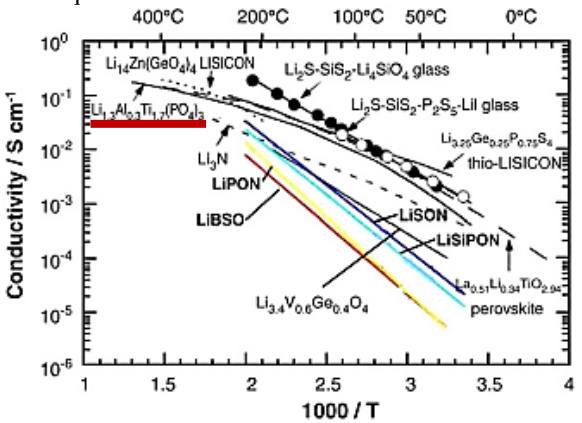


Fig.1. Arrhenius plot of ionic conductivity of important crystalline inorganic solid lithium ion conductors.

The SPS method can perform high-quality "sintering" and "fusion" at temperatures below that in the conventional sintering processes, such as hot pressing, hot isostatic pressing and sintering in air. The SPS method is a unique new process of synthesis and production of new materials. All analyses were carried out in TPU Nanocentre.

The conventional sintering (CS) method was also used in order to obtain preliminary pressed ion conductive pellets.

2. Experimental

In order to obtain $Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$ ceramics, the powder was synthesized by citrate sol-gel technique in the Institute of Metallurgy and Material Science RAS (Moscow). A crystallographic phases analysis was carried out by X-ray diffraction with a Shimadzu XRD-7000 diffractometer using a Cu K_α radiation source. The specific surface area of the initial powder was analyzed using 4-point BET method on «Sorbi» device. The density of the pellets was measured geometrically. A density of 2.92 g/cm^3 is taken as the theoretical value of bulk LATP.

Before sintering, dilatometry was carried out using NETZSCH DIL 402 PC.

Synthesizing of the ceramic pellets (15 mm in diameter) was obtained by two approaches - SPS and CS of pressed pellets. Easy sintering and good compatibility of LATP powder allowed us to synthesize dense ceramic samples without using any binders.

In case of SPS powder charge was placed into graphite die which was then held in the vacuum chamber. The SPS process implies sample's heating by current pulses, which go through a conducting die and the sample itself, if it is an electronic conductor [2]. Sintering was carried out at 900-1000°C at temperature rate of 100 °C/min. Holding time was 10 minutes and applied pressure was 30 MPa.

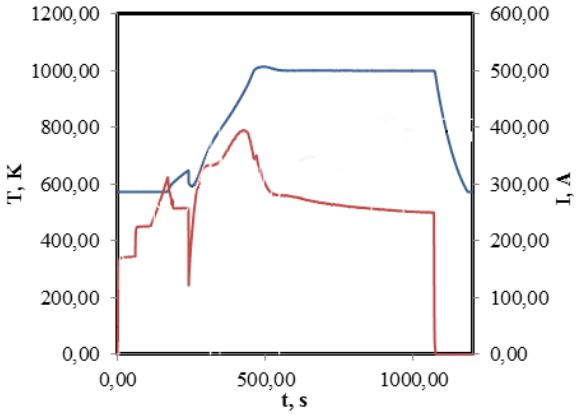


Fig.2. Current (red) and temperature (blue) dependence of time.

It should be noted that all parameters of sintering were continuously controlled during SPS process. The dependence of current and temperature on time is presented in Fig. 2.

For CS LATP powder was uniaxially pressed at 200 MPa and then sintered at 900°C in high-temperature oven LAC 10/17.

3. Results and discussions

Figure 3 shows XRD pattern of the initial LATP powder. The analysis was held at room temperature and all the major peaks are indexed in the crystal system of the LATP powder [3].

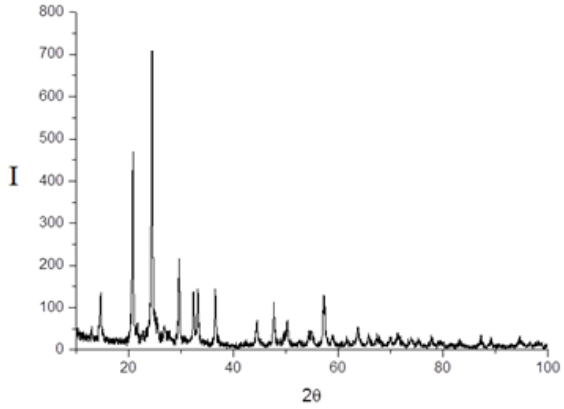


Fig. 3. XRD pattern of the LATP powder.

Specific surface area of the synthesized LATP powder was 17.5±1 m^2/g.

Sintering shrinkage curve is given in Fig. 4. At a low temperature only thermal dilatation of the green body is recorded [4]. When the temperature is reached 800°C the sintering process began and pellet started to shrink. Rapid expansion of pellet began at 950°C.

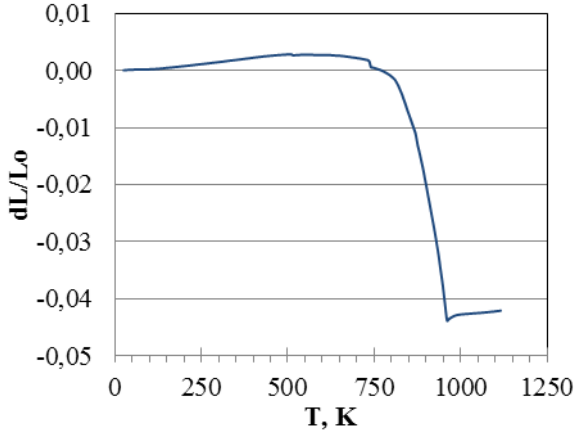


Fig.4. Dilatometry of pressed LATP pellet.

It was determined that the best way of obtaining dense ceramic pellets is to use SPS technique. The process lasted several minutes instead of hours during CS and the final density was much higher. Spark plasma sintered samples were treated at ultrasonic cleaner GRAD 28-35 in order to clear the surface from graphite paper which is used as a protection layer.

Before CS and after pressing at 200 MPa there was no sample's crash or shrinkage. During CS the interaction between alumina crucible and LATP pellet was not determined.

Density of obtained samples is presented in Table 1. It was also found out from the data obtained after SPS that the best density was achieved at 1000°C.

Table1. Density of obtained LATP ceramic pellets.

Approach	Sintering temperature, °C	Density, g/cm^3	Relative density, %
SPS	900	2.69	91
	1000	2.75	94
CS	900	1.94	66

4. Conclusions

Inorganic solid-state electrolytes are promising for the solution to the safety issue of lithium ion batteries. Spark plasma sintering (SPS) technique has been used to obtain dense lithium ion ceramics composed of the crystalline phase of $Li_{1.3}Al_{0.3}Ti_{1.7}(PO_4)_3$ with NASICON-type structure. Ceramic pellet densities obtained by SPS at 1000°C are 94% of the theoretical density.

References

1. Philippe Knauth. Inorganic solid Li ion conductors: An overview // Solid State Ionic. – 2009. – Vol. 180. – P. 911–916.
2. Xiaoxiong Xu, Zhaoyin Wen *, Xuelin Yang, Lidong Chen. // Materials Research Bulletin. – 2008. – Vol. 43. – P. 2334–2341.
3. Sandrine Duluard, Aude Paillassa, Laurent Puech and others. // Journal of European Ceramic Society – 2013. – Vol. 33. – P. 1145-1153.
4. Maca K., Pouchly V., Boccaccini A. R. Sintering Densification Curve – a Practical Approach For Its Construction From Dilatometric Shrinkage Data. // Science of Sintering. – 2008. – Vol. 40. – P. 117-122.

СЕЛЕКТИВНЫЕ СЕНСОРЫ ВОДОРОДА В РЕЖИМЕ ТЕРМОЦИКЛИРОВАНИЯ

Алмаев А.В., Сергейченко Н.В, Рудов Ф.В.
Научный руководитель: Максимова Н.К., к.ф.-м.н.
Томский государственный университет, 634050, Россия, Томск, пр. Ленина, 36
E-mail: Edelveisu@yandex.ru

Водородная энергетика это современная отрасль энергетики, направленная на выработку и потребление энергии человечеством, основанная на использовании водорода в качестве средства для аккумулирования, транспортировки и потребления энергии людьми, транспортной инфраструктурой и различными производственными направлениями. Водород выбран как наиболее распространенный элемент на поверхности земли и в космосе, теплота сгорания водорода в воздухе равна $120.9 \cdot 10^6$ Дж/кг (1.5 больше, чем у угля), а продуктом сгорания является вода (которая вновь вводится в оборот водородной энергетики). Однако широкое внедрение водорода в энергетику, промышленность, транспорт, коммунальное хозяйство потребует разработки новых подходов к практике обращения с ним. К серьёзным недостаткам водорода следует отнести его высокую взрывоопасность. Вот почему при эксплуатации атомной электростанции возникает необходимость в непрерывном контроле содержания водорода в защитной атмосфере гермозоны реакторов и в других каналах атомной электростанции.

Довзрывоопасная концентрация водорода должна быть, как можно раньше обнаружена с целью предупреждения аварийной ситуации. В этой связи разработка быстродействующих автоматических сигнализаторов довзрывоопасной концентрации водорода при его натекании в свободные объёмы является актуальной задачей. Не менее важным является применение подобных высокочувствительных информационно-диагностических систем сверхраннего обнаружения несанкционированного натекания малых концентраций водорода в космической технике и многочисленных технологических процессах.

Решение этих проблем требует не только организационно-технических подходов, но и поиска и разработки новых материалов и технологий.

В связи с этим разработка физических основ создания датчиков водорода с улучшенными характеристиками является сегодня одним из активно развивающихся направлений современной науки. Движущей силой этого развития является сложившееся противоречие между растущим спросом на усовершенствованные датчики водорода, инициированным бурно развивающейся водородной энергетикой, и недостатком знаний, необходимых для их разработки. Более того, пока до конца не раскрыты механизмы влияния ряда физических факторов на такие важные параметры датчиков как чувствительность, селективность, время измерения и время восстановления датчиков, а также длительность наработки на отказ и стабильность сенсоров в условиях меняющейся влажности. К тому же в процессе реакции получения водорода кроме нужного водорода выделяются еще и CO и CH_4, утечку которых нужно отслеживать.

Существующие сегодня промышленно выпускаемые датчики с толстоплёночным или объёмным исполнением чувствительных элементов не удовлетворяют всему комплексу предъявляемых к ним жёстких требований, и в особенности, таким требованиям, как малые размеры, низкая потребляемая электрическая мощность и стоимость, а также хорошая совместимость с устройствами съёма и обработки информации.

На базе имеющейся в ТГУ микроэлектронной технологии изготовления газовых сенсоров на основе нанокристаллических тонких пленок металлооксидных полупроводников SnO_2 проводились исследования для получения быстродействующих селективных датчиков водорода для нужд водородной энергетики. Предварительные исследования показали, что для повышения величины отклика целесообразно использовать термоциклирование датчика.

В настоящей работе на примере CO и молекулярного водорода изучена возможность селективного детектирования H_2 с помощью сенсоров на основе тонких пленок из партии (1)-Pt/PSnO_2:Sb в режиме импульсного нагрева.

Тонкие (около 100 нм) плёнки SnO_2 получали магнетронным распылением в кислородно-аргонной плазме мишени из сплава олова с сурьмой (0.5 ат. %). На поверхность плёнок из партии (1) напыляли сверхтонкие островковые слои каталитической платины и палладия. Нагреватель сенсора выполнен из платины с обратной стороны подложки. После изготовления сенсоры собирались в корпуса ТО-8.

Для измерения газочувствительных характеристик образцы помещали в кварцевую камеру объемом 1000 мл, снабженную вентилятором. Одновременно в камеру ставили и исследовали четыре образца. Через камеру прокачивали поток воздуха: осушенного цеолитом и увлажненного барботером, затем камера герметизировалась. Шприцом-дозатором подавали пробу газа, который создавал в камере необходимый состав газовоздушной смеси. После

измерения камеру прокачивали чистым воздухом с заданным уровнем влажности.

Измерения профилей проводимость-время (ППВ) сенсоров производили с помощью универсального автоматизированного стенда, который позволял легко перестраивать в широком диапазоне температуру и длительность импульсов нагрева и охлаждения.

Измерения проводились с заданным уровнем влажности (RH= 34 %). За отклик принимали отношение G_1/G_0, где G_0 и G_1 значения проводимости в чистом воздухе и в газовоздушной смеси, соответственно.

Исследования показали, что величина отклика и быстродействие сенсоров, существенно зависят от температуры и длительности циклов нагрева и охлаждения.

В табл.1 представлены результаты изучения отклика на H_2 в зависимости от температуры и длительности циклов нагрева и охлаждения для сенсоров из партии (1). Значения G_1/G_0 выше в цикле охлаждения, чем в цикле нагрева.

Таблица 1. Значения отклика на 100 ppm H_2 в зависимости от температуры и длительности циклов нагрева T_1, t_1 и охлаждения T_2, t_2 на сенсорах из партии (1). G_1/G_0 измеряли в конце каждого цикла охлаждения

T_1, ^{0}C	t_1, с	T_2, ^{0}C	t_2, с	$G_1/G_0(T_2)$
400	1	30	4	123.6
410	1	30	4	210.5
450	1	30	4	553.3
450	1	100	4	442.8
450	1	100	5	417.8
410	2	30	5	1008.3
410	2	30	6	1066.2

Из таблицы 1 видно, что при режиме термоциклирования сенсоров: цикл нагрева – T_1=410 ^{0}C длительностью 2 с, цикл охлаждения – T_2=30 ^{0}C длительностью 5 с, наблюдается очень высокий отклик на водород G_1/G_0=(1000-1070), по сравнению с откликом при постоянном нагреве G_1/G_0=(50-100).

На рис. 1 совмещены профили проводимость-время (ППВ) сенсоров при разных длительностях циклов нагрева и охлаждения, измеренные при уровне влажности RH=35 % при воздействии 100 ppm H_2.

Из рис.1 видно, что форма ППВ существенно зависит от длительности циклов нагрева и охлаждения. Эти особенности дают возможность, изменяя длительности и температуры циклов нагрева и охлаждения, выбрать оптимальный режим для получения максимального отклика на низкие концентрации водорода n_{H2}=(10-100) ppm.

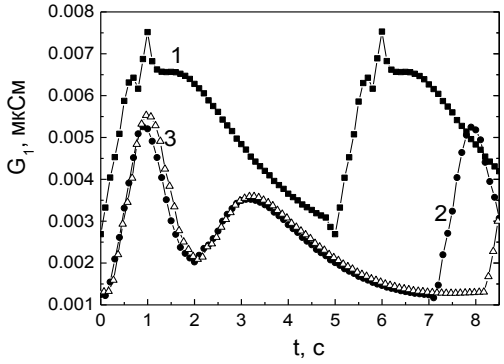


Рис.1. Временные зависимости проводимости сенсора из партии (1) при воздействии 100 ppm H_2, в следующих режимах термоциклирования: 1 - нагрев до 410 ^{0}C (1 с), охлаждение до 30 ^{0}C (4 с); 2 - нагрев до 410 ^{0}C (2 с), охлаждение до 30 ^{0}C (5 с); 3 - нагрев до 410 ^{0}C (2 с), охлаждение до 30 ^{0}C (6 с)

Использование режима термоциклирования позволяет селективно выделять водород на фоне других выделяющихся в процессе реакций восстановительных газов (рис.2).

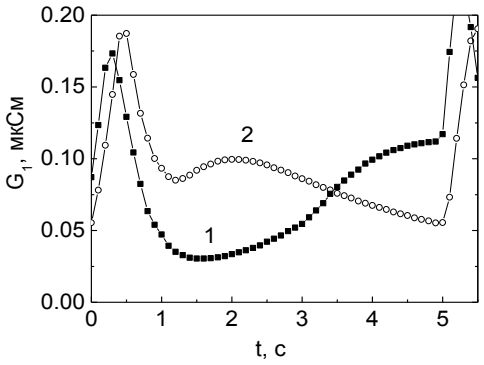


Рис. 2. Профили проводимость-время сенсора из серии (1) Pt/Pd/SnO_2:Sb в режиме термоциклирования: 410 ^{0}C, 1 с; 30 ^{0}C, 4 с, при воздействии 100 ppm следующих газов: CO (кривая 1) и H_2 (кривая 2)

Форма ППВ в цикле охлаждения в случае CO и H_2 существенно различается. Эти особенности обусловлены различием реакций окисления монооксида и водорода на поверхности диоксида олова. Результаты исследований, показали, что отклик пленок из серии (1) значительно выше на воздействие водорода, чем на монооксид углерода. Это дает возможность использовать сенсоры из партии (1) для селективного детектирования водорода на фоне выделяющегося монооксида углерода в водородной энергетике.

ЭЛЕКТРОННАЯ И АТОМНАЯ СТРУКТУРА НАНОСЛОЕВ КРЕМНИЯ НА ВЫСОКООРИЕНТИРОВАННОМ ПИРОЛИТИЧЕСКОМ ГРАФИТЕ

Анисимов А.В., Турищев С.Ю., Нежданов А.В.
Научный руководитель: Терехов В.А., д.ф.-м.н., профессор
Воронежский государственный университет, 394006, Университетская пл. 1, г. Воронеж, Россия
xasanderx@yandex.ru

Открытие новых наноструктурированных аллотропных форм углерода, таких как графен, вызвало значительный интерес к поиску возможностей формирования аналогичных структур кремнием, являющимся ключевым материалом электроники на протяжении последних десятилетий. Как один из вероятных способов получения кремниевых наноструктур, аналогичных углеродным, рассматривается использование углеродных структур в качестве матриц-подложек для кремниевых [1, 2].

В данной работе представлены результаты исследования электронной и атомной структуры кремниевых нанослоев на подложке из высокоориентированного пиролитического графита (Si/ВОПГ).

Были изучены два образца, полученные методом электронно-лучевого испарения сотрудниками Нижегородского Государственного Университета. Для изготовления образца с толщиной слоя кремния порядка 5 нм использовался сверхвысоковакуумный комплекс Multiprobe RM (Omicron Nanotechnology GmbH), образца с толщиной слоя кремния порядка 3 нм - модернизированная вакуумная установка ВУ-1А.

Для исследований использовались методики спектроскопии ближней тонкой структуры края рентгеновского поглощения (XANES) и ультрамягкой рентгеновской эмиссионной спектроскопии (USXES), позволяющие с высоким энергетическим разрешением получить данные о распределении локальной парциальной плотности электронных состояний в зоне проводимости и валентной зоне кремния соответственно. Спектры XANES были получены сотрудниками кафедры ФТТ и НС физического факультета ВГУ на синхротроне SRC университета Висконсин-Мэдисон (Стоутон, США), спектры USXES – на модернизированном лабораторном рентгеновском спектрометре-монохроматоре РСМ-500 (ВГУ).

На рис. 1 представлены спектры $L_{2,3}$-края рентгеновского поглощения изучаемых образцов в сравнении с эталонами кристаллического кремния (c-Si), аморфного кремния (a-Si) и оксида кремния (SiO_2). Глубина анализа при получении спектров составила порядка 5 нм. Для обоих образцов очевидно отсутствие спектральных особенностей структуры дальнего порядка, характерных для кристаллического кремния. Область края поглощения элементарного кремния имеет характер, более сходный с эталонным спектром a-Si, однако для образца с толщиной слоя кремния

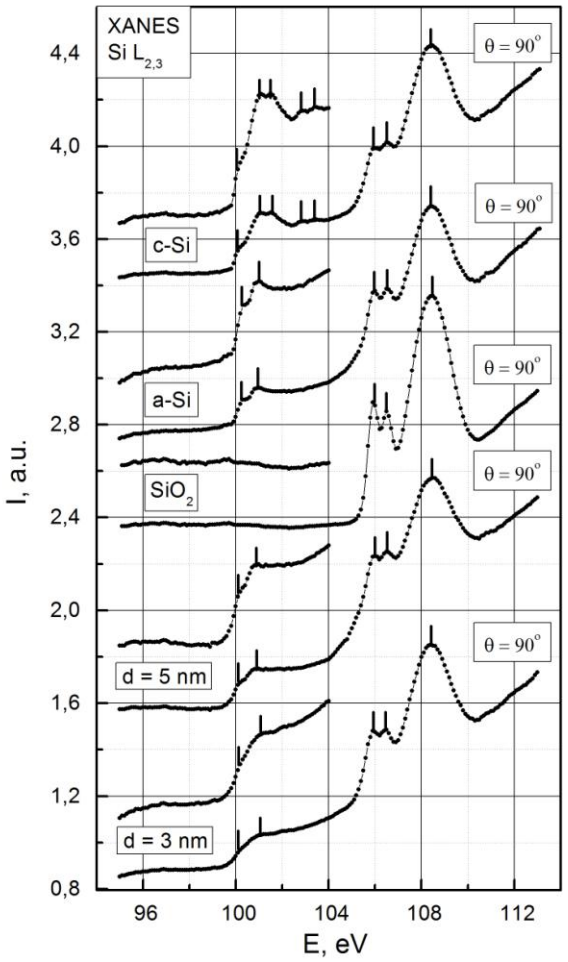


Рисунок 1. Эталонные XANES $L_{2,3}$-спектры кристаллического кремния, аморфного кремния и SiO_2, а так же экспериментальные спектры исследуемых образцов. θ – угол скольжения луча синхротронного излучения, d – толщина слоя кремния в образце.

порядка 3 нм пик, свидетельствующий о наличии ближнего порядка (101 эВ), выражен крайне слабо. Для всех экспериментальных спектров в значительной степени представлены пики, свойственные эталону SiO_2 (105,9 эВ, 106,5 эВ и 108,4 эВ), что говорит об окислении образцов, а также наблюдается небольшое (порядка 0,2 – 0,3 эВ) уменьшение энергии фундаментального края поглощения, а значит и дна зоны проводимости кремния в образцах относительно эталонов.

Анализ результатов ультрамягкой рентгеновской эмиссионной спектроскопии, полученных при глубине анализа 10 нм (рис. 2), а также сопоставление с эталонами, показывает, что выдержка на воздухе привела к значительному окислению кремниевого слоя. Особенно это выражено в образце с более тонким слоем кремния (порядка 3 нм), так как основные максимумы в спектре валентной зоны (~ 89 и ~ 95 эВ) в данном случае соответствуют образованию связей с кислородом. Кроме того, в спектре данного образца несколько повышена интенсивность в области ~ 92 эВ по сравнению со спектром эталона SiO_2, что может быть обусловлено присутствием элементарного кремния, а также наблюдается наличие низкоэнергетического наплыва при энергии излучения порядка 84 - 86 эВ. Последнее может быть обусловлено образованию связей с углеродом и формированию SiC. В более толстых слоях кремния (5 нм) наблюдается существенно меньший вклад оксида кремния и большее количество явно разупорядоченного кремния. Также наблюдается наличие вклада карбида кремния. Более детальный анализ тонкой структуры эмиссионного Si $L_{2,3}$-спектра при помощи специального программного обеспечения, позволяющего осуществить моделирование спектра исходя из спектров различных эталонов, позволяет обнаружить в образце с толщиной слоя кремния порядка 5 нм не только аморфный, но и низко координированный кремний (силицин), т.е. наличие атомов кремния с координационным числом, меньшим чем 4.

Таким образом, в ходе работы был проведен анализ электронной и атомной структуры нанослоев кремния на подложке из высокоориентированного пиролитического графита. В образце с толщиной слоя кремния порядка 5 нм обнаружено формирование фазы низко координированного кремния (силицина), а также выявлена заметная аморфизация наночастиц кремния. В спектрах обоих образцов были выявлены свидетельства образования связей кремния с углеродом и формирования карбида кремния, а также наблюдалось уменьшение энергии дна зоны проводимости кремния на 0,2 – 0,3 эВ.

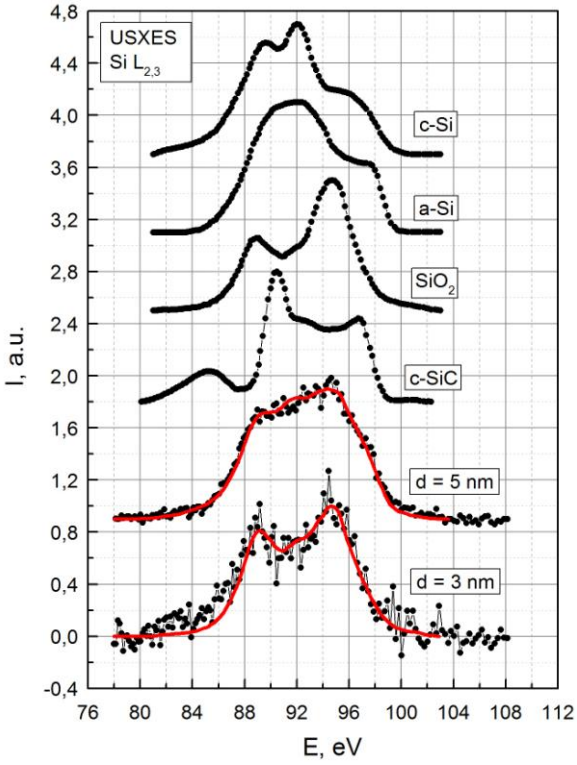


Рисунок 2. USXES $L_{2,3}$-спектры исследуемых образцов, а также эталонов кристаллического кремния (c-Si), аморфного кремния (a-Si), оксида кремния (SiO_2) и карбида кремния (c-SiC). Точки – экспериментальный спектр, сплошная линия – модельный спектр.

Литература:

1. Zeng B., Xiong G., Chen S. et al. // Appl. Phys. Lett. 2007. V. 90. № 3. 033112.
2. Филатов Д.О. Структура и свойства наноструктур Si на поверхности высокоориентированного пиролитического графита / Д.О. Филатов, Д.А. Антонов, С.Ю. Зубков, А.В. Нежданов, А.И. Машин // Известия РАН. Серия физическая – 2011 – том 75 – № 1 – с. 18 – 22

ПОРОШКИ $ZrO_2(Y_2O_3)$, ПОЛУЧЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИМ ОСАЖДЕНИЕМ И ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМ СИНТЕЗОМ, И МАТЕРИАЛЫ НА ИХ ОСНОВЕ

Асташова Т. А.[1]
Научные руководители: Козлова А.В.[1,2,3], Буякова С.П.[1,2,3]
Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634021, г. Томск, пр. Академический, 2/4
E-mail: AstashovaTanyaA@yandex.ru

На стадии синтеза порошков закладываются фазовый состав и структура, определяющие эксплуатационные и физические свойства материалов, получаемых из порошковых систем [1, 2]. Варьирование морфологических характеристик порошков является одним из способов получения пористых керамик. Научный и практический интерес в этой области вызывают керамические материалы на основе высокодисперсных порошков системы $ZrO_2(Me_xO_y)$, обладающие высокой температурой плавления, химической стойкостью, прочностью. Использование высокодисперсных порошков в производстве пористых керамических материалов делает возможным их использование в различных областях техники в экстремальных условиях при воздействии термических, механических и других нагрузок.

Цель данной работы – анализ морфологических параметров порошков $ZrO_2(Y_2O_3)$ одного химического состава, полученных разными методами, и синтез керамических материалов на их основе.

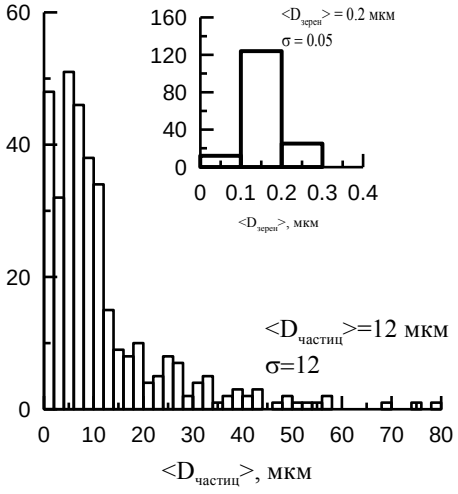
В работе использовались порошки твёрдых растворов состава ZrO_2+3 мольн. % Y_2O_3. Один из порошков получен разложением солевых растворов в плазме высокочастотного разряда, второй - методом химического осаждения. Материалы на основе исследуемых порошков получены прессованием и последующем спеканием при 1500 ^oC в течение часа.

Анализ морфологии частиц по изображениям, полученным посредством сканирующей электронной микроскопии, показал, что порошок $ZrO_2(Y_2O_3)$, полученный методом химического осаждения солевых растворов (Чепецкий механический завод, г. Глазов), состоял преимущественно из плотных полизёренных агломератов, не имеющих регулярной формы, рисунок 1 (а). Согласно распределению частиц порошка по размеру, средний размер агломератов равнялся 12 мкм, рисунок 1 (б). Средний размер составляющих агломераты частиц был равен 0.2 мкм. Удельная поверхность порошка, измеренная методом БЭТ, составила 7.6 $м^2/г$. Для более тонких исследований посредством просвечивающей электронной микроскопии частицы были слишком массивны.

Агломераты химически осажденного $ZrO_2(Y_2O_3)$ представляли собой пористый каркас, достаточно прочно соединенных между собой кристаллических наночастиц. Наличие в порошке таких агломератов, имеющих прочный пористый каркас, может приводить к появлению в микроструктуре сформованного образца пористых участков, которые не удаляются при спекании.



а)

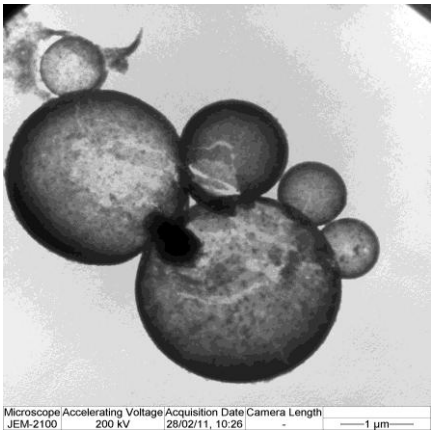


б)

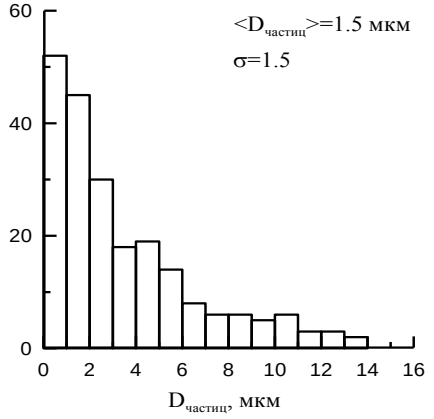
Рис.1. а) Порошок диоксида циркония, полученный химическим осаждением; б) распределение частиц порошка по размерам

Порошок диоксида циркония, полученный плазмохимическим синтезом, состоял из обособленных полых сферических частиц, многочисленных агрегатов с рыхлой структурой, состоящих из сферических частиц и их обломков, и частиц, не имеющих регулярной формы, рисунок 2 (а). Средний размер частиц порошка, с учетом всех морфологических видов, составил 1.5 мкм, а полых сферических частиц - 1.7 мкм, рисунок 2 (б). Часть частиц, как сферических, так и их обломков, были прозрачны для электронного пучка, из чего можно

сделать заключение, что их толщина не превышает 50 нм. Удельная поверхность порошка составила 7 $м^2/г$.



а)



б)

Рис.2. а) Порошок диоксида циркония, полученный плазмохимическим синтезом; б) распределение частиц порошка по размерам

Согласно исследованиям, проведенным на ртутном порозиметре Pascal 240, пористость частиц порошка диоксида циркония, полученного методом химического осаждения, составила 76 %. Распределение пор по размерам в порошке характеризовалось полимодальностью. В частицах порошка преобладали поры с размерами 0.1 мкм (около 26 %), и поры с размерами около 10 мкм (42 %). В связи с тем, что порошок состоял из полизёренных агрегатов со средним размером 0.2 мкм, можно утверждать, что первый пик в распределении, соответственно, приходится на межзеренные поры, а более крупные поры являются внутриагломератными.

Распределение пор по размерам в порошке ZrO_2, полученном плазмохимическим методом, характеризовалось наличием одного максимума. Средний размер пор составил 2 мкм. Поры с размерами в диапазоне 1 – 3 мкм присутствовали в порошке в количестве 50 %. Как видно, средний размер пор порошка соизмерим со средним размером сферических частиц порошка.

Рентгенофазовый анализ порошка диоксида циркония $ZrO_2(Y_2O_3)$, полученного методом химического осаждения, показал наличие тетрагональной и моноклинной фаз диоксида циркония в количестве 65 и 35 % соответственно. В порошке системы $ZrO_2(Y_2O_3)$, полученном плазмохимическим методом, преобладающей фазой являлась тетрагональная фаза в количестве 95 %. Сравнение параметров кристаллической решетки порошков показало, что при одинаковом содержании оксида иттрия в порошках, в твердом растворе $ZrO_2(Y_2O_3)$, полученном химическим осаждением, содержится около 1.4 мол. % оксида иттрия. Данный факт может стать причиной разницы в количестве высокотемпературной тетрагональной фазы в порошках, а именно, меньшее ее содержание в ZrO_2, синтезированном методом химического осаждения.

По окончанию нагрева количество тетрагональной фазы в образцах сохраняется в сравнении с исходными порошками независимо от метода их получения. Изотермическая выдержка продолжительностью 1 час привела к незначительному уменьшению количества t-ZrO_2 с 98 до 95 % в образцах из порошка, полученного термическим разложением. Для материала из порошка, полученного химическим осаждением, количество тетрагональной фазы изменилось с 70 до 25 %. Для тетрагональной модификации диоксида существует понятие «критический размер зерна» ($d_{кр}$), с превышением которого происходит самопроизвольное тетрагонально-моноклинное превращение [3]. Исследования структуры материалов, полученных спеканием порошков, показали, что для образцов из химически осажденного порошка средний размер зерна, при котором происходит фазовый переход, равнялся 0.7 мкм, а для образцов из плазмохимического порошка – 0.9 мкм.

Таким образом, проведен сравнительный анализ порошков, одного химического состава, полученных разными методами. Выявлена разница в фазовом составе и кристаллической структуре порошковых материалов. Исследована структура материалов на их основе.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки России Соглашения № 14.132.21.1409, 11.519.11.2020 и Госзаказа «Наука».

Литература:

1. Красулин Ю.Л. Пористая конструкционная керамика. М.: «Металлургия», 1980 г. - 100 с.;
2. Левина Д.А. Тенденции развития современного материаловедения / Д.А. Левина, Л.И. Чернышев // Вестник УМТ, 2008. - № 1(1). – С. 37 – 54;
3. Hannink R. H. J., Kelly P. M., Muddle B. C. - Transformation in Zirconia-Coating Ceramics // J. Am.Ceram. Soc. - 2000. - V 83, № 3. - P. 461-487.

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ Cr^{3+} В НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ АЛЮМОХРОМОВЫХ МАТЕРИАЛАХ

Баронский М.Г., Костюков А.И.
Научный руководитель: Снытников В.Н., к.ф.-м.н., Расторгуев А.А.
Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,
630090, Россия, г.Новосибирск, пр. академика Лаврентьева 5.
E-mail: baronskiymg@mail.ru

Исследованиям строения и свойств алюмохромовых катализаторов, их взаимосвязи с каталитической активностью, определению природы активного центра, посвящено много работ, выполненных на модельных системах катализаторов (МСК) с общей формулой CrO_x/Al_2O_3 [1,2]. На основании этих работ установлено, что за каталитическую активность ответственны Cr^{3+}, образующиеся при восстановлении растворимых форм Cr^{6+}. МСК – являются сложными наноразмернми системами с высоким содержанием Cr_2O_3 (до 11 мас.%) и представляют собой совокупность полиморфных модификаций Al_2O_3 и Cr_2O_3 , а также твердых растворов на их основе [1]. На сегодняшний день, нет полной ясности в механизме катализа. Понимание механизма невозможно без детального изучения электронной структуры.

Возможности, связанные с применением фотолюминесцентных (ФЛ) методов общеизвестны: высокая чувствительность, на 3-4 порядка большая по сравнению со спектрофотометрическими методами измерений, селективность, неразрушающая мягкость воздействия, - всё это чрезвычайно важно при исследовании электронной структуры объёма и поверхности, особенно при изучении наноразмерных объектов, таких как алюмохромовые катализаторы дегидрирования легких алканов. Наличие высоких концентраций Cr_2O_3 на поверхности катализаторов ослабляет ФЛ центров люминесценции, а также приводит к нарушению закона Ламберта-Бера, вследствие высоких коэффициентов поглощения.

Спектроскопическое поведение зонда - Cr^{3+} в различных полиморфных фазах Al_2O_3 для малых концентраций известно [3]. Работы по ФЛ изучению алюмохромовых катализаторов с высоким содержанием хрома нам не известны. Обнаружение ФЛ в МСК позволит изучить электронную структуру, и, возможно, установить взаимозависимость каталитически активных центров и центров ФЛ.

Целью данной работы является характеризация МСК с высокими концентрациями Cr_2O_3 (до 11.3 мас. %) методом стационарной ФЛ.

Образцы МСК и носитель были синтезированы к.х.н. Зайцевой Н.А (ИК СО РАН) в соответствии с описанной процедурой в работе [1]. Носитель для катализаторов γ-Al_2O_3 получен методом центробежной термоактивации гиббсита (ЦТА). МСК готовили методом пропитки продукта ЦТА по влагоемкости водными растворами CrO_3 различной концентрации. Содержание хрома в конечном продукте МСК варьировали в пределах от 0,1 до 11 мас. % в пересчете на Cr_2O_3. Образцы досушивали на воздухе при комнатной температуре до сыпучего состояния, а затем в сушильном шкафу в течение 4 ч при 120°С. Для полного удаления влаги дополнительно прокаливали на воздухе в муфельной печи при температуре 750°С в течение 1 ч. В работе [1] проведена характеризация МСК с использованием набора физико-химических методов, рентгенофазового анализа (РФА), просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМВР), энергодисперсионного рентгеновского микроанализа (EDX), и ряда других.

Спектры ФЛ и спектры возбуждения фотолюминесценции (ВФЛ) образцов МСК записывали на спектрофлуориметре фирмы CaryEclipse (Varian) в стандартных условиях. Измерения ФЛ охватывали область 550-900 нм, а возбуждение ФЛ в области 330-680 нм. Элементный состав определяли на рентгеноспектральном флуоресцентном анализаторе ARL -Advant'x с Rh – анодом. Электронные спектры диффузного отражения (ЭСДО) в УФ - и видимой областях были сняты на спектрофотометре UV-2501 PC фирмы “Shimadzu” с приставкой диффузного отражения ISR-240 A. Стандартом отражения служил $BaSO_4$ в диапазоне 190-900 нм. Данные ЭСДО представлены в координатах: функция Кубелки-Мунка — волновое число.

Обнаружено, что всем образцам МСК, в т.ч. с высоким содержанием Cr_2O_3, при комнатной температуре, свойственна ФЛ в области 650-850 нм с $\lambda_{макс.} \sim 696$ нм, при возбуждении в λ=530 нм. В аналогичных условиях записан спектр ФЛ носителя γ-Al_2O_3, в котором, по данным элементного анализа, присутствует Cr с концентрацией 0,004 мас. %, а также Fe с концентрацией 0,009 мас. %. На рисунке 1 представлен сводный спектр ФЛ МСК и носителя. Соотношение интенсивностей полосы ФЛ с $\lambda_{макс.}$ = 696 нм для кривых 1-6 равно: 46: 43: 14: 5:1.6: 1, соответственно.

Спектры ВФЛ носителя и МСК для $\lambda_{макс.}$ =696 нм приведены на рисунке 2. В спектрах ВФЛ присутствуют две широкие полосы в областях 400-450 нм и 500-650 нм с максимумами при $\lambda_{макс.} \sim$ 570 нм, $\lambda_{макс.} \sim$ 440 нм.

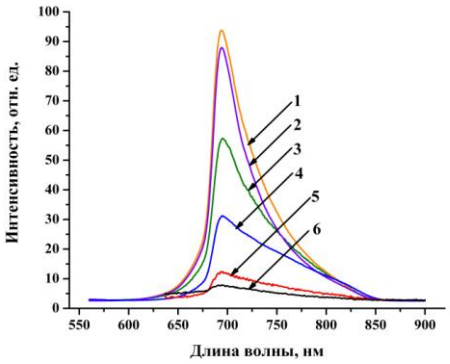


Рис.1. Спектры ФЛ образцов МСК с различным содержанием Cr_2O_3: 1- 0,1%, 2 - 1%, 3 - носитель, 4 - 4%, 5 - 8%, 6 - 11%. Возбуждение, λ = 530 нм.

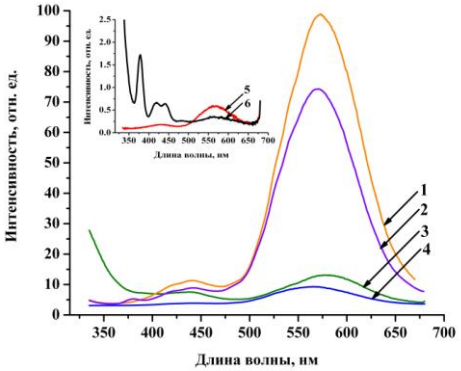


Рис. 2. Спектры ВФЛ образцов МСК с различным содержанием Cr_2O_3: 1 - 0.1% , 2 - 1%, 3 - носитель, 4 - 4%, 5 - 8%, 6 - 11%.

Спектры ЭСДО носителя и МСК представлены на рисунке 3. Анализ этих спектров проведен в работе [1].

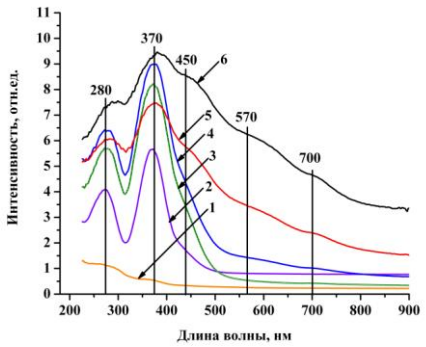


Рис. 3. Спектры ЭСДО носителя и образцов МСК с различным содержанием Cr_2O_3: 1- носитель, 2 - 0.1%, 3 - 1%, 4 - 4%, 5 - 8% , 6 - 11%.

Спектр ФЛ носителя представлен интенсивной полосой с максимумом вблизи λ =696 нм, которую, естественно, соотнести с ФЛ ионов Cr^{3+} в γ-Al_2O_3 [3]. Длинноволновое плечо в области 700-850 нм, по данным работы [4] можно отнести к переходу $^4T_2 \rightarrow {}^6A_1$ в ионе Fe^{3+}. Из рисунка 1 видно, что по мере увеличения концентрации хрома от 0,004 мас. % в носителе до 5,6 мас.% (11мас.% по Cr_2O_3) и при сохранении одинаковой концентрации Fe во всех образцах, полоса с максимумом вблизи λ=696 нм претерпевает наибольшие изменения. Поэтому интенсивный максимум вблизи 696 нм предположительно может рассматриваться, как переход $^2E \rightarrow {}^4A_2$ в ионах Cr^{3+}, в носителе γ-Al_2O_3 [3] и во всех образцах МСК.

Изменения, происходящие в спектрах ВФЛ (рис.2) образцов МСК в области полос 400-450 нм и 500-650 нм указывают на то, что их природа обусловлена переходами $^4A_2 \rightarrow {}^4T_1$ и $^4A_2 \rightarrow {}^4T_2$ в ионе Cr^{3+}, соответственно. Действительно, в спектрах ЭСДО полосы с $\lambda_{макс.}$ = 450, 570 нм отождествляются с Cr^{3+} [1,4]. Наличие полос с $\lambda_{макс.}$ ~ 450, 570 нм в спектрах ВФЛ доказывает, что центром ФЛ является Cr^{3+}.

Особый интерес представляет полоса с максимумом при значении $\lambda_{макс.}$ = 380 нм в спектрах ВФЛ, наблюдаемая для МСК с концентрациями 1 и 11 мас.% (рис. 2, кривые 2,6). В спектрах ЭСДО полосу с $\lambda_{макс}$ ~ 380 нм соотносят с Cr^{6+} [1]. По данным работы [1] образец с концентрацией 11 мас.% по Cr_2O_3 обладает наибольшей каталитической активностью, которая обеспечивается ионами Cr^{3+} при восстановлении Cr^{6+} ионов, которые, в свою очередь, являются прочно связанными с поверхностью наноразмерного носителя. Следовательно, нельзя исключить того, что в спектрах ВФЛ проявляется не только объёмная, но и поверхностная составляющая люминесценции. Однако, возможны и другие объяснения этого факта. В любом случае, в работе показано, что методы стационарной ФЛ пригодны для исследования электронной структуры алюмохромовых катализаторов, и при дальнейшем исследовании позволят выявить различные зарядовые состояния хрома, фазовый и примесный состав, наноразмерные особенности, уверенно различить объемную и поверхностную ФЛ, а также проводить *in situ* измерения.

Список литературы:

1. Немыкина Е.И., Пахомов Н.А., Данилевич В.В. и др. // Кинетика и Катализ.- 2010.- Т. 51.- № 6.- С. 929–937.
2. Шульга Ю.М., Скрылева Е.А., Куликов А.В. и др. // Катализ в альтернативной энергетике.-2007.-Т.49.-№5.-С. 117-124.
3. Кулинкин А.Б., Феофилов С.В., Захарченя Р.И. // ФТТ.- 2000. -Т. 42.- ВЫП. 5.-С. 835-838.
4. Снытников В.Н., Стояновский В.О., Ларина Т.В. // Кинетика и Катализ.- 2008.- Т. 49.- № 2.- С. 307–314.

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ АЛМАЗОВ ДЕТЕКТОРНОГО КАЧЕСТВА

Белозерова Н.М.
Научный руководитель: Залётин В.М., д.т.н., профессор
Международный университет природы, общества и человека «Дубна»,
141980, Россия, г.Дубна, ул.Университетская, 19
E-mail: NMBelozerova@mail.ru

Введение

Сочетание уникальных физических свойств, а так же высокой радиационной и химической стойкости, открывает широкие возможности для использования алмаза в различных областях.

Одной из таких областей является применение алмазов в детекторах ионизирующих излучений, но развитие данного направления сдерживается недостатком высококачественных кристаллов с требуемыми характеристиками. В связи с этим возникает необходимость проведения исследований оптических свойств алмазных кристаллов детекторного качества, для отработки метрики.

Целью данной работы является изучение влияния различных методов обработки на кристаллы природного алмаза по спектрам фотолюминесценции.

Эксперимент

Все измерения проводились с помощью спектрофлуориметра «Флюорат-02-Панорама», использованного в качестве автоматического детектора при исследовании спектров возбуждения и регистрации люминесценции.

Принцип действия основан на изменении интенсивности световых потоков от исследуемого объекта, возникающих под воздействием возбуждающего оптического излучения выделенного спектрального диапазона и регистрируемого оптическими приемниками прибора.

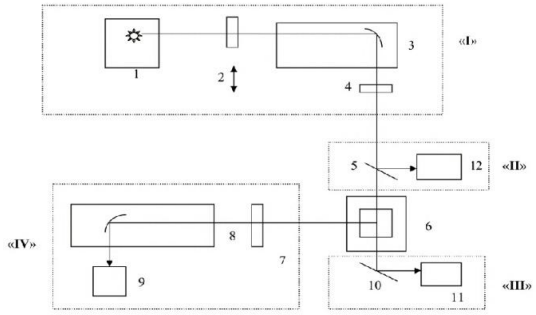


Рис.1. Схема работы анализатора.

1 – источник излучения

2 – устройство отсечки второго порядка дифракции

3 - монохроматор осветительного канала (возбуждения)

4 и 7 – светофильтры каналов возбуждения и регистрации люминесценции

5 и 10 – светоделительные пластины

6 - кювета с анализируемой пробой

8 – монохроматор флуориметрического канала

9 – фотоприемник флуориметрического канала (ФЭУ)

11 – фотоприемник канала пропускания (фотометрического)

12 – фотоприемник опорного канала.

Схема работы прибора может быть условно разбита на четыре канала: осветительный (возбуждение люминесценции) «I», опорный «II», канал пропускания (фотометрический) «III», флуориметрический (регистрации люминесценции) «IV».

Для ряда проведенных экспериментов был выбран флуориметрический режим работы прибора. В таком режиме спектрофлуориметра после монохроматора возбуждения свет выделенного спектрального диапазона проходит через светоделительную пластинку и попадает в кюветное отделение, где располагается кварцевая кювета с пробой. Излучение люминесцирующих компонентов пробы попадает во флуориметрический канал, где монохроматором регистрации выделяется нужная спектральная область. Вследствие того, что изучаемые образцы твердые, был выбран более удобный способ измерения, без использования кюветы. Заранее подготовленные и отобранные алмазные пластинки были закреплены в приставке для твердотельных образцов. Приставка создана для проведения спектрально-временных измерений оптических характеристик объектов, расположенных вне кюветного отделения, и соединяется с анализатором с помощью волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). В качестве адаптера между прибором и ВОЛС используется оптический разъем, рис.2.

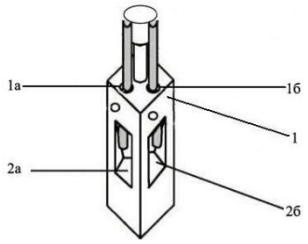


Рис.2. Оптический разъем.

1 – корпус; 1а и 1б – втулки, регулирующие положение входной щели.

2а и 2б – зеркала ориентированные в направлении возбуждающего и регистрируемого излучения соответственно.

ВОЛС служит как для передачи возбуждающего света на поверхность образца, так и для передачи рассеянного света (или излучения люминесценции) от объекта в канал регистрации

анализатора. Установка входного и выходного концов ВОЛС произведена однозначным образом. Втулка 1а развернута так, чтобы вклеенное в нее волокно, образующее входную щель, располагалось вертикально, а втулка 1б так, чтобы входная щель располагалась горизонтально. Второй конец приставки, называемый оптическим разъемом, помещается в кюветное отделение так, чтобы зеркала 2а и 2б были ориентированы в направлении возбуждающего и регистрирующего каналов соответственно.

Все параметры измерений устанавливались с помощью специального ПО, предназначенного для прибора. Для эксперимента длинна волны возбуждающего излучения принимала значения λ=200; 250; 300 нм, а длинна волны регистрации изменялась в диапазоне от 180 до 600 нм. Исследовались три типа образцов: образцы, не подвергавшиеся обработке, образцы прошедшие облучение пучком электронов, а так же образцы прошедшие сначала облучение пучком электронов, а затем высокотемпературный отжиг.

Данные полученные в ходе эксперимента представлены в виде графиков.

Обсуждение результатов эксперимента

Проведенные эксперименты позволили зарегистрировать ряд интенсивных полос фотолюминесценции, связанной с наличием неконтролируемых примесных атомов и возникновением дефектов, появляющихся в результате температурных и радиационных воздействий на исследуемые образцы.



Рис.3. Интенсивность люминесценции в заданном регистрирующем диапазоне длин волн (длина волны возбуждающего излучения 200нм).

По результатам данной работы было отмечено значительное увеличение интенсивности люминесценции образцов алмаза, прошедших отжиг. Этот факт, вероятно, свидетельствует об активной перестройке дефектов радиационного характера в кристаллической матрице алмазных детекторов.

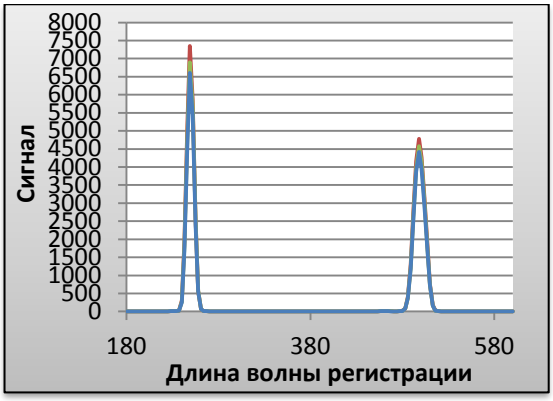


Рис.4. Интенсивность люминесценции в заданном регистрирующем диапазоне длин волн (длина волны возбуждающего излучения 250нм)

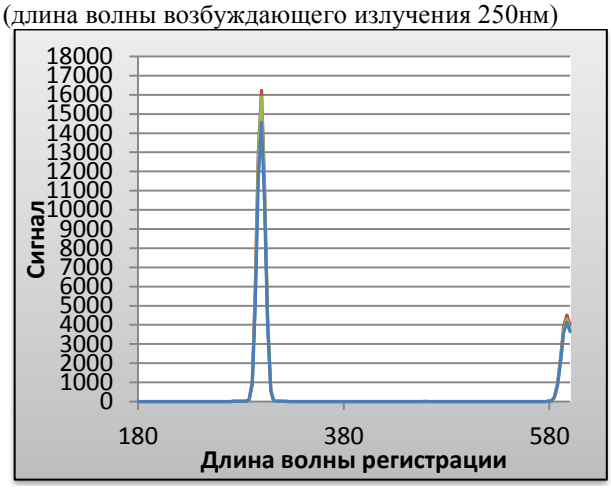


Рис.5. Интенсивность люминесценции в заданном регистрирующем диапазоне длин волн (длина волны возбуждающего излучения 300нм)

Заключение

Проведено исследование чувствительных элементов на основе природного алмаза, прошедших обработку в виде облучения потоком электронов и высокотемпературного отжига.

Показано, что вид спектров фотолюминесценции для кристаллов алмаза зависит, как от природы образцов, так и от способа обработки. Данные результаты могут быть использованы при совершенствовании метрики кристаллов природного алмаза, используемых в детекторах ядерного излучения.

Автор выражает благодарность В.М. Кукушкину за предоставление образцов и Л.Ю. Столыпиной за помощь в проведении измерений.

Список литературы

1. Мудрый А.В., Ларионова Т.П., Шакин И.А. Рост и оптическая спектроскопия синтетических алмазов. — Минск.

2. Новикова Н.В. Физические свойства алмаза. Справочник. — Киев: 1987 — с. 118-125.

3. Осинцева Е.В. Методическое руководство по техническому обслуживанию и эксплуатации спектрофлуориметра Флюорат-02-Панорама. — Екатеринбург: 2008.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОСТРУКТУРНЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ Al-Cr-Si-Ti-Cu-N В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРЯЖЕНИЯ СМЕЩЕНИЯ

Березовская В. Р.
Научный руководитель: Дитенберг И. А., к. ф.-м. н., доцент
Национальный исследовательский Томский государственный университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36
E-mail: aphrodita@mail2000.ru

В настоящее время предложены принципы конструирования нанокомпозитных сверхтвердых покрытий, в которых сформулированы следующие подходы [1, 2]. Во-первых, предполагается использование многоэлементных композиций для выполнения условий одновременного зарождения островков различных взаимно нерастворимых или малорастворимых фаз, ограничивающих рост центров их зарождения. Во-вторых, необходимо наличие пластичных фаз, осуществляющих релаксацию внутренних напряжений и подавление роста зародышевых трещин.

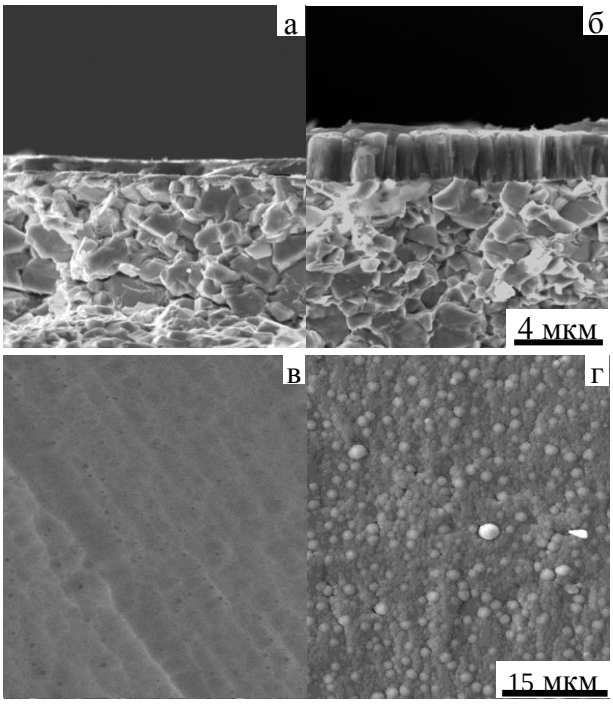
В соответствии с этими принципами, настоящая работа посвящена исследованию особенностей формирования многокомпонентного покрытия системы Al-Cr-Si-Ti-Cu-N, в котором предполагается создание наноразмерной многофазной структуры. При этом, предполагается получение данного покрытия на основе AlN, у которого, как известно, прочностные свойства ниже, чем у покрытий на основе TiN [1]. Тем не менее, исследуемое покрытие может применяться для улучшения прочностных свойств стали [3], используемой для промышленных инструментов.

При отработке технологии получения нанокомпозитных многокомпонентных покрытий системы Al-Cr-Si-Ti-Cu-N, необходимо провести подбор параметров их нанесения. В связи с этим, в настоящей работе проведены 2 серии экспериментов с различными видами напряжения смещения. В первой серии процесс осаждения покрытия происходил при постоянном напряжении смещения (100 В, 200 В, 300 В). Во второй серии покрытия получены при импульсном напряжении смещения (100 В, 300 В с частотой 5 кГц).

В работе проведено сравнение особенностей формирования покрытий системы Al-Cr-Si-Ti-Cu-N при постоянном и импульсном напряжении смещения.

Покрытия получены с использованием плазменного магнетронно-дугового комплекса «Спрут» [1]. В качестве мишеней (катодов) использовались Ti, силуминовый сплав Al-Si, сплав из Al-Cr-Si и медь технической чистоты. Микротвердость (H_μ) определяли по отпечаткам алмазной пирамидки Виккерса на приборе «Neophot 21» при нагрузке 20 г и выдержке 15 секунд. Измерение толщины и элементного состава покрытия проведено на растровом электронном микроскопе Philips SEM-515.

Рис. 1. Растровые электронные изображения излома (а, б) и поверхности (в, г) покрытий, полученных при постоянном (а, в) и импульсном напряжении смещения (б, г).



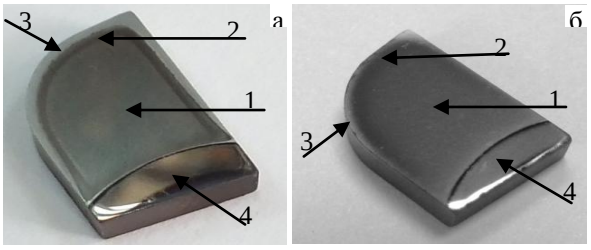
На рис. 1 представлены РЭМ изображения излома (рис. 1 (а, б)) и поверхности (рис. 1 (в, г))покрытий, полученных при постоянном (рис.1 (а, в)) и импульсном напряжении смещения (рис. 1 (б, г)). Установлено, что толщины покрытий изменяются в пределах от 1,53 до 2,08 мкм (рис. 1 (а)) и от 3,42 до 4,13 мкм (рис. 1 (б)). У покрытия, полученного в импульсном режиме, обнаружена ярко выраженная столбчатая структура (рис. 1 (б)) с шириной столбца от 0,63 до 1,75 мкм. Также предполагается, что покрытие является пористым.

В таблице 1 представлен элементный состав исследуемых покрытий, который, как видно, зависит от режима получения.

Таблица 1. Элементный состав покрытия.

элемент	at %	
	а	б
N	13,25	10,93
Al	41,29	31,91
Si	5,94	4,42
Ar	3,42	2,24
Ti	15,99	11,55
Cr	15,27	9,67
Cu	3,14	24,33

На рис. 2 представлены изображения покрытий, полученных при постоянном (рис. 2 (а)) и импульсном напряжении смещения (рис. 2 (б)), с обозначением областей, в которых измерялась микротвердость. Соответствующие ей значения указаны в таблице 2. Наблюдаются краевые эффекты (области 2, 3 рис. 2), которые создают неоднородность микротвердости. Значение микротвердости основной части покрытия понизилось от 26,4 ГПа до 15,9 ГПа при смене режима с постоянного на импульсное напряжение смещения. Так как медь является пластификатором, то это уменьшение может быть связано с



увеличением содержания меди до 24,33 ат. % (таблица 1(б)).

Рис. 2. Изображения покрытий, полученных при постоянном (а) и импульсном напряжении смещения (б), с указанием областей, в которых измерялась микротвердость покрытия.

Таблица 2. Микротвердость покрытия.

№	$H_μ$, ГПа	
	а	б
1	26,4±4,7	15,9±3,4
2	15,5±3,1	20,7±3,5
3	20,0±5,6	22±2,7
4	15,7±0,8	14,6±1,7

Необходимо отметить, что при определении микротвердости возникают некоторые трудности. Так как глубина проникновения индентора в покрытие при нагрузке 20 г достигает 0,54 мкм и 0,69 мкм при постоянном и импульсном напряжении смещения соответственно, то значения, данные в таблице 2, фактически отражают микротвердость композита (покрытие+подложка). Как видно из рисунка 1 (в, г), на поверхности покрытия наблюдается микрорельеф, что существенно затрудняет измерение микротвердости методом наноиндентирования.

На рис. 3 представлены фрагменты рентгенограмм данных покрытий, из которых видно, что в обоих случаях они являются рентгеноаморфными.

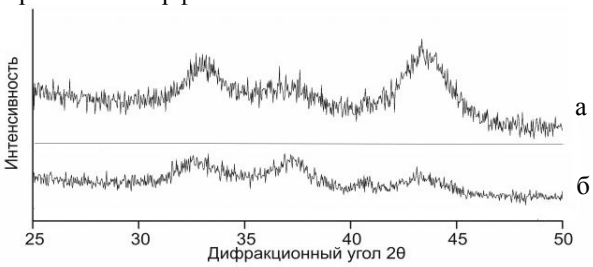


Рис. 3. Фрагменты рентгенограмм покрытий, полученных при импульсном (а) и постоянном (б) напряжении смещения.

Таким образом, свойства покрытий существенно зависят от типа напряжения смещения. При смене режима напыления с постоянного на импульсный изменяется механизм роста покрытий, не смотря на одинаковые температурные параметры. В покрытиях, полученных при использовании различных типов напряжения смещения, обнаружено изменение элементного состава. Также эти покрытия характеризуются различными значениями микротвердости. Существенной технологической проблемой является возникновение на поверхности покрытий краевых эффектов, которые, независимо от режима осаждения, оказывают влияние на параметры микротвердости.

В дальнейшем планируется проведение фазового анализа и исследование тонкой зеренной структуры с определением компонент тензора кривизны-кручения решетки и локальных внутренних напряжений с использованием специальных методов просвечивающей электронной микроскопии.

Работа выполнена на оборудовании Томского материаловедческого центра коллективного пользования Томского госуниверситета.

Список литературы

1. Особенности структурно-фазового и упругонапряженного состояния нанокомпозитных сверхтвердых покрытий на основе TiN / А. Д. Коротаев, Д. П. Борисов, В. Ю. Мошков и др.// Физическая мезомеханика. – 2011. – Т. 14; № 5. – С. 87 – 97.

2. Veprek S., Reiprich S. A concept for the design of novel superhard coatings // Thin Solid Films. – 1995. – V.268 – P. 64–71.

3. Марочник сталей и сплавов / М. М. Колосов, Е. Т. Долбенко, Ю. В. Каширский и др.; под ред. А. С. Зубченко; М.: Машиностроение, 2001. – 672 с.

ВЛИЯНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ НА УСТАЛОСТНУЮ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СТАЛИ 30ХГСН2А

Богданов.О.А, Власов. И.В.
Научный руководитель: Панин.С.В., д.т.н., профессор
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

1. ВВЕДЕНИЕ.

Многие ответственные детали машин и элементы конструкции работают в условиях повторных (знакопеременных или знакопостоянных) нагрузок и их ресурс во многом определяется циклической прочностью материалов, из которых они изготовлены [1]. В качестве материала исследований была выбрана сталь 30ХГСН2А, поскольку она используется для изготовления ответственных тяжело нагруженных деталей авиационной техники [2]. В работе была поставлена задача определить влияние наноструктурирования поверхностного пучком ионов Zr на прочностные и усталостные свойства стали 30ХГСН2А.

2.1. МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

Плоские образцы были вырезаны методом электроискровой резки. Размеры образцов составляли 65×8×1 мм. В качестве концентратора напряжения в образцах изготавливали отверстие диаметром 2 мм на расстоянии 45 мм от одного из краев. Образцы подвергли закалке и последующей нормализации [2].

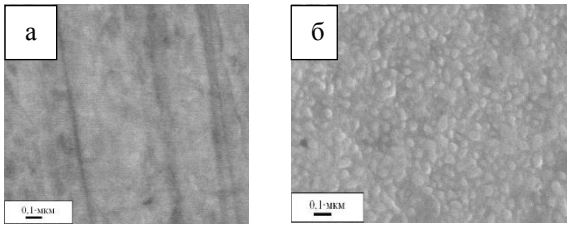


Рис 1. Фотографии структуры поверхностного слоя стали 30ХГСН2А сделанные с помощью РЭМ: а) в состоянии поставки; б) после обработки.

Ионное наноструктурирование поверхностного слоя образцов проводили с помощью сильноточного вакуумно-дугового источника металлических ионов на установке УВН-0,2 «Квант».

2.2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Образцы испытывали в режиме многоцикловой усталости (максимальная нагрузка 270 МПа, минимальная нагрузка 27 МПа). Испытания проводились на сервогидравлической Испытательной машине Biss UTM 150. В процессе усталостных испытаний проводили фотосъемку поверхности с помощью фотоаппарата Canon D550 для анализа развития трещины в образцах без обработки и после наноструктурирования ионами Zr^{+}. Растровую электронную микроскопию проводили на установках JSM-7500FA и Quanta 200 3D. Для оптической микроскопии использовали микроскоп CarlZeissAxiovert 25.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ.

3.1. Растровая электронная микроскопия.

До обработки структура стали 30ХГСН2А представляет собой мартенсит α-Fe. Состав стали после наноструктурирования потоком ионов Zr+ представлен фазами Fe_2Zr, Fe_3Zr и зернами феррита. Толщина сформированного наноструктурированного поверхностного слоя составляет 2 мкм. В результате обработки на поверхности модифицированных образцов возникают наноразмерные частицы (Рис 2, б).

3.2. Просвечивающая электронная микроскопия.

На рис 3. представлена структура образца по поперечному сечению. В результате обработки поверхность образца нагревалась ориентировочно до температуры 700ºС, что соизмеримо с температурой высокого отпуска стали 30ХГСН2А. Так как в процессе обработки образец вращается в установке, что обусловливает кратковременное влиянию ионного пучка на внутренние слои образца, которые не нагревались до температуры 700ºС и сохранили свою первоначальную структуру (мартенсита). В поверхностных слоях в результате нагрева наиболее вероятно сформировалась феррито-цементитная структура, характерная для сорбита. При этом на глубине порядка 2 мкм образовались интерметалидные соединения системы Fr-Zr.

4.РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1. Статическое растяжение.

Проведенные испытания на статическое растяжение образцов с концентратором напряжений показали (Рис 4), что наноструктурирование снижает предел прочности, и практически в той же степени увеличивает

значение относительного удлинения. Полученные экспериментальные данные полностью соответствуют табличным значениям.

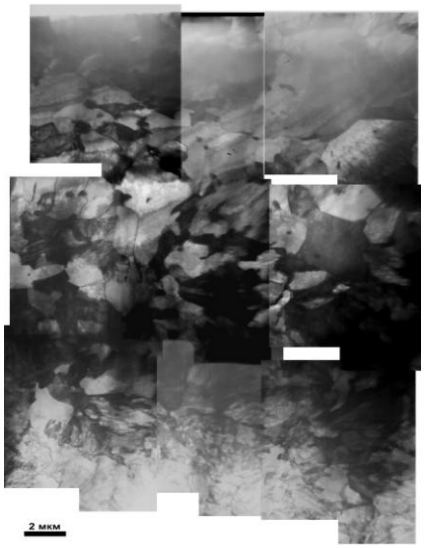


Рис 3. Структура поперечного сечения образца

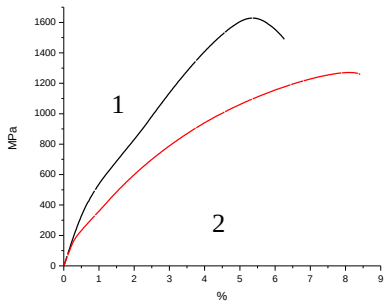


Рис 4. Диаграмма растяжения стали 30ХГСН2А: 1) Исходный образец, $\sigma_в$= 1625 МПа; 2) Наноструктурированный образец, $\sigma_в$= 1176 МПа

4.2.Испытание на циклическое растяжение

В ходе испытаний было определены средние величины количества циклов до разрушения исходных и наноструктурированных образцов. Для исходных образцов среднее значение составляет ~108 тыс. циклов, для наноструктурированных 332 тыс. . Обнаружено, что наноструктирование поверхностного слоя образцов стали 30ХГСН2А пучком ионов циркония приводит к повышению усталостных свойств почти в 3 раза.

Скорость роста трещин исходного и наноструктурированного образцов, составляет L= 0.159 и L= 0.170 мкм/цикл для исходного; L= 0.047 и L=0.051 мкм/цикл для наностурутурированного образца. Таким образом, наноструктурированный поверхностный слой способствует замедлению процесса усталостного разрушения почти в 3 раза.

На рис. 5 представленные РЭМ фотографии разрушенных образцов в области зарождения усталостной трещины. У образца без обработки деформационный рельеф вокруг трещины практически не наблюдается. У образца после обработки напротив, вокруг магистральной трещины сформировался выраженный деформационный рельеф.

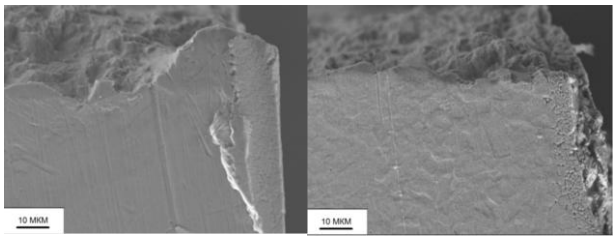


Рис 5. РЭМ фотографии поверхности разрушенных образцов возле концентратора напряжений

Выводы

Ионное наноструктурирования поверхностного слоя стали 30ХГСН2А при испытании на статическое растяжение привело к снижению предела прочности на ~450 МПа (27 %) и увеличению относительного удлинению на 2,15% (25 %).

Причина повышения усталостной прочности модифицированных образцов заключается в разупрочнении поверхностного слоя, а так же создания в нём интерметалидных и карбидных соединений. Наличие наноразмерных частиц, в приповерхностном слое, особенно в области концентратора напряжений, сдерживает развитие микротрещин, приводя к множественному растрескиванию и дипергированию макроконцентратора напряжений.

Список литературы

1) Иванова В.С, Терентьев В.Ф, Природа усталости металлов. М., “Металлургия”, 1975. 456с.

2) Зубченко А.С., Марочник сталей и сплавов. 2-е издание доп. и испр. М.: Машиностроение 2003г. 784 стр. с илл.

ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ НИТЕВИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ ДИОКСИДА ОЛОВА СИНХРОТРОННЫМИ МЕТОДАМИ

Высоцкий Д.В., Чувенкова О.А., Попов А.Е.
Научный руководитель: Турищев С.Ю., к.ф-м.н., с.н.с.
Воронежский государственный университет, 394006, Россия, г. Воронеж, Университетская пл., 1
e-mail: lethalweapons@yandex.ru

Разработка современных газочувствительных устройств является одной из активно и динамично развивающихся областей современной науки. Среди наиболее широко используемых и перспективных групп материалов в области газовой сенсорики выделяется система олово-кислород, а именно диоксид олова. При этом, наиболее актуальным является переход от стандартной пленочной технологии, в том числе технологии получения нанослоев оксида олова термическим окислением нанослоев металла на воздухе, широко изученных нами ранее [1], к формированию наноструктурированных объектов, таких как нитевидные кристаллы диоксида олова нанометрового диаметра, актуальность изучения которых обусловлена предельно высоким отношением величины поверхности к величине объема.

Исследуемые объекты – нитевидные кристаллы (НК) были получены методом газотранспортного синтеза. Метод основан на термическом испарении порошкообразного или объемного вещества, пары которого переносятся потоком газа-носителя и конденсируются в низкотемпературной зоне на подложке, формируя различные кристаллические формы. Синтез НК происходил в высокотемпературной печи при атмосферном давлении. Испаряемым материалом служило металлическое олово чистотой 99.999%. Газовой средой служил аргон при атмосферном давлении, насыщенный парами воды при температуре 20 ^{o}C. Для более точного сравнительного анализа нами были также исследованы эталонные химически чистые коммерческие образцы: оловянная фольга, порошок оксида олова, и спрессованный диоксид олова. Для уточнения значений энергий связи остовных уровней и ряда других деталей, поверхность одного куска исходной металлической фольги олова была механически очищена в подготовительной камере in-situ (при давлении 10^{-10} Торр).

Для характеризации сформированных массивов нитевидных кристаллов использовались следующие методы: растровая электронная микроскопия (РЭМ), спектроскопия ближней тонкой структуры края рентгеновского поглощения (XANES - X-ray absorption near edge structure), рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (XPS - X-ray photoelectron spectroscopy), фотоэмиссионная электронная микроскопия (PEEM - PhotoEmission Electron Microscopy).

На рис.1 приведены РЭМ изображения сформированных нитевидных кристаллов как после процедуры седиментации, так и исходного массива в целом. Результаты показывают, что величины диаметров синтезированных нитевидных кристаллов колеблются в пределах от субмикронных до нанометровых (~50 нм) размеров.

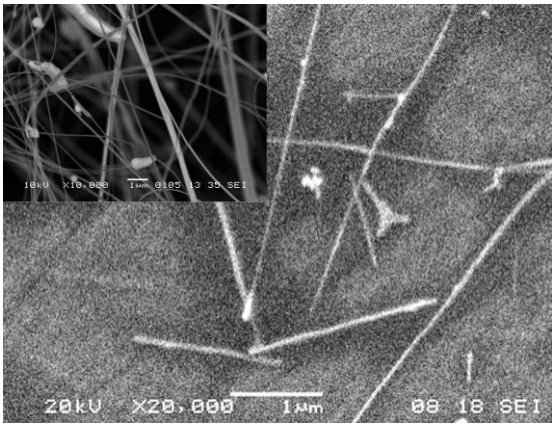


Рис.1. РЭМ-изображения исходного массива нитевидных кристаллов и после процедуры их седиментации.

Метод PEEM является сегодня одним из наиболее перспективным, для анализа поверхности структур пониженной размерности. На Рис.2. приведены изображения в поле зрения PEEM

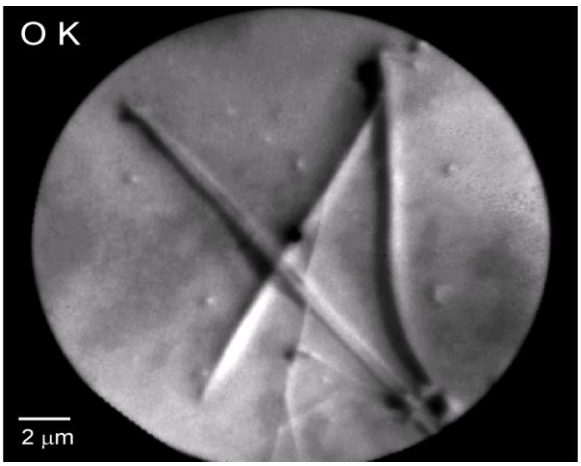


Рис.2 PEEM массив фракционированных нитевидных кристаллов SnO2 полученных в режиме регистрации XANES O K

микроскопа диаметром 20 мкм, содержащие изображения нитей SnO_2, полученные в режиме регистрации спектров O K.

Изображение в режиме O K несколько контрастнее в силу того, что интенсивность края поглощения олова на порядок ниже интенсивности края поглощения кислорода.

Результаты XANES (рис. 3) показывают, что бесструктурный M_5 (3d5/2) край поглощения металлического олова механически очищенной in-situ фольги Sn находится при энергии ~ 485.0 эВ. Во всех остальных спектрах эталонных образцов распределение интенсивности кардинальным образом отличается от спектров XANES очищенной металлической фольги как энергетическим положением, так и ярко выраженной тонкой структурой, относящейся к оксидам олова [2]. Для массива НК, помимо слабого спектра локализованных состояний в запрещенной зоне, выражающегося в появлении препика A, наблюдается более четко выраженная тонкая структура послекраевой области, с пиками меньшей полуширины по сравнению с эталонными спектрами. Этот факт является свидетельством кристаллической природы синтезированных нами нитевидных кристаллов SnO_2, что согласуется с данными рентгеновской дифракции. Тем не менее, наблюдение препика A свидетельствует о наличии кислородных вакансий в нитевидных кристаллах [3].

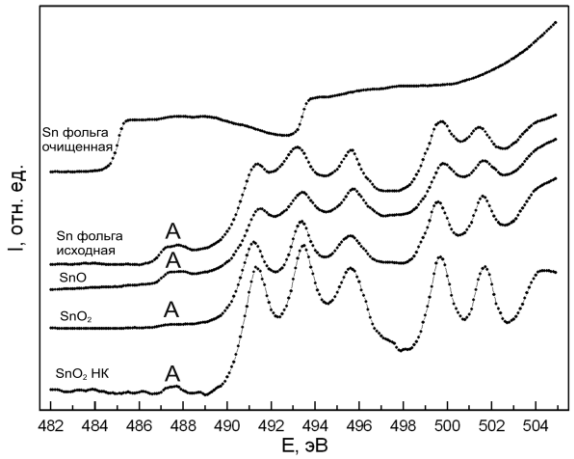


Рис. 3. XANES Sn M4,5 эталонных образцов и сформированных нитевидных кристаллов.

Анализ XPS-спектров эталонных образцов показывает, что энергия связи чистого металлического олова в очищенной фольге олова имеет значение 484.9 эВ, тогда как в неочищенной фольге олова это значение больше, а именно 486.6 эВ. Последнее значение относится к тонкому слою естественного оксида SnOx на поверхности исходной металлической фольги Sn. Sn 3d линия нитевидных кристаллов оксида олова с энергией 486.7 эВ соответствует естественному оксиду SnO_x, что свидетельствует о наличии вакансий по кислороду в поверхностных слоях НК. Значения энергий связи O 1s кислорода, связанного с оловом, во всех образцах оксида олова лежат в пределах 530.5 – 531.2 эВ. В НК это значение 530.7 эВ, что больше значения энергии связи SnO (530.4 эВ), но меньше чем в SnO_2 (531.4 эВ) [4]. Таким образом, на основании данных XPS можно заключить, что поверхность синтезированных нитевидных кристаллов SnO_2 покрыта естественным нестехиометрическим оксидом SnO_x. Эти результаты исследования методом XPS хорошо коррелируют с данными, полученными методом XANES.

Таким образом, проведена характеризация морфологии, атомного и электронного строения образцов нитевидных кристаллов SnO_2 субмикронных и нанометровых размеров, сформированных методом газотранспортного синтеза с использованием синхротронных методов рентгеновской и электронной спектроскопии и микроскопии.Впервые зарегистрированы Sn M_5- и M_4- края в спектрах XANES металлического олова, очищенной механически in-situ Sn фольги, сдвинутые на ~ 5 эВ в низкоэнергетическую область по сравнению с соответствующими спектрами оксидов олова. В Sn M_5- спектрах XANES нитевидных кристаллов SnO_2 зафиксированы локализованные состояния дефектов решетки в запрещенной зоне на расстоянии ~ 2.6 эВ эВ от дна зоны проводимости, соответствующего главному краю поглощения (~ 490 эВ).С помощью метода XPS показано, что поверхность синтезированных нитевидных кристаллов SnO_2 покрыта естественным нанослоем нестехиометрического оксида SnO_x, толщиной ~ 1 нм.

Благодарности

Авторы работы выражают благодарность Директору и администрации Гельмгольц Центра Берлин, а также Координаторам Российско-Германского канала синхротрона BESSY II Гельмгольц Центра Берлин.Данная работа частично выполнена на The Synchrotron Radiation Center, University Of Wisconsin-Madison, который поддерживается NSF грант No. DMR-0537588. Работа выполнена при поддержке Гранта РФФИ № 12-02-31617.

Список литературы

1. Dresselhaus M., Lin Y-M, Rabin O. et al. // Handbook of Nanotechnology, Ed. B. Brushan. Berlin: Springer, 2007, P. 113.

2. Crist B.V. PDF Handbook of Monochromatic XPS Spectra. XPS International LLC: California, 2005. 172 p.

3. Kucheyev S. O., Baumann T. F., Sterne P. A. et al. // Physical Review B. 2005. V. 72 P. 035404-1-035404-5.

4. Stohr J. NEXAFS spectroscopy. Berlin: Springer, 1996.403p.545-555

ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ КАДМИЯ И МЕДИ В РАСТВОРАХ NH_4Cl, NaCl

Долинина А.С.
Научный руководитель: Коробочкин В.В.,д.т.н.,профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: asa87@sibmail.com

В настоящее время наноразмерные порошки оксидов металлов находят широкое применение в различных областях современной промышленности. Это, в частности, относится и к нанодисперсным оксидам кадмия и меди, которые обеспечивают прогресс в производстве катализаторов, сорбентов, пигментов, керамических и композитных материалов, сенсорных датчиков. Главной задачей в этом производстве является разработка эффективных способов получения наноразмерных порошков оксидов металлов. Одним из таких способов является электрохимический синтез на переменном токе.

Электрохимический синтез оксидов металлов имеет два основных преимущества. Первое – образование дисперсных оксидов с активной поверхностью, формирующейся при использовании переменного синусоидального тока в условиях, далеких от равновесия. Второе – частичное рафинирование продуктов от некоторых примесей непосредственно в процессе синтеза. На скорость процесса электролиза влияют состав и концентрация электролита, плотность тока и температура [1].

Применение переменного тока позволяет устранить пассивацию электрода, а также значительно упростить технологию производства нанопорошков. Также обнаружено, что при одинаковых плотностях тока напряжение при использовании переменного тока почти в два раза ниже, чем при использовании постоянного, что делает процесс энергетически более выгодным. К тому же установлено, что размер частиц и характеристика пористой структуры материалов при проведении процесса на переменном токе обеспечиваются заданными параметрами электролиза (плотностью переменного тока, составом и концентрацией электролита) и режимами последующей обработки, таким образом, варьируя параметрами процесса можно получить порошки с заданными свойствами [2].

Для получения нанодисперсных оксидов кадмия и меди методом электрохимического окисления металлического кадмия и меди на переменном токе промышленной частоты необходимо в первую очередь определить скорость процесса в зависимости от параметров электролиза. Таким образом, целью настоящей работы является изучение кинетики окисления металлических меди и кадмия в растворах хлоридов.

Исследования проводились по ранее разработанной методике авторов Коробочкина В.В. и Хановой Е.А, в растворах хлоридов аммония и натрия с кадмиевым и медным электродом одновременно и при различной концентрации электролитов от 3 до 25 %, плотностях тока 1–3 А/см^2 и при температуре 100 °С [3].

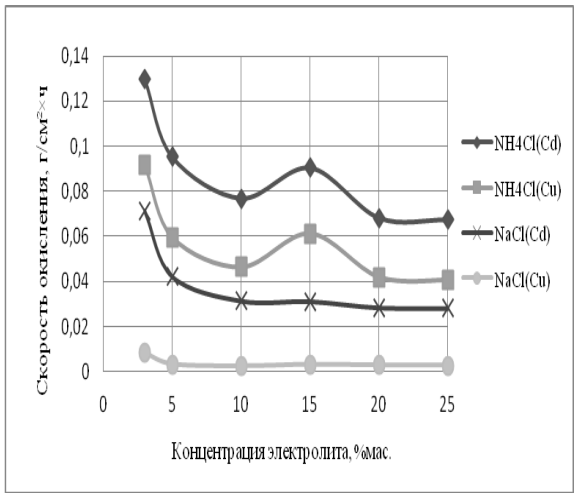


Рис. 1. Зависимости скорости окисления кадмия и меди от концентрации электролитов NaCl, NH_4Cl в растворе при плотности тока 2А/см^2 и температуре 100 °С

На рис. 1 представлена зависимость скорости окисления кадмия и меди от концентрации электролитов. Видно, что скорость окисления меди и кадмия выше при электролизе в растворе хлорида аммония во всем исследуемом интервале концентраций. Скорость окисления кадмия в растворах хлоридов аммония и натрия возрастает с уменьшением концентрации электролита до 3 % мас. включительно и уменьшается с увеличением концентрации до 25 % мас. Такая же зависимость наблюдается и у меди при аналогичных условиях электрохимического синтеза.

Эксперименты показали, что влияние температуры на скорость процесса менее значимо, чем концентрации электролита: скорость процесса возрастает линейно с увеличением температуры независимо от величины плотности тока, и достигает своего максимума при температуре равной 100 ºС, при концентрации 3% мас. Данные зависимости представлены на рисунках 2 и 3. Принимая во внимание это обстоятельство, дальнейшие эксперименты по выявлению

зависимости скорости процесса от плотности переменного тока проводились при данной температуре. Полученные результаты представлены на рисунках 4 и 5.

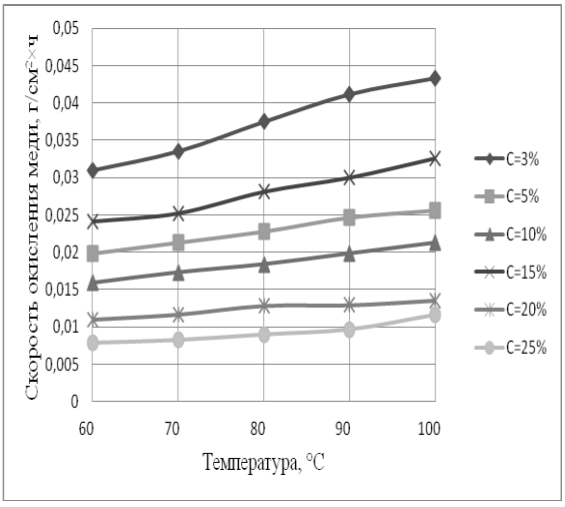


Рис. 2. Зависимости скорости окисления меди от температуры при плотности тока 1А/см^2 при различной концентрации хлорида аммония

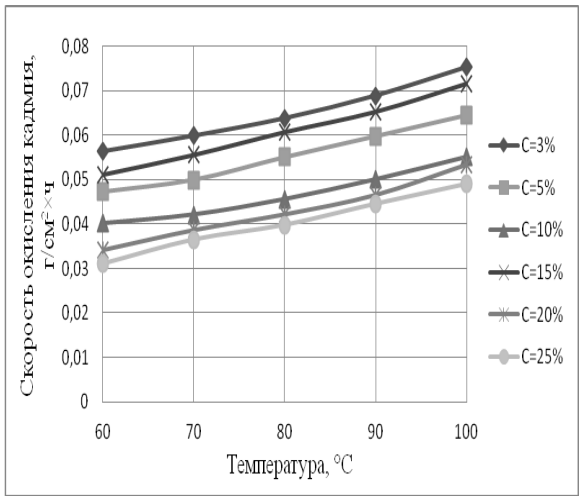


Рис.3. Зависимости скорости окисления кадмия от температуры пр плотности тока 1А/см2 и при различной концентрации хлорида аммония

Выбранный интервал плотности тока обусловлен тем, что при плотности тока ниже 1 А/см^2 скорость процесса низкая и не представляет практического интереса; при плотности тока выше 3 А/см^2 происходит интенсивный разогрев раствора и его выкипание, что приводит к нарушению стабильного режима работы установки.

Исследования показали, что скорость окисления кадмия под действием электролиза на переменном токе возрастает в интервале плотности тока 1–3 А/см^2 в 3–4 раза при всех значениях концентраций NH_4Cl в растворе, а для меди в 6–8 раз при тех же условиях. Наибольшая интенсификация процесса достигается при концентрации 3 % мас.

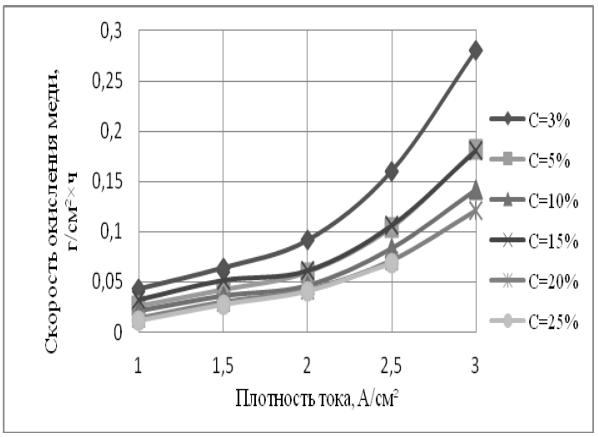


Рис. 4. Зависимости скорости окисления меди от плотности тока при различной концентрации хлорида аммония

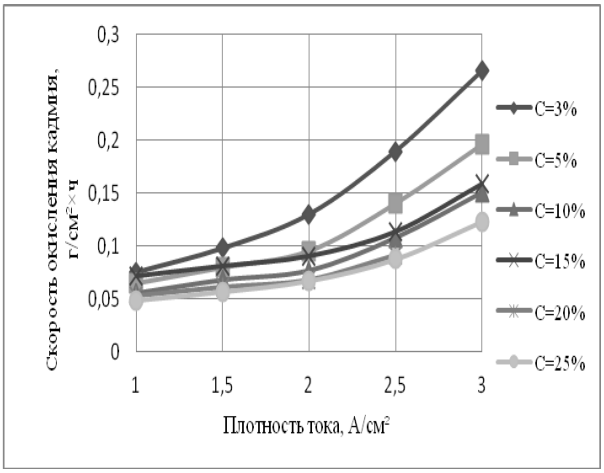


Рис.5. Зависимости скорости окисления кадмия от плотности тока при различной концентрации хлорида аммония

Литература:

1. Кубасов В.Л., Банников В.В. Электрохимическая технология неорганических веществ. — М. : Химия, 1989. — 288 с.
2. Озеров, А.М. Нестационарный электролиз / А.М. Озеров. – Волгоград : Нижне-Волж. из-во, 1972. – 160 с.
3. Коробочкин В.В., Ханова Е.А. Определение количества окисленных титана, кадмия и меди при электролизе на переменном токе./ Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2005. – №6. – Т.71. – С. 20–23.

ВВЕДЕНИЕ МЕДИ В СОСТАВ ШИХТЫ НИТРИДА ТИТАНА МЕТОДОМ ВСТРЕЧНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ СТРУЙ

Евдокимов А.А., Герасимов Д.Ю., Усиков А.И.
Научный руководитель: Сивков А.А., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: kraamis@gmail.com

В последние годы высока потребность в материалах с хорошими физико-механическими параметрами, которые обладают высокой твердостью, трещино- и износостойкостью. Для получения базового сырья для производства подобных материалов применяются нанопорошки различного состава и технологии производства, в частности порошки на основе cTiN, полученные по технологии плазмодинамического синтеза. Как правило, данные порошки являются композиционными. Введенные в них добавки имеют своей целью компенсировать физико-механические и электрические недостатки базового вещества. Как например, широко известными композитами являются составы TiN-Si_3N_4, TiN-Cu, TiN-TiB_2, TiN-TiC и им подобные. Для их получения необходимы УДП-композиты (порошковая шихта), важнейшей характеристикой которой является равномерное смешивание отдельных компонент.

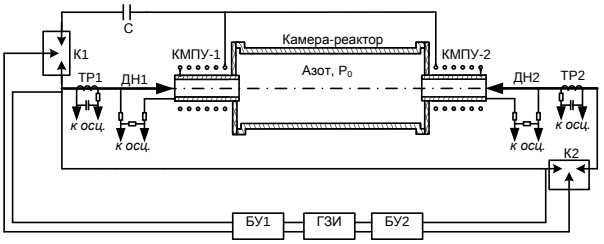
В работах [1-4] показана возможность плазмодинамического синтеза смесевых порошков в едином процессе. В данном докладе показан один из вариантов реализации системы коаксиального магнитоплазменного ускорителя (КМПУ) запитанный от генератора импульсных токов на основе емкостного накопителя энергии, позволяющий получать композитную смесь состава TiN+Cu в едином процессе, методом совместной наработки, позволяющим достигнуть высокой равномерности распределения материала в шихте.

Одним из основных недостатков технологического процесса на основе КМПУ является неэффективность использования всего энергетического импульса.

Повысить эффективность использования данной энергии можно путем использования неэффективной в плане наработки основного материала хвостовой части импульса на вторичную нагрузку. Вторичной нагрузкой может быть любой другой элемент в составе экспериментальной и/или технологической установки, требующий импульсного электропитания. Одни из вариантов такого вторичного элемента может быть второй КМПУ. На вторичном импульсе также будут эффективная и неэффективная части, однако суммарный КПД системы существенно возрастет. Второй КМПУ можно использовать как для наработки того же материла, так и для получения дополнительного компонента, например примесного связующего в шихте. Для этого совместный выстрел организуется в одну герметичную камеру-реактор.

Наиболее перспективным представляется получение ультрадисперсной композиции или готовой шихты с требуемым соотношением компонентов для получения композиционной нанокерамики или твердого сплава.

В данной работе предложена двухускорительная система, в которой КМПУ производят плазменные выстрелы в камеру-реактор. Принципиальная схема данной системы представлена на рис. 1. КМПУ-1 и КМПУ-2 расположены на противоположных сторонах камеры реактора, встречно по одной оси и соединены электрически параллельно. Второй КМПУ подключен к коллектору ЕН через управляемый тригатронный разрядник К2. При замыкании ключа К1 запитывается КМПУ-1 и через него начинает протекать электрический ток. По прохождении некоторого времени задержки (как правило привязанного к прохождению максимума кривой мощности первым ускорителем), срабатывает тригатронный разрядник К2 и импульсный ток начинает протекать также и через КМПУ-2. Время задержки t_3 подключение КМПУ-2 может регулироваться в широких пределах с помощью генератора задержанных импульсов ГИ-1. Синтезированный УДП двух плазменных выстрелов естественно и достаточно равномерно смешивается во взвешенном состоянии в замкнутом объеме КР.



К1, К2 – управляемые разрядники, ТР1 и ТР2 – трансформаторы Роговского, ДН1, ДН2 – делители напряжения, БУ1 и БУ2 – блоки управления разрядниками.

Рис. 1. Принципиальная схема системы с двумя последовательно работающими ускорителями КМПУ-1 и КМПУ-2 с электропитанием от одного импульсного источника С (ЕНЭ) с истечением плазменных струй в общую камеру-реактор КР.

По данной технологии произведена серия экспериментов по плазмодинамическому синтезу УДП нитрида титана и получению композитного материала cTiN+Cu. Использовались два ускорителя одинаковой конструкции (рис. 1). Электрод-ствол и центральный электрод КМПУ-1 были изготовлены из титана, электрод-ствол и центральный электрод КМПУ-2 были изготовлены из меди.

Электропитание осуществлялось от одного ЕНЭ с C=28,8 мФ и $U_{ЗАР}$=3,0 кВ. Камера-реактор заполнялась газообразным азотом при давлении P_0=1.0 атм и комнатной температуре. На рис. 2 представлены типичные осциллограммы токов i(t) и напряжения u(t), а также кривые мощности P(t) и потребляемой энергии W(t) проведенных экспериментов.

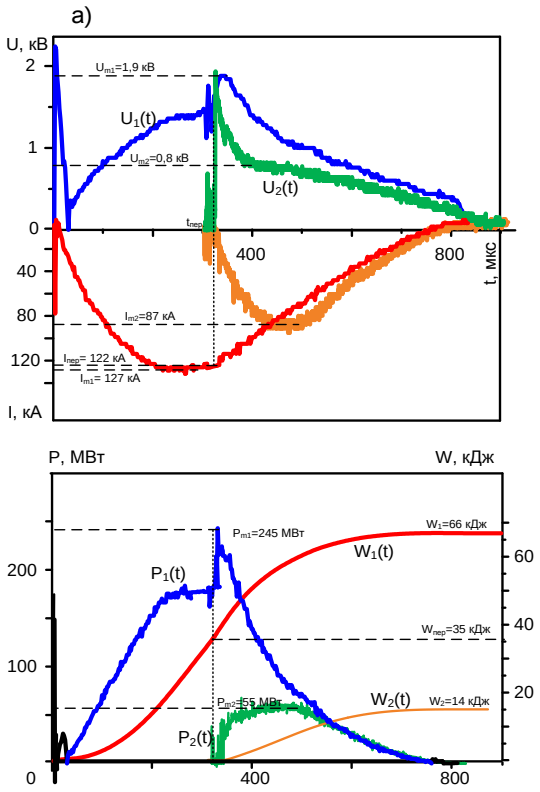


Рис. 2 Осциллограммы токов i(t) и напряжений u(t) на электродах КМПУ-1 и КМПУ-2, и соответствующие им кривые мощности P(t) и потребляемой энергии W(t)

Табл. 1. Основные характеристики и данные по электроэрозионной наработке материала при

I_m, кА	U_m, кВ	P_m, МВт	W, кДж
127/87	1,9/0,8	175/55	66/14

m_{Ti}, г	m_{Ti}/W, г/кДж	m_{Cu}, г	m_{Cu}/W, г/кДж	Cu, %
5,66	0,086	1,48	0,106	20,7

Совокупный анализ осциллограмм и энергетических параметров (рис. 2, табл. 1) последовательных плазменных выстрелов и характеристик по наработке материалов показывает очень широкие возможности способа по получению двойной композиции cTiN+Cu при высокой эффективности использования электромагнитной энергии.

Для исследования состава продукта он был подвергнут исследованию на рентгеновском дифрактометре Shimadzu.

По данным рентгеновского исследования видно, что продукт обладает высокой чистотой, и практически не содержит примесей, что говорит об обеспечении необходимых технологических условий.

Также обеспечено получение нанодисперсной фракции кубического нитрида титана, что подтверждается размером ОКР в десятки нанометров.

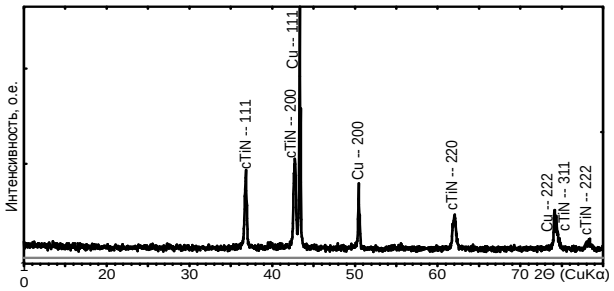


Рис. 3. Рентгенограмма полученного в эксперименте смесевого порошка

Табл. 2. Рентгеновский анализ полученного продукта.

В-во	Содерж, %	ОКР, нм	$\Delta d/d \cdot 10^{-3}$	П. решетки, а эксп. /PDF
				a
cTiN	80	60,62	1,922	4,2413/4,2380
Cu	20	--	--	3,6225/3,6150

Большое влияние на содержание меди в конечном продукте оказывает индуктивность контура КМПУ-2. Исследования, проведенные в контурах с различной индуктивностью, показали возможность широкого регулирования содержания меди в конечном продукте.

Список литературы

1. Сивков А.А., Найден Е.П., Герасимов Д.Ю. Прямой динамический синтез нанодисперсного нитрида титана в высокоскоростной импульсной струе электроразрядной плазмы // Сверхтвердые материалы. – 2008. – №5. – С. 33-39.
2. А.А. Евдокимов, А.Я. Пак, Д.Ю. Герасимов. Получение порошкообразного нитрида титана в гиперскоростной плазменной струе // Труды Всероссийской конференции с элементами научной школы для молодежи «Новые материалы. Создание, структура, свойства –2009». Томск, 8-11 сентября 2009 г. с. 272-275.
3. Сивков А.А., Найден Е.П., Герасимов Д.Ю. Прямой динамический синтез нанодисперсного нитрида титана в высокоскоростной импульсной струе электроразрядной плазмы // Сверхтвердые материалы. – 2008. – №5. – С. 33-39.
4. Сивков А.А., Герасимов Д.Ю., Цыбина А.С. Электроэрозионная наработка материала в коаксиальном магнитоплазменном ускорителе для нанесения покрытий // Электротехника. – 2005. – №6. – С. 25-33.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект 12-08-31119 мол_а)

О ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПОЛНОГО ЦИКЛА ПОЛУЧЕНИЯ ОБЪЕМНОГО ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО НИТРИДА ТИТАНА С СУБМИКРОННОЙ СТРУКТУРОЙ ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Евдокимов А.А., Герасимов Д.Ю., Усиков А.И.
Научный руководитель: Сивков А.А., д.т.н, с.н.с
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: kraamis@gmail.com

Исследования последних лет [1] убедительно показывают возможности создания новых объемных сверхтвердых материалов (СТМ) с субмикронной структурой и повышенными физико-механическими характеристиками. Это обусловлено использованием сырьевой основы в виде ультрадисперсных порошков (УДП) СТМ и применением инновационных способов компактирования. В настоящей работе представлены результаты поисковых экспериментальных исследований, демонстрирующие возможность реализации полного цикла получения объемного поликристаллического нитрида титана с использованием метода прямого плазмодинамического синтеза УДП нитрида титана [1] и метода искрового плазменного спекания (SPS) [2] без введения связующих добавок.

На рис. 1 приведена кривая (1) распределения по размерам, полученная на лазерном дифракционном анализаторе Shimadzu SALD 7101, из которой следует, что ~ 60,0 % объектов в составе порошкообразного продукта имеют размер от 1,0 мкм до ~ 20,0 мкм. Однако эти результаты не согласуются с данными рентгеновского структурно-фазового анализа (XRD). Согласно этим данным продукт синтеза примерно на 95 % состоит из кристаллического TiN с кубической сингонией (ГЦК), а средний размер областей когерентного рассеяния (ОКР) не превышает 40.0 нм.

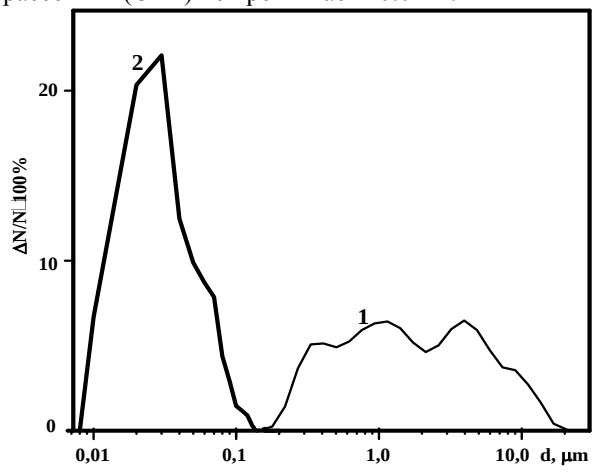


Рис. 1. Кривые распределения по размерам агломератов(1) и частиц(2) УДП нитрида титана.

Распределение по размерам частиц порошка TiN, полученное путем статистической обработки нескольких аналогичных ТЕМ-снимков при объеме выборки более 10^3 представлено в виде интегральной кривой распределения (2) на рис. 1. Из представленных данных следует, что размер более 200÷300 нм имеют скопления или агломераты ультрадисперсных частиц TiN, которые сохраняются при ультразвуковой обработке суспензии на основе пропанола, используемой для лазерно-дифракционного анализа.

Таким образом, можно констатировать, что продукт плазмодинамического синтеза представляет собой сильно агломерированный ультрадисперсный порошок TiN со средним размером частиц 30÷40 нм при диапазоне распределения от ~10,0 нм до ~200,0 нм.

В первых экспериментах SPS использован УДП TiN без какой-либо специальной предварительной подготовки после хранения в воздухе.

Метод искрового плазменного спекания является модифицированным методом горячего прессования в вакууме [3]. Его отличительной особенностью является то, что нагрев осуществляется импульсным электрическим током, протекающим через графитовую пресс-форму и непосредственно через прессуемый порошкообразный материал, расположенный между графитовым пуансонами, к которым прикладывается статическое усилие от гидравлической системы. После установки собранной пресс-формы рабочая камера герметизируется и задаются параметры проведения процесса: величина усилия сжатия, скорость нагрева, температура и время спекания.

Первые эксперименты проведены при следующих параметрах процесс: внутренний диаметр пресс-формы 15,0 мм; масса порошка в прессовке 3 грамма; усилие сжатия 10 кН; давление 60 МПа; скорость нагрева ~ 100 ^{o}C/мин (температура контролировалась с помощью пирометра); время спекания ~8,0 мин (выдержка времени при постоянной температуре); температура спекания 1300 ^{o}C; охлаждение естественное в вакууме при отключенном источнике тока.

Рентгеновская дифрактограмма отшлифованной поверхности прессовки представлена на рис. 2. Ее анализ показал, что поликристаллический материал на ~ 99,0 % состоит из кубического нитрида титана со “следами” диоксида титана со структурой анатаза. Средний размер ОКР составляет ~ 92,0 нм при невысоких значениях внутренних упругих микронапряжений $\Delta d/d=0{,}3\cdot10^{-3}$.

Исследования физико-механических характеристик материала компактного образца, получен-

ного методами SPS в сравнении со стандартным двукарбидным твердым сплавом Т15К6 (двухкарбидный сплав WC+TiC+Co) проведены с использованием компьютеризованного комплекса: nanohardness tester GSEMinstrument (нанотвердость по Виккерсу H, модуль упругости E).

На шлифованной поверхности каждого образца TiN-SPS и Т15К6 проведено по 10 индентирований при максимальной нагрузке на индентор Виккерса 300 мН с целью набора статистики. Полученные величины нанотвердости H и модуля Юнга E сведены в таблицу 1.

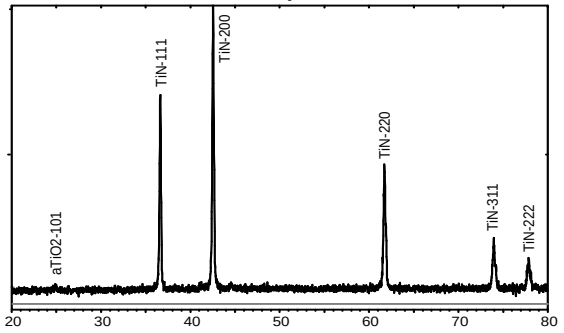


Рис. 2. Рентгеновская дифрактограмма поверхности спрессованного образца TiN-SPS.

Следует отметить, что полученный методом SPS без связующих добавок материал имеет меньший средний уровень модуля Юнга при более высокой твердости. Обусловлено это, по-видимому, его субмикронной структурой в отличие от крупнозернистой структуры двукарбидного твердого сплава Т15К6.

Таблица 1. Результаты индентирования поверхности образцов TiN-SPS и Т15К6

	Параметры	Среднее
TiN-SPS	H, ГПа	20,95
	E, ГПа	304,62
Т15К6	H, ГПа	11.18
	E, ГПа	267

Структура образца TiN-SPS исследовалась методами сканирующей электронной микроскопии (SEM). Анализировались как отшлифованная плоская поверхность, так и поверхность поперечного скола.

Отметим, что представленные результаты первых экспериментов получены без предварительной подготовки исходных порошков, то есть без исключения их агломерированного состояния. Кроме того, параметры режима SPS задавались произвольно. В результате получен образец TiN-SPS с достаточно высокими физико-механическими свойствами. В частности нанотвердость материала в среднем достигает ~13,0 ГПа. Однако, это значение более чем в 2 раза ниже величины нанотвердости монокристалла или пленочного покрытия TiN [4]. Анализ структуры материала однозначно показывает, что основной причиной этого является ее высокая неоднородность. При одновременном приложении сжимающего усилия и включении постоянного тока, в толще порошка спонтанно возникают цепочки из более крупных агломератов с более высокой плотностью материала и повышенной электропроводимостью, относительно областей состоящих их более мелких элементов. Естественно возникают каналы повышенной плотности тока с боле интенсивным тепловыделением. Это обеспечивает наиболее быстрый нагрев поверхности частиц под воздействием высокой температуры микроискровых разрядов, плавление поверхности и их спекание в условиях сближения под воздействием внешнего давления, без рекристаллизации материала частиц. По мере спекания частиц в агломератах повышается плотность материала, уменьшается объем, и образуются относительно крупные поликристаллические наноструктурированные зерна, разделенные относительно большими зазорами. Вызванное этим снижение проводимости приводит к вытеснению тока на периферию каналов, где аналогичным образом продолжается формирование крупных зерен. После отключения тока рост крупных зерен замедляется и прекращается. Исчезновение плазмы искровых разрядов и тепловыделения приводит к снижению противодействующего давления в объеме прессовки. Это и усадка остывающего материала зерен при сохранении внешнего давления приводит к перемещению подвижного пуансона и значительному повышению плотности прессовки. В соответствии с высказанным представлением, увеличение выдержки при неизменном или увеличивающемся токе должно привести к образованию крупнозернистой структуры по всему образцу. Это возможно несколько повысит плотность и среднюю твердость материала, но не даст желаемого приближения к предельному уровню. Поэтому оптимизацию режима SPS УДП нитрида титана необходимо проводить при соответствующей подготовке исходного порошка, то есть при сведении к минимуму его агломерированности.

Список литературы

1. Сивков А.А., Сайгаш А.С., Пак А.Я., Евдокимов А.А. Прямое получение нанодисперсных порошков и композиций в гиперскоростной струе электроразрядной плазмы // Нанотехника. – 2009. - № 2(18). – с. 38-43

2. Tokita M. Mechanism of Spark Plasma Sintering // J. Material Science. - 2004. - Vol.5. - №45. - PP. 78-82.

3. Гусев А.И. Эффекты нанокристаллического состояния в компактных металлах и соединениях // УФН. - 1998. - т. 168 - с. 55–83

4. Коротаев А.Д., Мошков В.Ю., Овчинников С.В., Пинжин К.П., Савостиков В.М., Тюменцев А.Н. Наноструктурные и нанокомпозитные сверхтвердые покрытия // Физическая мезомеханика. - 2005. - т. 8 - №5 - с. 103—116

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект 12-08-31119 мол_а)

ПОЛУЧЕНИЕ МУЛЬТИГРАФЕНА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАССЛОЕНИЯ ГРАФИТА И ПОСЛЕДУЮЩЕГО ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ

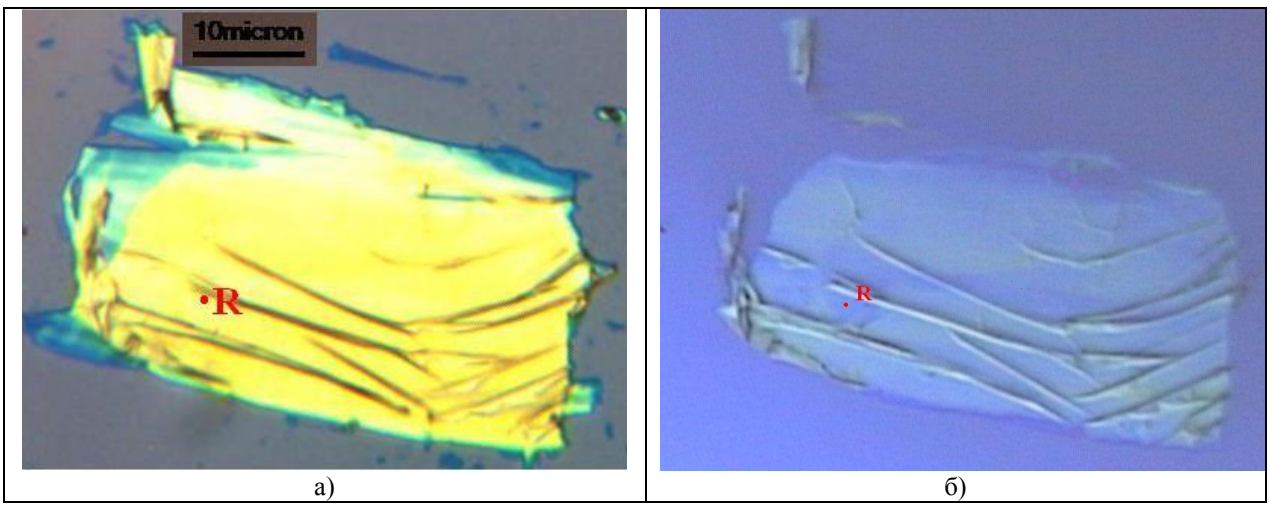
Ефремов А.В., Попов В.И.
Научный руководитель: Неустроев Е.П., к.ф.-м.н.
Северо-Восточный Федеральный Университет, 677015, Россия, г. Якутск, ул. Белинского, 58
E-mail: efrale@mail.ru

Графен является уникальным материалом, который может стать основой наноэлектронных приборов, благодаря таким свойствам как высокая электро- и теплопроводность, непревзойденная механическая прочность[1,2,3]. В настоящее время предлагаются различные методы получения графена, такие как микромеханический[1], осаждение из паровой фазы (CVD)[3], термическое разложение SiC[3] и другие. В работе[4] предложен способ получения графена большой площади с помощью плазмохимического травления тонких слоев графита, перенесенных на поверхность подложки диэлектрика микромеханическим способом с использованием адгезионной ленты. Этот метод позволяет получить большие площади мультиграфена (графена с несколькими атомными слоями) достаточно высокого качества.

В данной работе для получения тонких слоев графита на поверхность диэлектрика SiO_2 толщиной 300 мкм, нанесенного на поверхность кремниевой подложки, был использован метод электростатического расслоения графита[5]. Преимуществом данного метода является простота, отсутствие загрязнений поверхности, получение относительно больших площадей перенесенных слоев графита. В качестве исходного графита в методе электростатического расслоения использован высокоориентированный пиролитический графит (ВОПГ). Чешуйки графита (рис.1а), перенесенные методом электростатического расслоения, имели разную толщину слоев графита. Для дальнейшего утонения графита от 30-50 до нескольких слоев (оценка толщин была произведена по совокупности данных, полученных с помощью атомного силового микроскопа и спектроскопии комбинационного рассеяния, а также по цветовому оттенку изображения чешуек графита в оптическом микроскопе) было проведено травление в плазме аргона (Ar). При плазменном травлении происходит процесс удаления приповерхностных слоев вещества под воздействием ионов низкотемпературной плазмы. Плазмохимическое травление было произведено на установке ЭТНА-100ПТ фирмы НТ МТОД (г.Зеленоград). Плазма в реакционной камере создавалась высокочастотным индуктором (13,56 МГц), рабочее давление составляло от 0,2 до 0,5 торр. Время травления было до 5 минут. Измерения спектров комбинационного рассеяния были выполнены на установке «Интегра Спектра» фирмы НТ МТД.

На рисунке 1 показаны оптические изображения слоев графита (рис.1.а) и мультиграфена (рис.1.б) на поверхности SiO_2. Желтый цвет на рисунке 1 соответствует слоям графита толщиной более 20 атомных плоскостей. Измерения спектров комбинационного рассеяния (Раман спектры) в этой области показали, что они соответствуют типичным спектрам объемного графита.

Исследования Раман-спектров были проведены в областях с голубым оттенком. На рис.2 показан спектр, измеренный в точке R. Как видно из рисунка отчетливо проявляются пики G (~1580 $см^{-1}$) и 2D (~2700 $см^{-1}$), связанные с присутствием углеродных связей в исследуемой структуре. Пик G связан с наличием sp^2-гибридизированных углеродных связей (C=C)[6]. Пик 2D возникает в результате двухфононного резонансного процесса вблизи точки К зоны Бриллюэна[6]. По сравнению с объемным графитом этот пик является очень ярким. Наличие пика D (при длине волны 1350 $см^{-1}$) связано с присутствием дефектов в sp^2-связях структуры. Острота пика G и относительно небольшая высота пика D (1350 $см^{-1}$)



а) б)

Рис.1 Оптические изображения слоев графита до ПХТ (а) и после (б) на поверхности SiO_2.

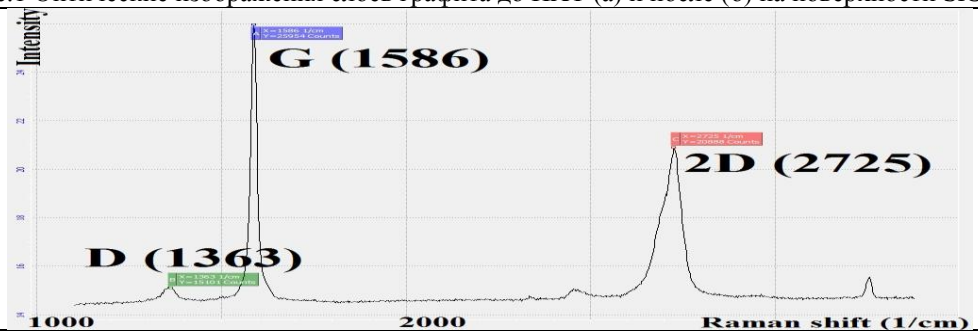


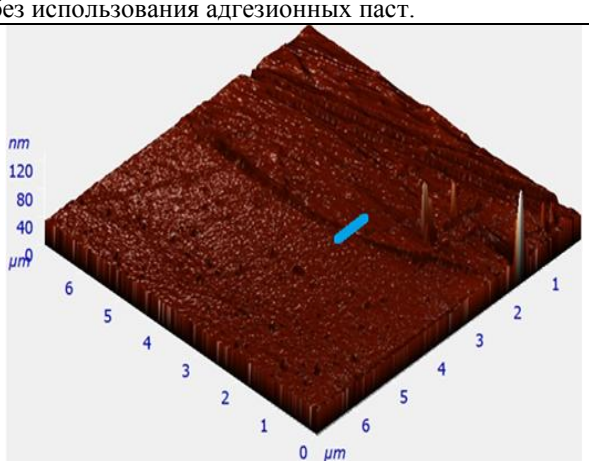
Рис.2 Раман спектры образца после плазмохимического травления.

свидетельствуют о высоком качестве полученных слоев (незначительное влияние дефектов и примесей на Раман спектры)[6]. Как показано в работе [6] из анализа формы пика 2D и соотношения интенсивности пиков G и 2D можно оценить количество слоев в мультиграфене. Проведенная оценка показала, что графен в точке R (рис.3б) имеет толщину до 10 атомных слоев.

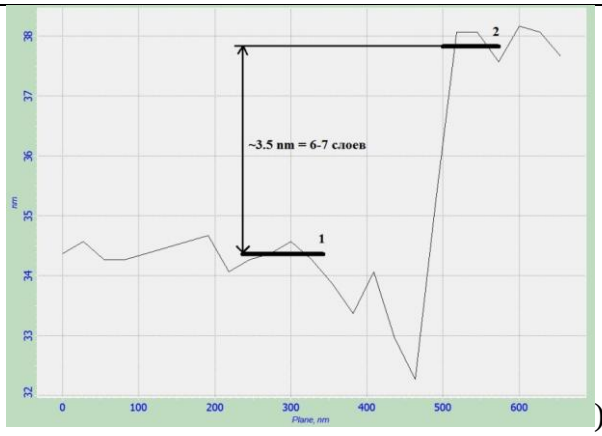
Для уточнения полученных результатов были проведены измерения с помощью атомно-силового микроскопа «Интегра Спектра». На рисунке 3а показана поверхность образца на границе подложка/мультиграфен после обработки в плазме. Оценка толщины слоя (рис.3б) проведена по высоте ступеньки на границе диэлектрик/мультиграфен (голубая полоска на рисунке 3а). Как видно высота ступеньки в данном месте составляет 6-7 атомных слоев, с учетом того, что высота одной атомной плоскости примерно 0,5 нм. Эти результаты хорошо согласуются с данными рамановской спектроскопии и можно утверждать, что в областях с голубым цветов на рисунке 1б сформирован мультиграфен.

Таким образом, из результатов проведенных исследования следует, что последовательное применение метода электростатического осаждения и плазмохимического травления позволяет получать слои мультиграфена относительно большой площади (>100мкм^2) толщиной до 10 атомных слоев без использования адгезионных паст.

1. K.S. Novoselov, A.K. Geim, S.V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S.V. Dubonos, I.V. Grigorieva, A.A. Firsov. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films // Science, v. 306, - 2004. – p. 666-669.
2. Y.H. Wu, T. Yu, Z.X. Shen. Two-dimensional carbon nanostructures: Fundamental properties, synthesis, characterization and potential applitcations // J. Appl. Phys. 108, 071301 (2010).
3. А.В. Елецкий, И.М. Искандеров, А.А. Книжник, Д.Н. Красиков. Графен: методы получения и теплофизические свойства // УФН, т.181, №3, - 2011. – с.233-267.
4. Ю.И. Латышев, А.П. Орлов, В.В. Песков, Е.Г. Шустин, А.А. Щекин, В.А.Быков. Получение графена при помощи травления монокристаллов естественного графита в плазмохимическом реакторе на базе пучково-плазменного разряда // Доклады Академии Наук, 2012, том 442, № 2, с. 181-183.
5. A.N. Sidorov, M.M. Yazdanpanah, R. Jalilian, P.J. Ouseph, R.W. Cohn, G.U. Sumanansekera. Electrostatic deposition of grapheme // Nanotechnology. 18, 135301 (2007).
6. A.C. Ferrari, J.C. Meyer, V. Scardaci, C. Casiraghi, M. Lazzeri, F. Mauri, S. Piscanec, D. Jiang, K.S. Novoselov, S. Roth, A.K. Geim. Raman Spectrum of Graphene and Graphene Layers // Physical Review Letters. 97, 187401 (2006).



а)



б)

Рис.3 Изображение рельефа поверхности образца после плазмохимического травления, полученные с помощью «Ntegra Spectra» (а), и оценка высоты ступеньки (б).

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ГЛАУКОНИТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОВОЛОКНАМИ ОКСИГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Жантуаров С. Р., Умирзаков А. Г., Мартемьянов Д. В.
Научный руководитель: Журавков С. П. , к.х.н., с.н.с.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: sultzhantuarov@mail.ru

Введение

В настоящее время всё более актуальной становится проблема обеспечения населения доброкачественной питьевой водой. Одни из наиболее распространённых способов очистки воды от ионов тяжёлых металлов, являются сорбционные методы [1-2]. Среди известных природных минералов, обладающих хорошими сорбционными свойствами, известен глауконит, который широко применяют для очистки водных сред [3-5]. Глауконит - минерал, который отмечается целым комплексом уникальных свойств. Благодаря особенностям кристаллической структуры, которые предопределяют его способность к катионному обмену, глауконит издавна использовался для умягчения воды, а позднее и для ее очистки. Установлена высокая эффективность глауконита при очищении воды от солей тяжелых металлов, ряда органических и неорганических составов, радионуклидов. В частности установлено, что активированный глауконит при фильтрации через него загрязненных вод практически полностью очищает от соединений железа и аммиака, почти на порядок понижает содержимое в воде нефтепродуктов, в 25-50 раз понижает содержимое радиоактивных изотопов цезия-137 и стронция-90.

Целью данной работы является модификация глауконита нановолокнами оксигидроксида алюминия, с целью придания ему улучшенных физико-химических и сорбционных свойств.

Материалы и методы

Модифицированные образцы глауконита были получены посредством золь-гель процесса, благодаря которому удалось закрепить нановолокна оксигидроксида алюминия, на поверхности минерального носителя. Перед синтезом, минеральный носитель глауконит измельчили в агатовой ступке, и просеяли через сито с размером ячейки 0,1 мм. Для модификации, использовали фракцию глауконита с размером менее 0,1 мм. В дальнейшем, все свойства, как носителя, так и модифицированных образцов, определяли на данной фракции. Получили пять образцов материала, с различным содержанием активного компонента на поверхности минерального носителя:

- № 1 – (AlOOH – 16,6 %);
- № 2 – (AlOOH – 23 %);
- № 3 – (AlOOH – 33 %);
- № 4 – (AlOOH – 35,9 %);
- № 5 – (AlOOH – 38,3 %).

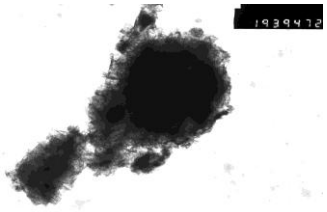
У данных образцов определили удельную поверхность многоточечным методом БЭТ и провели измерение объёма микро- и мезопор:

- глауконит (Sуд. = 30,7 $м^2/г$; Vуд. пор = 0,013 $см^3/г$.);
- № 1 (Sуд. = 37,8 $м^2/г$; Vуд. пор = 0,016 $см^3/г$.);
- № 2 (Sуд. = 40,3 $м^2/г$; Vуд. пор = 0,017 $см^3/г$.);
- № 3 (Sуд. = 37,8 $м^2/г$; Vуд. пор = 0,017 $см^3/г$.);
- № 4 (Sуд. = 47,3 $м^2/г$; Vуд. пор = 0,02 $см^3/г$.);
- № 5 (Sуд. = 61,4 $м^2/г$; Vуд. пор = 0,026 $см^3/г$.).

Очистка воды полученными образцами материалов осуществляется благодаря сочетанию процессов фильтрования, хемосорбции и электрокинетической адсорбции. Загрязняющие частицы и пористый сорбент взаимодействуют друг с другом под действием двух видов сил: Ван-дер-ваальсовых, которые являются силами ближнего действия и всегда силами притяжения, и взаимодействий между электрическими двойными слоями, которые могут быть как силами притяжения, так и силами отталкивания в зависимости от поверхностных зарядов загрязняющей частицы и поры (Рис. 1).

Ожидаемым результатом данной работы является получение сорбционных материалов с повышенной эффективностью при очистке воды от ионов тяжелых металлов, с увеличенной ёмкостью сорбента, за счет расширения площади эффективной поверхности.

За счёт использования носителя обладающего особенностями кристаллической структуры, которые предопределяют его способность к катионному обмену и благодаря модификации данного носителя нановолокнами оксигидроксида алюминия, нам удалось получить материал с улучшенными свойствами.



а) микрофотография – увеличение в 19 тысяч раз



б) внешний вид материала

Рис. 1. Глауконит, модифицированный оксигидроксидом алюминия

Результаты и их обсуждения

Для определения сорбционных характеристик глауконита и образцов материалов, полученных на его основе, были проведены эксперименты по сорбции ионов железа Fe (III), из водного раствора. В таблице 1 приведены результаты сорбции ионов железа Fe (III), из раствора, приготовленного на дистиллированной воде, с использованием ГСО Fe (III). Процессы извлечения железа Fe (III) проводились при осадительной сорбции, с перемешиванием на магнитной мешалке.

Как видно из таблицы 1, полученные образцы более эффективно очищают растворы содержащие ионы железа Fe (III), по сравнению с материалом-носителем. Образец №2 показал наилучшие сорбционные свойства.

Таблица 1. Сравнение сорбционных характеристик минерала глауконита, с модифицированными образцами на его основе, при очистке раствора, содержащего ионы железа Fe (III).

Наименование сорбента	Время сорбции, мин.	Концентрация Fe в растворе до сорбции, мг/дм^3	Концентрация Fe в растворе после сорбции, мг/дм^3	Степень сорбции, %
Глауконит	150	10	2	80
№ 1	150	10	0,7	93
№ 2	150	10	0,5	95
№ 3	150	10	0,9	91
№ 4	150	10	0,9	91
№ 5	150	10	0,9	91

Выводы

В результате проведённой работы, удалось модифицировать поверхность глауконита нановолокнами оксигидроксида алюминия. Были определены физико-химические свойства полученных образцов. При тестировании полученных образцов материалов, исследование свойств воды проводилось согласно методу инверсионно-вольтамперометрического измерения концентрации железа в водных средах (ФР 1.31.2005.01433 МУ 08-47/165). Согласно приведённой методике испытаний, образцы модифицированных материалов, показали более лучшую сорбцию водных растворов содержащих ионы железа (III), по сравнению с глауконитом.

Список использованной литературы

1. Ропот В.М., Кердиваренко М.А., Тарасевич Ю.И., Юрасова В.А. Природные сорбенты и их роль в решении проблемы охраны окружающей среды //Труды межд. конф. «Адсорбенты и адсорбционные процессы в решении проблемы охраны природы». – Кишинев: Штиинца, 1986. – С. 17-24.

2. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. - Киев: Наука,1981.-172с.

3. Дриц В.А. Проблемы определения реальной структуры глауконитов и родственных тонкодисперсных силикатов. - М.: Химия, 1993. - 200 с.

4. Николаев И.В. Минералы группы глауконита и эволюция их химического состава. В кн.: Проблемы общей и региональной геологии. - Новосибирск, 1971.– С. 320-336.

5. Сухарев Ю.И., Черногорова А.Е., Кувыкина Е.А. Особенности структуры и сорбционно-обменные свойства глауконита Багарякского месторождения// Известия Челябинского научного центра УрОРАН.- 1999.- №3.-С.64-69.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕТЕРОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ НИТРИДА ГАЛЛИЯ ДЛЯ БЕЛЫХ СВЕТОДИОДОВ

Зубрилкина Ю.Л.
Научный руководитель: Гермогенов В.П., д.ф.-м.н., профессор
Томский государственный университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36
zubrilkina.yuliya@mail.ru

Исследования гетероструктур на основе нитрида галлия и его твердых растворов в настоящее время направлено на улучшение излучательных свойств светодиодов белого свечения.

Типичное строение кристалла светодиода показано на рисунке 1. Излучающий (активный) слой представляет набор квантовых ям из твердого раствора $In_xGa_{1-x}N$, разделенных барьерными слоями GaN.

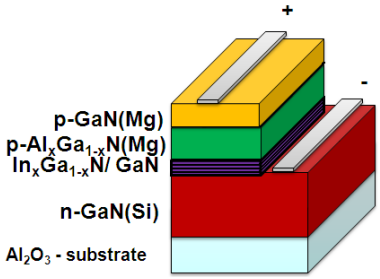


Рисунок 1 - Конструкция светодиодной гетероструктуры на основе GaN

К числу методик, позволяющих получить полезную информацию о строении активных областей структур, относятся измерения электрических, в частности, вольт-фарадных характеристик (ВФХ). В данной работе исследовались ВФХ гетероструктур различных производителей (таблица 1).

Таблица 1 – Типы исследуемых излучающих структур

№	Марка	Компания – производитель	Площадь *p-n*-перехода *S*, мм^2
1	SL-V-B40AK	SemiLEDs	0,950625
2	SL-V-B24AD	SemiLEDs	0,344874
3	ES-CABLV45C	EPISTAR	1,44
4	CxxxEZ290-Sxx00	CREE	0,07106
5	EPISTAR	EPISTAR	1,44

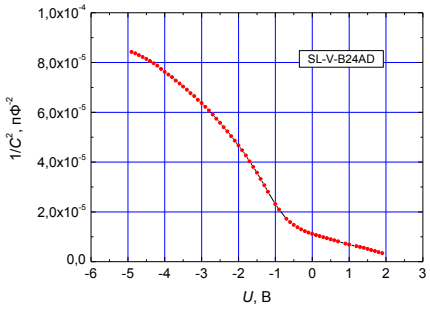
Вольт-фарадные характеристики светодиодных структур измерялись при комнатной температуре на частоте сигнала 1 МГц с шагом изменения напряжения $\Delta U = 100$ мВ.

На рисунке 2 представлены примеры измеренных зависимостей в координатах $1/C^2$ от U.

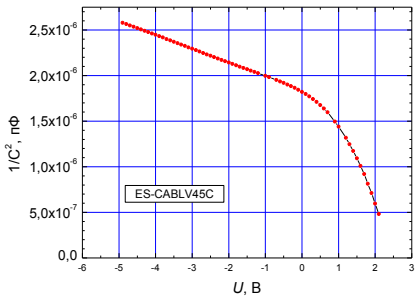
Эффективная концентрация носителей заряда рассчитывалась по формуле

$$N(x) = \frac{C^3}{e \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S^2 \cdot \left(\frac{dC}{dU}\right)}, \qquad (1)$$

где величина статической диэлектрической проницаемости ε принималась равной 9.



а



б

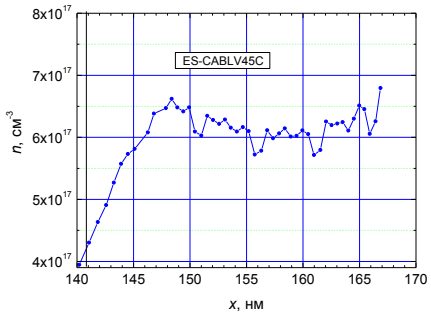
Рисунок 2 - Зависимости $1/C^2$ от напряжения для структур № 2 и 3.

На профилях структур № 3÷5 в области обратных смещений наблюдалось изменение концентрации с периодом 5÷6 нм (рисунок 3,*а*), что, по-видимому, соответствует прохождению границей области пространственного заряда квантовых ям и барьеров между ними. (Вертикальными линиями на рисунке 3 показана толщина ОПЗ в отсутствие внешнего смещения на структуре).

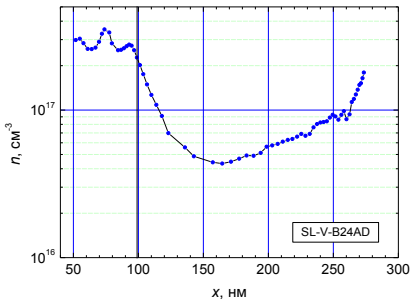
Профили структур № 1 и 2 существенно отличались от остальных. Так, в структуре №2 (рисунок 3,*б*) проявляются 3 квантовые ямы с периодом чередования около 20 нм. Можно предположить, что в данной структуре форма профиля осложняется общим понижением концентрации из-за распространения ОПЗ не только в активную область $In_xGa_{1-x}N$/GaN, но и в барьерный слой *p*-$Al_xGa_{1-x}N$.

Одновременно с измерением емкости проводилось измерение активной проводимости структур. На рисунке 4,*а* представлены зависимости активной проводимости исследуемых структур на частоте 1 МГц от внешнего смещения. В отличие от работы [1] на

зависимостях не обнаруживаются явно выраженные пики или ступеньки.



а

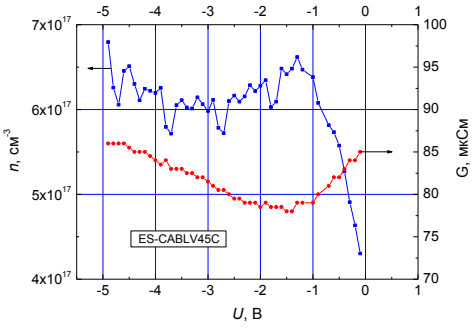


б

Рисунок 3 - Профили эффективной концентрации для светодиодных структур №3 (*а*) и №2 (*б*).

На рисунке 4,*б* значения проводимости образца №3 сопоставляются со значениями эффективной концентрации при том же внешнем смещении. Заметная корреляция между кривыми отсутствует.

а



б

Рисунок 4 – Зависимости активной проводимости для образца №2 (*а*), активной проводимости и эффективной концентрации для образца №3 (*б*) от внешнего смещения. T = 300 К.

В работе было также изучено влияние освещения на емкостные свойства структур. На рисунке 5 представлены профили эффективной концентрации носителей заряда для структуры №5, полученные в темноте и при засветке структуры излучением группы светодиодов белого свечения.

Основной полосой в спектре излучения белого светодиода является синяя полоса с максимумом спектра на длине волны λ_m = 455 ÷ 465 нм. При этом коротковолновый край спектра излучения распространяется до 430 ÷ 440 нм, т.е. захватывает область фоточувствительности исследуемых структур. Поэтому освещение должно генерировать дополнительные носители заряда только в области квантовых ям, но не в барьерных областях структур.



Рисунок 5 - Профили эффективной концентрации в структуре №5, измеренные в темноте и при освещении

Как видно из рисунка 5, на обоих профилях сохраняются провалы концентрации, соответствующие барьерным областям. Основные изменения профиля при освещении приходятся на области квантовых ям. Причем, чем дальше яма отстоит от *p*-области, тем сильнее изменяется профиль. Этот результат согласуется с данными работы [2], где показано, что вследствие влияния внутренних поляризационных полей время жизни носителей заряда в квантовых ямах со стороны *n*-GaN больше, и освещение создает в них более высокую концентрацию носителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучерова О.В. Спектроскопия адмиттанса полупроводниковых гетероструктур с множественными квантовыми ямами InGaN/GaN / Автореферат диссертации к.ф.-м.н., 2010.

2. Tae-Soo Kim, Byung-Jun Ahn, Yanqun Dong et al. Well-to-well non-uniformity in InGaN/GaN multiple quantum wells characterized by capacitance-voltage measurement with additional laser illumination // Appl. Phys. Lett. – 2012. – V. 100. – P. 071910-1 – 071910-4.

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА И МОРФОЛОГИИ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ В СУСПЕНЗИЯХ НАНОПОРОШКОВ АЛЮМИНИЯ В ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ РАСТВОРЕ

Карепина Е.Е.[1], Сенатова С.И.[2]
Научный руководитель: Годымчук А.Ю.., к.т.н., доцент кафедры НМНТ
[1]Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
[2]НИТУ «МИСИС», 119049, Россия, г. Томск, Ленинский пр., 4
E-mail: karepina_ee@mail.ru

Возрастающий интерес к получению материалов с использованием наночастиц связан с кардинальным изменением свойств объектапри переходе из макро- в наноразмерный диапазон. Данные изменения могут обуславливаться увеличением удельной поверхности вещества (повышение реакционной способности) и преобладанием квантовых эффектов (воздействие на оптические, магнитные и электрические свойства материала) [1]. Например, для материалов, содержащих нанопорошок алюминия характерно увеличение прочности, пластичности, усталостных характеристик [2]. Нанопорошок Al находит применение в качестве добавки к топливным составам, составу покрытий в авиа-, авто- и кораблестроительной промышленности, термитам, взрывчатым веществам, порохам, ракетным топливам [3]. Большой спрос на продукцию, а как следствие – непрерывный рост производства, способствует увеличению количества источников выделения наночастиц в окружающую среду. Благодаря своему малому размеру, наночастицы легко попадают внутрь организма через желудочно-кишечный тракт, кожу или с дыханием, контактируя в первую очередь с жидкими средами и образуя дисперсные системы, физико-химические свойства которых влияют на их токсичность. Литературные данные свидетельствуют о высокой респираторной токсичности наночастиц Al (снижение функции легких, воспаление респираторных путей и др.) [4]. Однако токсические эффекты в работах объясняются свойствами и составом наночастиц, которые попали в тестируемый объект (распыленные в виде суспензий) без учета данных о составе и свойствах продуктов, образующихся при пробоподготовке образцов. В то время как другими авторами [5] было показано образование труднорастворимых осадков на металлических наночастицахпри взаимодействии с физиологическими растворами (PBS, NaCl, вода). Поэтому в работе изучали процессы деградации алюминиевых наночастиц, учет которых является важным фактором при оценке токсичности тестируемых материалов.

В работе исследовали электровзрывной нанопорошок алюминия (НПА). Фазовый состав исходного порошка определяли с помощью рентгенофазового анализа (РФА) на рентгеновском дифрактометре XRD-7000S Shimadzu (Япония). Для изучения морфологии порошков использовали электронный микроскоп (СЭМ) JSM-7500FA JEOL (Япония, 2008). Степень окисления НПА в растворе определяли, исходя из данных о количественном составе порошков до и после выдерживания в физиологическом растворе. На основе нанопорошков готовили суспензии с использованием стандартного физиологического раствора на основе NaCl (состав: NaCl - 9 г/л, pH=7,17), часто использующегося в токсикологических испытаниях для пробоподготовки образцов. Концентрация нанопорошка в суспензии составляла 0,01 мас.%. Полученные суспензии выдерживались 72 ч. при температуре 37 °C с периодическим перемешиванием, затем разделялись с помощью декантации, и твердая фаза высушивалась при температуре 22 °C в чашках Петри в течении 72 ч. Полученные продукты также подвергались РФА и СЭМ.

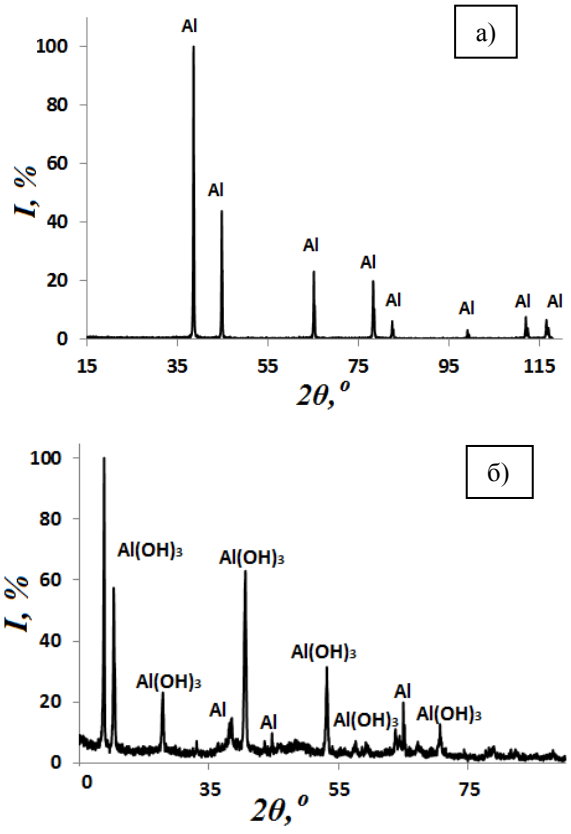


Рис.1. Изменение состава нанопорошка алюминия в физиологическом растворе на основе NaCl: а)

нанопорошок до взаимодействия, б) порошок после взаимодейтсвия и высушивания.

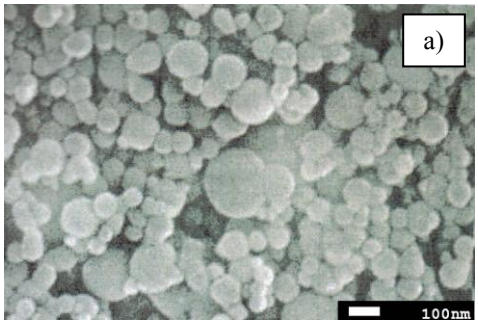
Согласно наблюдениям, высушенный порошок имел светло-серую окраску с белыми включениями (в отличии от исходного черного), что в первую очередь свидетельствовало об изменении состава.

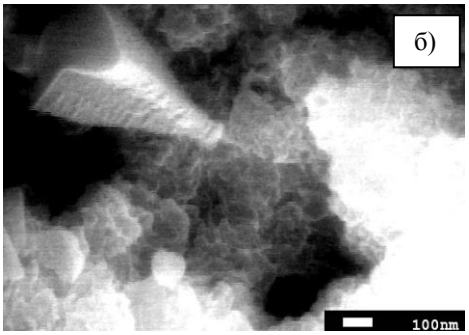
Ранее было показано, что нанопорошки алюминия могут окисляться в водной среде при увеличении температуры от комнатной до 64 - 66 °С, при этом степень деградации достигала 98 мас.% [6].

Согласно данным РФА, содержание металлического Al° в частицах суспензии уменьшилось от 95 до 6 мас.%. Высушенный образец включал 94 мас.% фазу гиббсита - $Al(OH)_3$ (рис. 1а,1б) Таким образом, степень деградации состава наночастиц составляла 98,9 мас.%.

По всей видимости, образование $Al(OH)_3$ происходило в результате адсорбции молекул воды на активных центрах (порах) поверхности и последующей диффузии протонов (H^+) через оксидную пленку частиц:

$$Al^0\text{-}3e=Al^{3+},$$
$$\underline{2H_2O+2e=2OH^-+H_2,}$$
$$Al + 3H_2O = Al(OH)_3 + 3/2\ H_2,$$
$$\Delta G=-445{,}4\ кДж/моль$$





а) б)

Рис. 2. Морфология нанопорошка алюминия: а) до выдерживания в физиологическом растворе NaCl, б) после взаимодейтсвия и высушивания.

Согласно данным СЭМ исходные порошки включали частицы по форме, близкой к сферической, среднеповерхностный размер частиц порошка составлял 95 нм (рис.2а), средний размер агломератов 4 мкм. Образующиеся осадки преимущественно имели новую морфологию (кристаллы пирамидальной формы) с пористой структурой поверхности. Размер частиц нового продукта увеличился до 250-320 нм, агломератов - до 6-8 мкм (рис. 2б).

Таким образом, в настоящей работе экспериментально показано, что при взаимодействии электровзрывного нанопорошка алюминия с физиологическим раствором (водный раствор 0,9%-ого NaCl) происходит окисление частиц с образованием пористого осадка белого цвета состава $Al(OH)_3$, причем степень окисления нанопорошка алюминия может достигать высоких значений (98,9 мас.%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Hunt W. H. Nanomaterials: Nomenclature, Novelty, and Necessity // Journal of the Minerals, Metals and Materials Society. – 2004. – V. 56. – No.10. – p.13-18.
2. Sabirov I.N., Murashkin M.Yu., Valiev R.Z. Nanostructured aluminium alloys produced by severe plastic deformation: New horizons in development// Materials Science & Engineering. – 2013 - No 506. - P. 1–24
3. Назаренко О.Б. Электровзрывные нанопорошки: получение, свойства, применение. – Томск: Изд-во ТГУ. 2005. – 148 с
4. Pailleux M., Pourchez J., Boudart D., Grosseau P., Cottier M. Study on the toxicity of inhaled alumina nanoparticles: impact of physicochemical properties and adsorption artifacts on the measurement of biological responses // Journal of Physics: Conference Series - 2011., - No 012041. – p. 304
5. Годымчук А.Ю., Савельев Г.Г., Горбатенко Д.В. Растворение нанопорошков меди в неорганических биологических средах // Журнал общей химии. - 2010. – Вып.5. – т.80. – с.711-718.
6. Годымчук А.Ю., Ильин А.П., Астанкова А.П. Окисление нанопорошка алюминия в жидкой воде при нагревании // Известия Томского политехнического университета - 2007. – № 1. – с.102-104.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИСЛОТНЫХ ЦЕНТРОВ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ TiO_2 И ВОЛОКНИСТОГО УГЛЕРОДА МЕТОДОМ СПИНОВЫХ ЗОНДОВ

Кенжин Р.М., Коскин А.П.
Научный руководитель: Володин А.М., д.х.н.
Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,
630090,Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5
E-mail: romankenzhin@gmail.com

Наноматериалы на основе оксида титана и волокнистого углерода широко используются в качестве катализаторов во многих химических процессах. Поскольку промежуточные химические взаимодействия реагентов с катализатором осуществляются на его поверхности, то получение информации об активных центрах поверхности является необходимым для понимания механизмов каталитических реакций. Для определения концентрации и силы кислотных центров на поверхности катализаторов широко используется метод ИК-спектроскопии. Однако концентрация таких центров во многих случаях может быть невелика, и чувствительность метода ИК-спектроскопии для ряда систем является недостаточной.

В связи с этим возможность использования высокочувствительного метода ЭПР представляет огромный интерес. Этот метод позволяет получать различную информацию о свойствах активных центров, например, определять их концентрацию на поверхности катализаторов. Сами активные центры катализаторов, как правило, не обладают собственным парамагнетизмом и, в силу этого, непосредственно не наблюдаются методом ЭПР. Поэтому для их изучения используют метод спиновых зондов. Эта методика предполагает использование специфических молекул, которые селективно взаимодействуют с исследуемыми центрами и либо обладают собственным парамагнетизмом (как, например, молекула NO или нитроксильные радикалы), либо приобретают парамагнетизм в результате взаимодействия с исследуемым центром. При этом адсорбированная молекула может превращаться в радикал либо в ион-радикал.

Концентрацию кислотных (акцепторных) центров на катализаторах измеряли по адсорбции антрацена из раствора в толуоле, аналогично использованной ранее методике для исследования кислотных центров Al_2O_3 [1]. Существенным отличием от нее было отсутствие высокотемпературной активации образцов перед проведением измерений. Вначале находящиеся в ампулах образцы выдерживались в муфеле при 80-170°C в течение около 20 часов, затем заливались 0.04M раствором антрацена в толуоле, ампулы запаивались и выдерживались при 80C в течение 12 часов для достижения максимальной концентрации радикалов, которая отражает концентрацию кислотных центров исследуемого образца.

В настоящей работе исследовались промышленные образцы TiO_2, широко используемые в фотокатализе: Degussa “P-25”, Hombifine, а также полученный по аэрогельной технологии нанокристаллический TiO_2 (NA-TiO_2), произведенный в США. На рис. 1 приведены типичные спектры ЭПР радикалов образующихся в результате адсорбции антрацена на поверхности образцов TiO_2.

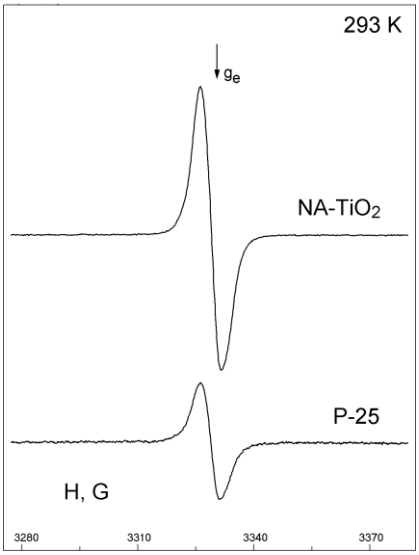


Рис. 1 Спектры ЭПР спиновых зондов для образцов NA- TiO_2 и Degussa “P-25”.

Как правило, для измерения кислотных центров образцы подвергаются высокотемпературной обработке (≈500°C) для удаления блокирующей воды с поверхности. Однако представленная методика позволяет оценивать количество акцепторных центров при низких температурах (вплоть до комнатной) дегидратации поверхности, когда поверхность покрыта хемосорбированной водой, и условия близки к условиям проведения фотокатализа на TiO_2.

На рис. 2, 3 представлены зависимости относительной концентрации детектируемых кислотных центров от температуры предварительной дегидратации поверхности для катализаторов TiO_2 Hombifine и NA-TiO_2 (100% соответствует концентрации центров $1.4*10^{18}$ штук/г). Хорошо видна разница в поведении этих образцов при прокалке: в случае NA-TiO_2 концентрация кислотных центров монотонно спадает при повышении температуры. Это

достаточно естественно, т.к. в результате прокалки монотонно снижается и удельная поверхность оксида. В случае же Hombifine зависимость от температуры явно не монотонная. Наблюдается заметный рост концентрации кислотных центров при температурах прокалки 550-600°C. Такой феномен может наблюдаться из-за образования кислотных центров из имеющихся в исходном образце сульфат-ионов – для TiO_2 такой процесс сульфатации наблюдается именно в этом интервале температур.

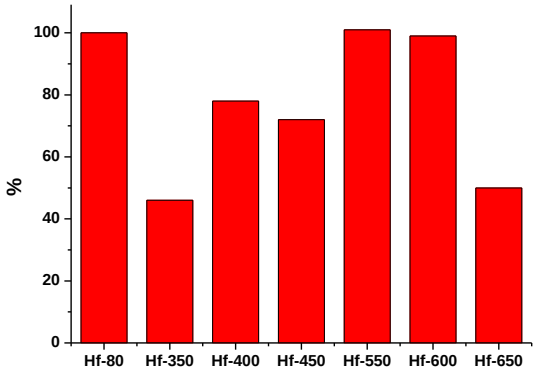


Рис. 2 Зависимость относительной концентрации кислотных центров от температуры дегидратации для образца Hombifine.

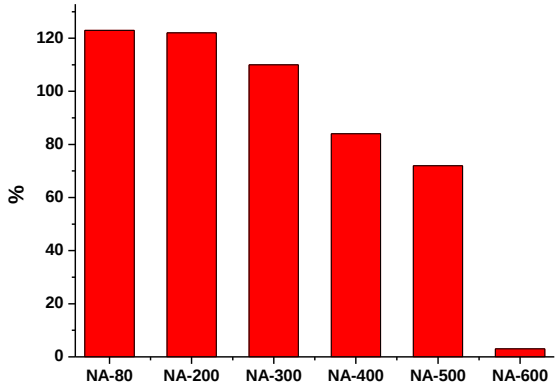


Рис. 3 Зависимость относительной концентрации кислотных центров от температуры дегидратации для образца NA-TiO_2.

Кроме того, в данной работе были изучены кислотные центры углеродных нановолокон УНВ с нанесенным сульфатированным перфторполимером Nafion (см рис. 4). Эти наноматериалы являются перспективными в качестве катализаторов для реакции газофазного нитрования ароматических соединений. Эта каталитическая реакция протекает в области температур 140-180°C. Исследованные образцы предварительно прогревались также при 140°C перед обработкой антраценом. На рис. 5 представлены спектры ЭПР образующихся радикалов для чистого углеродного нановолокна (УНВ), а также для УНВ с нанесенным Nafion 10 и 20%.

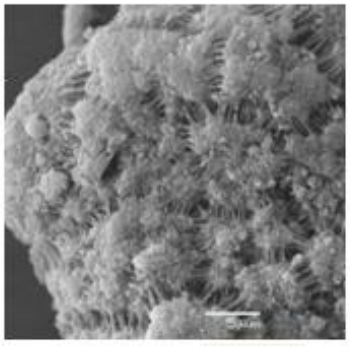


Рис. 4 СЭМ-снимок катализатора на основе полимера Nafion, нанесенного на углеродный наноматериал.

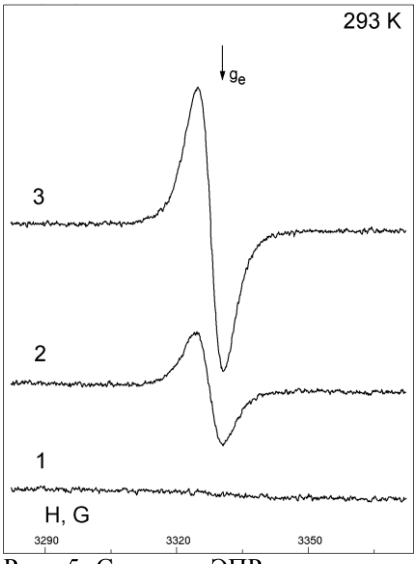


Рис. 5 Спектры ЭПР спиновых зондов. 1 – УНВ; 2 – 10% Nafion/УНВ; 3 – 20% Nafion/УНВ.

Нанесение нафиона на УНВ приводит к значительному повышению кислотных свойств образца. Из рис. 5 видно, что на УНВ без нанесенного нафиона радикалы из антрацена не образуются. Соответственно акцепторные центры отсутствуют. В то же время нанесение уже 10% нафиона приводит к образованию радикалов. Причем чем большее количество нафиона наносится, тем сильнее повышаются кислотные свойства наноматериалов.

Полученные данные хорошо коррелируют с данными по каталитической активности этих образцов в реакции газофазного нитрования бензола. Образец 20% Nafion/УНВ наиболее активен в этой реакции.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 12-03-00905-а; 11-03-12138-офи-м-2011).

1 Zotov R.A., Molchanov V.V., Volodin A.M., Bedilo A.F. // *J. of Catal*. – 2011. – V. 278. – P. 71-77.

СТИМУЛИРОВАННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ СИЛЬНОТОЧНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

Козубова М.А., Горина С.Г., Бабкина Е.И.
Научный руководитель: Олешко В.И., д.ф.-м.н., профессор
Томский Политехнический Университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail:Marina21011990@yandex.ru

Введение

В последнее время ведется активная работа по совершенствованию способов выращивания нитридных соединений третьей группы A^3N, свойства которых позволяют создать оптоэлектронные приборы с уникальными параметрами. Однако на пути получения качественных гетероструктур существуют объективные сложности, связанные с подбором оптимальных технологических режимов, влияющих на свойства эпитаксиальных слоев GaN, InGaN и AlGaN.

В последние годы технология изготовления светодиодных структур сделала большой шаг вперед, поскольку стали использоваться новые методы контроля материалов. Особая роль принадлежит люминесцентным методам, которые позволяют контролировать наличие дефектов собственной и примесной природы и определять пригодность структур для изготовления источников света.

При исследовании люминесценции светодиодных структур обычно используется возбуждение фотонами с энергией кванта, превышающей ширину запрещенной зоны эпитаксиальных слоев [1,2]. Метод фотолюминесценции (ФЛ) позволяет получать информацию о достаточно тонких слоях, что связано с большим коэффициентом поглощения возбуждающего излучения. Для реализации катодолюминесцентного (КЛ) метода обычно используют электронные пучки с энергией 10−50 кэВ и током $10^{-9} - 10^{-7}$ А [3].

При проведении фундаментальных исследований и катодолюминесцентной диагностики полупроводниковых и диэлектрических макрокристаллов широкое распространение получили высокоэнергетические (~250 кэВ), сильноточные ($1-10^3$ А) электронные пучки (СЭП), формируемые в высоковольтном вакуумном диоде со взрыво-эмиссионным катодом [4]. Малая длительность импульса тока СЭП и высокая энергия электронов позволяют реализовать метод импульсной спектрометрии при однородном возбуждении слоя твердого тела толщиной ~ 10 мкм. В литературе отсутствуют сведения о люминесценции тонкопленочных (10 − 100 нм) светодиодных гетероструктур на основе InGaN-квантовых ям, возбуждаемой СЭП.

Цель настоящей работы заключается в изучении влияния плотности энергии высокоэнергетического электронного пучка на амплитудные и спектрально-кинетические характеристики люминесценции гетероструктур на основе InGaN/GaN-квантовых ям, выращенных на сапфировых подложках.

Методика эксперимента

В работе исследовались три светодиодные структуры AlGaN/InGaN/GaN ($ГС_1$, $ГС_2$ и $ГС_3$). Структуры были выращены в различных лабораториях методом металлоорганической газофазной эпитаксии на сапфире с ориентацией [0001]. Активная область состояла из квантовых ям и барьеров InGaN/GaN**.** Светодиодные структуры изучались методом импульсной КЛ с возбуждением СЭП. Использовались две схемы облучения и регистрации люминесценции светодиодных структур. Облучение образцов проводилось при температуре 300 К со стороны гетероструктуры под углами 90° и 45° к поверхности пластины. В первом случае люминесценция измерялась с торца пластины (схема измерения α = 90°), во втором − под углом 45° к облучаемой поверхности образца (схема измерения α = 45°). Средняя энергия электронов в спектре ~ 250 кэВ, длительность импульса тока ~ 10 нс. Плотность энергии электронного пучка H варьировалась в диапазоне 0,005—0,4 Дж/см^2. Время-разрешенные спектры КЛ (метод измерений «спектр по точкам») регистрировались с помощью монохроматора МДР-23, ФЭУ-84 и осциллографа TDS 2014. Интегральные (по времени) спектры КЛ (метод измерений «спектр за импульс») регистрировались за один импульс возбуждения зеркальной цифровой фотокамерой SONY DSLR-A500 через монохроматор МДР-23 со снятой выходной щелью (спектральный диапазон измерений 400—700 нм, обратная линейная дисперсия 1,3 нм/мм).

Результаты и их обсуждение

Типичные для комнатной температуры спектры КЛ светодиодных структур $ГС_1$ (кривая 2) и $ГС_3$ (кривая 1), измеренные при H = 0,04 Дж/см^2, приведены на рис. 1. Видно, что при малой H в спектрах КЛ образцов наблюдается две явно выраженные полосы излучения, максимумы которых соответствуют энергиям (3,35—3,37) эВ и (2,80—2,82) эВ. УФ линия излучения в области 3,35—3,37 эВ (ширина на полувысоте FWHM ~ 100 мэВ, время затухания $\tau \leq 10$ нс), принадлежит GaN (E_g = 3,39 эВ при 300 К) и обусловлена рекомбинацией связанных на дефектах экситонов. «Голубая» полоса люминесценции (E_m ~ 2,80—2,82 эВ,

FWHM ~ 160—200 мэВ) связана с излучением квантовых ям (слои InGaN). Время затухания полосы E_m ~ (2,80—2,82) эВ не экспоненциально, находится во временном диапазоне 50—250 нс при 300 К и определяется предысторией образцов.

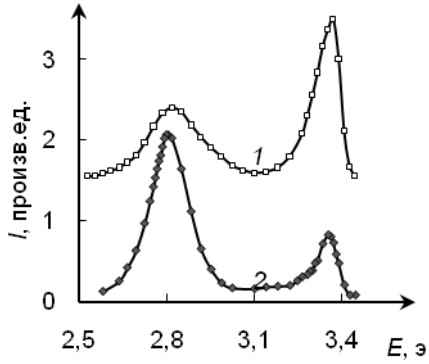


Рис.1. Спектры КЛ образцов $ГС_3$ (1) и $ГС_1$ (2), измеренные «по точкам» при H = 0,04 Дж/см^2

Изучено влияние плотности энергии электронного пучка H на спектрально-кинетические характеристики и интенсивность КЛ светодиодных структур. Обнаружено, что при достижении H порогового значения (для образца $ГС_1$ $H \approx 0{,}06$ Дж/см^2) на фоне широкой «голубой» полосы начинает формироваться узкая линия излучения с пиком при $h\nu$ = 2,78 эВ. При увеличении H наблюдается сверхлинейный рост её интенсивности и уменьшение длительности импульса свечения, что свидетельствует о переходе спонтанной люминесценции в режим стимулированного излучения. На рис. 2 представлены спектры КЛ образцов $ГС_1$ и $ГС_2$, измеренные в геометрии α = 45° (а) и α = 90° (б, в) при H = 0,4 Дж/см^2. Слева приведена ртутная линия Hg I 435,83 нм.

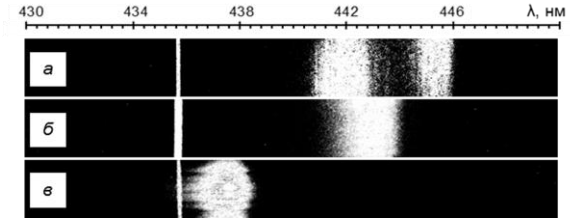


Рис.2. Спектры КЛ образцов $ГС_1$ (а, б) и $ГС_2$ (в), измеренные цифровой фотокамерой SONY DSLR-A500 за один импульс возбуждения при H = 0,4 Дж/см^2: а - схема измерения α = 45°; б и в - схема измерения α = 90°

Видно, что в образце $ГС_1$ при измерении люминесценции в геометрии α = 45° на фоне широкой «голубой» полосы формируются две узкие линии вынужденного излучения при λ ≈ 445,5 и 442 нм (FWHM ~ 12 мэВ). При измерении люминесценции с торца пластины $ГС_1$ максимум излучения наблюдается при λ ≈ 443 нм. В образце $ГС_2$, вынужденное излучение наблюдается только с торца пластины при λ ≈ 437,2 нм (FWHM ~ 12 мэВ). Формирование узких линий интенсивного излучения можно объяснить вынужденной излучательной рекомбинацией в электронно-дырочной плазме, которая образуется в эпитаксиальных слоях при достижении уровня возбуждения порогового значения. Причины, приводящие к изменению спектрального состава излучения в образце $ГС_1$ при изменении геометрии регистрации люминесценции, требуют отдельных исследований. В образце $ГС_3$ наблюдаются только полосы спонтанной люминесценции. Отсутствие вынужденного излучения в образце $ГС_3$ свидетельствует о высокой концентрации дефектов образующихся при выращивании данной структуры.

Заключение

Исследованы характеристики импульсной катодолюминесценции светодиодных гетероструктур AlGaN/InGaN/GaN, при возбуждении высокоэнергетическим сильноточным электронным пучком. Установлено, что при низкой плотности энергии СЭП ($H \leq 0{,}04$ Дж/см^2) в спектре КЛ исследованных образцов наблюдаются полосы спонтанной люминесценции эпитаксиальных слоев GaN и InGaN - квантовых ям. Спектрально-кинетические, амплитудные и плотностные характеристики спонтанной КЛ гетероструктур могут быть использованы для получения информации о типе и концентрации дефектов, образующихся в процессе их выращивания. Дополнительными параметрами, характеризующими качество светодиодных структур, являются пороговая плотность энергии СЭП, при которой наблюдается переход спонтанной КЛ в режим стимулированного излучения, спектральный состав и интенсивность стимулированного излучения эпитаксиальных слоев.

Работа поддержана ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы. Грант № 14.B37.21.0888.

Литература

[1] Reshchikov M.A., Shahedipour F., Korotkov R.Y. et al. // J. Appl. Phys. – 2000. – V.87. – №7. – P. 3351 – 3354.

[2] Крестников И.Л., Сахаров А.В., Лундин В.В. и др. // ФТП – 2000. – Т.34. – № 4. – С.496 – 503.

[3] Домрачева Я.В., Заморянская М.В., Попова Т.Б. и др. // Поверхность. – 2009. – №8. – С. 10 – 15.

[4] Lipatov E.I., Lisitsyn V.M., Oleshko V.I. et al. Cathodoluminescence. Rijeka: InTech, 2012. – 324 p.

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ АЛЮМОХРОМОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Костюков А.И., Баронский М.Г.
Научный руководитель: Снытников В.Н., к.ф.-м.н., Расторгуев А.А.
Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,
630090, Россия, г. Новосибирск, пр. академика Лаврентьева 5.
E-mail: ant.kostyukov@mail.ru

Одним из наиболее чувствительных методов исследований электронной структуры является фотолюминесцентный (ФЛ) метод. Однако, также известно, что "аналитичность" применения этого метода возможна только для малых концентраций люминесцирующих примесей, когда выполняется закон Бугера-Ламберта - Бера.

Оксидные алюмохромовые катализаторы дегидрирования парафинов, с концентрацией Cr_2O_3 от 1 до 25 мас.%, имеют сложный элементный и фазовый состав: совокупность различных наноразмерных полиморфных модификаций Al_2O_3 и Cr_2O_3 , а также твердых растворов на их основе [1]. Такие среды являются дисперсными, при распространении в них излучения происходит многократное рассеяние и перепоглощение. В результате этого измеряемые спектры ФЛ могут сильно искажаться [2]. Возможно, по этой причине алюмохромовые катализаторы с высокими концентрациями Cr_2O_3 методом ФЛ ранее не исследовались. Но наличие ионов Cr^{3+} встроенных в матрицу Al_2O_3 различных модификации (α, β, γ, θ, χ, δ, η) сохраняет возможность использования идеологии зондирования [3]. Это обусловлено тем, что ионы Cr^{3+} являются структурно чувствительными, вследствие особенностей электронного строения, наличия бесфононного перехода, в виде известных R линий. Именно поэтому этот переход в различных фазах Al_2O_3:Cr^{3+} является характеристичным по положению R линий.

Полной ясности в механизме катализа алюмохромовых катализаторов на сегодняшний день нет [1,4], но установлено, что Cr^{3+} и Cr^{6+} являются каталитически активными и взаимосвязанными центрами.

Обнаружение ФЛ в этих катализаторах может позволить выявлять фазовый состав, изучать электронную структуру, и, возможно, установить взаимозависимость каталитически активных центров и центров ФЛ. Для решения этих задач в качестве объекта исследования был выбран промышленный оксидный алюмохромовый катализатор ИМ-2201.

ИМ-2201 представляет собой мелкодисперсный порошок серо-зеленого цвета, имеющий состав (масс.%) [5]: SiO_2 (11%) - Al_2O_3 (72%) – Cr_2O_3 (13%) – K_2O_3 (2,8%). Фазовый состав носителя ИМ-2201 представлен преимущественно γ-Al_2O_3, а также α-Al_2O_3 модификациями [6].

Измерения спектров ФЛ и спектров возбуждения ФЛ (ВФЛ) катализатора ИМ-2201 проводили на спектрофлуориметре фирмы CaryEclipse (Varian) в стандартных условиях. Источником света в этом приборе является ксеноновая лампа. Измерения ФЛ охватывали область 600-900 нм, а возбуждение ФЛ в области 330-680 нм. Спектральное разрешение составляло10 нм. Для сравнения были записаны спектры ФЛ и ВФЛ монокристалла рубина (α-Al_2O_3:Cr^{3+}) с концентрацией Cr^{3+} равной 0,01 мас.%. и промышленного носителя Al_2O_3, который по данным рентгенофазового анализа является γ-фазой. Концентрация Cr^{3+} в носителе 0,004 мас.% - (неконтролируемая примесь).

Спектры рубина и γ-Al_2O_3: Cr^{3+} получены в тех же условиях, что и для ИМ-2201. Сравнительные спектры ФЛ рубина, носителя и катализатора представлены на рисунке 1.

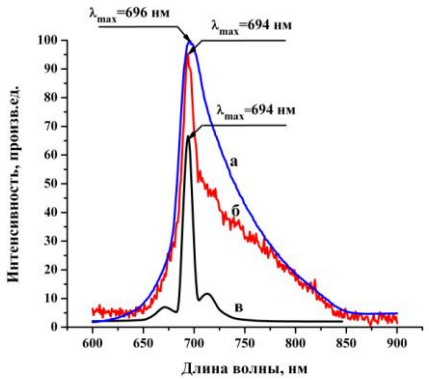


Рис.1. Спектры ФЛ при возбуждении в область λ= 530 нм: а - γ-Al_2O_3:Cr^{3+} (интенсивность уменьшена в 10^3 раз), б - ИМ-2201, в - α-Al_2O_3:Cr^{3+} (интенсивность уменьшена в 10^5 раз).

Спектры ВФЛ для полосы с максимумом при λ=694 нм ИМ-2201, α-Al_2O_3:Cr^{3+}, γ-Al_2O_3:Cr^{3+} представлены на рисунке 2.

Обнаружено, что катализатор ИМ-2201 обладает ФЛ в области 650-850 нм с ярко выраженным максимумом при $\lambda_{макс.}$= 694 нм. В спектрах ФЛ α-Al_2O_3:Cr^{3+} и γ-Al_2O_3:Cr^{3+} наблюдаются максимумы при $\lambda_{макс.}$= 694 нм и $\lambda_{макс.}$=696 нм, соответственно.

В спектрах ВФЛ присутствуют две широкие полосы с максимумами при значениях: ИМ-2201 - $\lambda_{макс.}$ ~ 555 нм и $\lambda_{макс.}$ ~ 410 нм; α-Al_2O_3:Cr^{3+} - $\lambda_{макс.}$ ~ 560 нм и $\lambda_{макс.}$ ~ 400 нм; γ-Al_2O_3: Cr^{3+} - $\lambda_{макс.}$ ~ 580 нм и $\lambda_{макс.}$ ~ 430 нм.

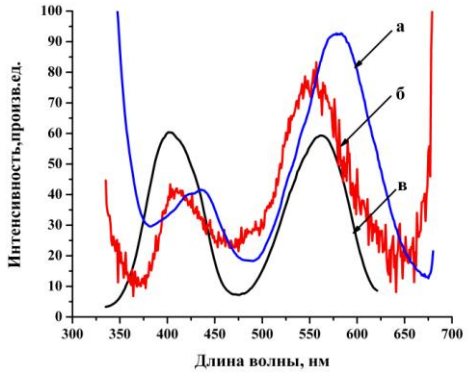


Рис.2. Спектры ВФЛ для полосы λ= 694 нм: а - γ-Al_2O_3: Cr^{3+}, б - ИМ-2201, в - α-Al_2O_3: Cr^{3+}.

Анализ полученных результатов удобно проводить при сравнении спектров ФЛ и ВФЛ ИМ-2201, рубина и γ-Al_2O_3: Cr^{3+}. Из рисунка 1 видно, что максимумы ФЛ рубина и ИМ-2201 совпадают при $\lambda_{макс.}$=694 нм. Совпадение этих значений максимумов ФЛ может косвенно указывать на наличие α-Al_2O_3: Cr^{3+} в ИМ-2201, т. к. для рубина ФЛ с максимумом при $\lambda_{макс.}$=694 нм обусловлена резонансным d-d переходом $^2E \rightarrow {}^4A_2$ в ионе Cr^{3+} в α-Al_2O_3.

Спектр ФЛ γ-Al_2O_3:Cr^{3+} представлен широкой полосой, обусловленной ФЛ ионов Cr^{3+} в γ-Al_2O_3. Сравнение этого спектра со спектром ФЛ ИМ-2201 демонстрирует наличие полосы с максимумом при λ=696 нм и в спектре ФЛ ИМ-2201, что выявляет в ИМ-2201 γ – фазу Al_2O_3:Cr^{3+}.

В спектре ВФЛ рубина широкую синюю (350-450 нм) и зеленую (500-600 нм) полосы следует отнести к электронным переходам $^4A_2 \rightarrow {}^4T_1$ и $^4A_2 \rightarrow {}^4T_2$ в ионе Cr^{3+} в α-Al_2O_3, соответственно [7]. Несовпадения максимумов в спектрах ВФЛ ИМ-2201 , α-Al_2O_3:Cr^{3+} и γ - Al_2O_3, могут быть объяснены тем, что спектр ВФЛ ИМ-2201 является суперпозицией полос поглощения α- и γ – модификаций Al_2O_3, а также твердых растворов Cr_2O_3/ Al_2O_3. Но, тем не менее, спектры ВФЛ демонстрируют качественное сходство по форме и полуширине полос. Такое сходство спектров ВФЛ делает предположение о том, что центром ФЛ является Cr^{3+}, однозначным.

Интерес представляет выраженность длинноволновой части спектра ФЛ ИМ-2201 и γ-Al_2O_3:Cr^{3+} в сравнении со спектром рубина. Элементный анализ показал, что в носителе присутствуют примеси ионов Fe^{3+} с концентрацией 0,009 мас.%, которые, встраиваясь в решетку Al_2O_3, могут давать ФЛ с максимумом 770 нм [8]. Из данных по составу ИМ - 2201 приведенных в [5], наличие в нем ионов промоторов K^+, должно способствовать значительным локальным искажениям и приводить к более сильному проявлению красного плеча в спектре ФЛ. Кроме примесных ионов Fe^{3+}, ионов-промоторов, существуют и другие факторы, способствующие проявлению вклада в ФЛ “красного плеча” [9].

В настоящей работе проведена ФЛ характеризация промышленного катализатора ИМ - 2201. Было обнаружено, что в ФЛ доминирующая роль принадлежит ионам Cr^{3+} в α- и γ-модификациях Al_2O_3. Природа длинноволновой части спектра ФЛ (700-850 нм) до конца не установлена.

В ближайшем будущем планируется провести ФЛ измерения с более высоким разрешением, выявить зарядовые состояния хрома.

Список литературы:

1. Немыкина Е.И., Пахомов Н.А., Данилевич В.В. и др. Влияние содержания хрома на свойства микросферического алюмохромового катализатора дегидрирования изобутана, приготовленногос использованием продукта центробежной термоактивации гиббсита // Кинетика и Катализ.- 2010.- Т. 51.- № 6.- С. 929–937.
2. Забенков И.В. Люминесцентные характеристики образцов, содержащих наночастицы CdS Автореф. … канд. физ.-мат. наук. –Саратов, 2011.-19с.
3. Кулинкин А.Б., Феофилов С.В., Захарченя Р.И. Люминесценция примесных 3d- и 4f-ионов в различных кристаллических формах Al_2O_3 // ФТТ.- 2000. -Т. 42.- ВЫП. 5.-С. 835-838.
4. Тюряев Н.Я. Теоретические основы получения бутадиена и изопрена методами дегидрирования. Киев: Наук. Думка, 1973.-272 с.
5. Сагбиев И. Р., Абдуллин И. Ш., Шарафеев Р. Ф. Регенерация активного нанослоя отработанного алюмохромового катализатора в ВЧ плазме пониженного давления // Перспективные материалы.- 2007.- №5.- С. 93-96.
6. Плотникова О.Г. Исследование, разработка и внедрение технологии переработки металлокерамических отходов металлургического производства с получением восокотехнологичной металлопродукции: Дис. … канд. тех. наук. - М.,2013.-132с.
7. Свиридов Д.Т., Свиридова Р.К., Смирнов Ю.Ф. Оптические спектры ионов переходных металлов в кристаллах. –М.: Наука, 1976.-266 с.
8. Снытников В.Н., Стояновский В.О., Ларина Т.В. Лазерно-индуцированная люминесценция модельных катализаторов Fe/ Al_2O_3 и Cr/ Al_2O_3 // Кинетика и Катализ.- 2008.- Т. 49.- № 2.- С. 307–314.
9. Белов А.И., Вихорева Ю.В., Костюк А.Б. и др. Механизмы фотолюминесценции пленок SiO_2 с ионно-синтезированными нанокристаллами Si // Вестник Нижегородского университета им. Лобачевского.-2010.-№5(2).-С.260-263.

СИНХРОТРОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОКРИСТАЛЛОВ И КЛАСТЕРОВ КРЕМНИЯ В МНОГОСЛОЙНЫХ НАНОСТРУКТУРАХ $Al_2O_3/SiO_x/Al_2O_3/SiO_x/\ldots/Si(100)$

Д.А. Коюда, С.Ю. Турищев, Э.П. Домашевская
Научный руководитель: Турищев С.Ю., к.ф.-м.н., с.н.с.
Воронежский государственный университет, 394006, Россия, г. Воронеж, Университетская пл., 1
E-mail: koyuda@phys.vsu.ru

В данной работе представлены результаты исследования методом спектроскопии ближней тонкой структуры края рентгеновского поглощения (XANES - X-ray absorption near edge structure), чувствительным к локальному окружению атомов заданного сорта (в данном случае кремния и алюминия) в многослойных наноперiодических структурах (МНС) $Al_2O_3/SiO_x/Al_2O_3/SiO_x/\ldots/Si(100)$. Исследуются спектры фотолюминесценции данных структур в зависимости от температуры отжига.

Аморфные МНС a-SiO_x/Al_2O_3 были сформированы в Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского методом последовательного нанесения слоев a-SiO_x и Al_2O_3 на монокристаллические пластины кремния Si (100). Температура подложки в процессе напыления поддерживалась равной 150±10 °C. Было исследовано 2 серии образцов. В первой серии толщина слоев Al_2O_3 для всех образцов была одинаковой и составляла величину 5 нм; МНС отличались толщиной слоев a-SiO_x, величина которых составляла 4, 7 и 11 нм. Во второй серии толщина слоев Al_2O_3 составляла 3 нм, толщины нанослоев a-SiO_x варьировались от 2 до 8 нм.

Также для изучения люминесцентных свойств было сформировано два дополнительных образца с фиксированной толщиной слоя субоксида кремния (4 нм) и более толстыми слоями оксида алюминия. Число периодов во всех МНС было равным 9.

Каждый чип отжигался при своей температуре: 500, 700, 900 или 1100 °C с целью формирования массивов нанокристаллов и/или нанокластеров кремния как результат реакции диспропорционирования: $2SiO_x \rightarrow xSiO_2 + (2-x)Si$, как это наблюдалось авторами [1].

Экспериментальные рентгеновские спектры XANES вблизи $L_{2,3}$ краев поглощения Si и Al были получены на канале Mark V Grasshopper синхротрона SRC (Synchrotron Radiation Center) Университета Висконсин - Мэдисон, штат Висконсин, США. Глубина информативного слоя при получении указанных спектров составляла ~ 5 нм [2]. Вакуум в экспериментальной камере спектрометра составлял ~ 10^{-10} Торр. В случае регистрации К-спектров кремния на канале DCM того же синхротрона глубина информативного слоя составляла ~ 60 nm [2] при аппаратурном уширении ~ 1 eV и вакууме в экспериментальной камере спектрометра ~ 10^{-8} Торр. Спектры XANES регистрировались методом измерения тока с образца. Спектры фотолюминесценции (ФЛ) регистрировались при помощи фотоэлектронного умножителя ФЭУ-62 с использованием решеточного монохроматора SP-150 (Stanford Research Systems) и измерялись в диапазоне длин волн λ = 350–900 нм при возбуждении импульсным азотным лазером (λ = 337 нм, частота повторения импульсов ~ 26 Гц длительность ~ 10 нс, энергия накачки в импульсе ~ 30 мкДж).

Сопоставление спектров эталонных образцов монокристаллического и аморфного кремния, а также пленки диоксида кремния (Рис. 1, вставка) со спектрами экспериментальных МНС позволяет заключить следующее. Для всех исследованных структур с ростом температуры отжига наблюдается появление выраженного максимума в области элементарного кремния при энергии налетающих фотонов hν ~ 100−104 эВ (Рис. 1). В частности этот эффект проявляется и для структур с соотношением толщин слоев Al_2O_3/SiO=5/7 (Рис. 1).

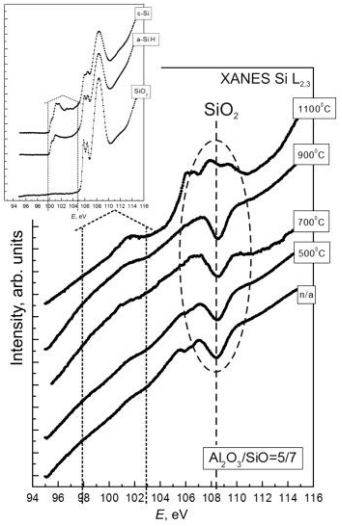


Рис. 1. Si $L_{2,3}$ спектры XANES МНС с соотношением толщин слоев 5/7 при разных температурах отжига (θ=30°). Вставка: Si $L_{2,3}$ спектры XANES эталонных образцов монокристаллического кремния (c-Si), аморфного кремния (a-Si:H) и термической пленки оксида кремния (SiO_2), толщиной 20 нм при угле съемки θ=30°.

Наличие подобной спектральной особенности связано с увеличением содержания элементарного кремния в исследуемом поверхностном слое толщиной до 5 нм как следствие термического разложения SiO_x на Si и SiO_2. Детальный анализ Si $L_{2,3}$ зарегистрированных спектров в области, свойственной элементарному кремнию, не позволяет

обнаружить тонкой структуры, характерной для кристаллического кремния (Рис. 1, вставка) в области hν ~ 100−104 эВ, вследствие чего возможно утверждать о формировании нанокластеров кремния в приповерхностных слоях SiO_x исследуемых МНС.

Наиболее интересный эффект, наблюдаемый при взаимодействии синхротронного излучения (СИ) с экспериментальными МНС, – это существенное изменение характера Si $L_{2,3}$ спектра образца с толщиной слоя SiO_x в 7 нм в области оксидной структуры при угле скольжения СИ θ=30° (Рис. 1, ср. с Рис. 1, вставка). При hν ~ 108 эВ наблюдается провал интенсивности, т.е. ее «обращение». При других углах скольжения, как больших, так и меньших 30°, обращения не наблюдается, и спектр поглощения имеет нормальный вид. По формуле для брегговского отражения была рассчитана толщина слоя, при которой возникает ослабление электромагнитного поля при наблюдении полного выхода электронов. Полученное значение (d~11.4 нм) примерно соответствует «периоду сверхрешетки», состоящему из 5 нм слоя оксида алюминия и 7 нм слоя оксида кремния. Этот эффект также не наблюдался при других соотношениях толщин и одном и том же угле скольжения, подтверждая сделанный вывод о дифракции излучения на многослойной структуре.

На Рис. 2*a* и 2*b* представлены спектры ФЛ исследуемых МНС с разными периодами через вариацию толщины исходных слоев SiO_x (*a*) или толщины слоев Al_2O_3 (*b*), отожженных при температуре 1100 °C.

Из Рис. 2*a* следует, что уменьшение толщины слоев SiO_x МНС в последовательности 11, 7 и 4 нм приводит к «синему» смещению пика ФЛ от 840 к 800 нм. При «фиксировании» толщины слоев SiO_x вариация толщины «барьерных» слоев Al_2O_3 в последовательности 5, 10 и 16 нм (Рис. 2*b*) не приводит к смещению пика ФЛ. Таким образом, спектры ФЛ на Рис. 2*a* свидетельствуют о квантовом размерном эффекте в отожженных МНС, наблюдавшемся при формировании нанокристаллов кремния в подобных многослойных наноструктурах SiO_2/SiO_x [3] под действием отжига.

Анализ Si K спектров XANES экспериментальных образцов (Рис. 2*c*) позволяет сделать вывод об особенностях электронного строения и структуре слоев, лежащих в объеме исследуемых МНС на глубине ~ 60 нм. Сопоставление спектров, приведенных на Рис. 2*c*, со спектрами эталонных образцов позволяет заключить, что при высокотемпературном отжиге наблюдается формирование нанокристаллов кремния, о чем свидетельствует наличие спектральной особенности при hν ~ 1854 эВ, соответствующей по своему энергетическому положения монокристаллическому кремнию *c*-Si.

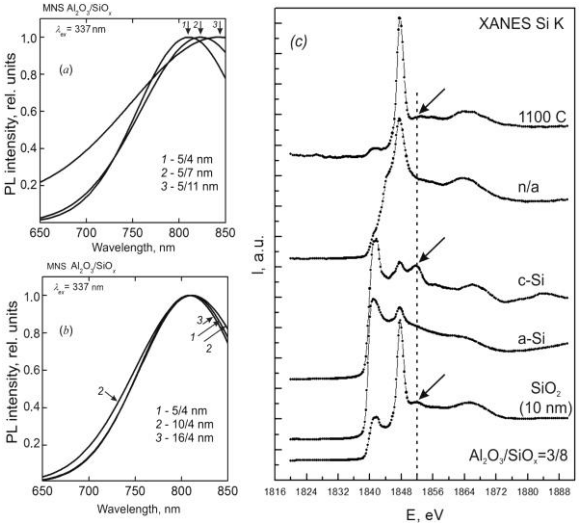


Рис. 2. (*a*, *b*) Спектры фотолюминесценции МНС Al_2O_3/SiO_x различных толщин при фиксированной толщине слоев Al_2O_3 (*a*) и SiO_x (*b*), отожженных при температуре 1100°C; (*c*) Si K спектры XANES МНС с соотношением толщин слоев 3/8 при разных температурах отжига (θ=30°).

Тот факт, что по результатам исследования XANES Si $L_{2,3}$ спектров МНС формирование нанокристаллов не наблюдается, обусловлен следующим. Глубина информативного слоя при регистрации XANES Si $L_{2,3}$ спектров МНС составляет ~ 5 нм, что соответствует толщине покрывающего слоя оксида алюминия, вследствие чего этот слой препятствует регистрации тонкой структуры вблизи краев поглощения элементарного кремния.

Авторы выражают благодарность профессору В.А. Терехову (ВГУ) за детальное обсуждение полученных данных и А.В. Ершову (ННГУ) за предоставленные образцы и измерения данных фотолюминесценции. Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития Воронежского государственного университета. Работа частично выполнена на The Synchrotron Radiation Center, University Of Wisconsin-Madison, который поддерживается NSF грант No. DMR-0537588.

Список литературы:

[1] Size-controlled highly luminescent silicon nanocrystals: A SiO/SiO_2 superlattice approach/ M. Zacharias, J. Heitmann, R. Scholz, et. al. // Appl. Phys. Lett. – 2002. – 80. - 661.

[2] Sampling depth of total electron and fluorescence measurements in Si L and K-edge absorption spectroscopy/ M. Kasrai, W.N. Lennard, R.W. Brunner, et. al. // Applied Surface Science. – 1996. – 99. – P. 302.

[3] S. Kim, D.H. Shin, D.Y. Shin, C.O. Kim, J.H. Park, S.B. Yang, S.-H. Choi, S.J. Yoo, J.-G. Kim. Journal of Nanomaterials, 2012(Article ID 572746), 1 (2012).

ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МЕХАНОКОМПОЗИТОВ МЕДЬ-УГЛЕРОД

Криницын М. Г.
Научный руководитель: Пинжин Ю. П., к.ф.-м.н., в.н.с., ИФПМ СО РАН
Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
E-mail: krinmax@gmail.com

Введение углерода в различных аллотропных состояниях в структуру меди приводит к изменению её свойств. Так, введение углеродных нанотрубок упрочняет медь, а также увеличивает её тепло- и электропроводность [1].

Однако, внедрить углеродные нанотрубки в структуру меди оказывается не так легко, поскольку углерод и медь очень слабо растворимы – содержание углерода, растворенного в меди при температуре, близкой к температуре ее плавления, не превышает 350 ppm, а при растворении в нормальных условиях содержание углерода значительно меньше, чем 100 ppm [2].

Эта проблема решается с помощью механической активации (МА) порошков. При МА достигается перемешивание плохо смешиваемых компонентов, при этом образуется высокодефектная структура и происходит измельчение и/или слипание порошинок [3], при этом получившиеся после МА структуры могут быть нестабильными и иметь высокие внутренние напряжения.

В настоящей работе МА проводилась в энергонапряженной планетарной шаровой мельнице АГО-2 в атмосфере аргона. Центробежное ускорение мелющих стальных шаров составляло 400 м/с^2. Продолжительность МА составляла 5 и 10 минут.

В настоящей работе исследовали морфологию и внутреннюю структуру порошков чистой (99,5%) меди до и после МА, а также механокомпозитов медь-углерод с содержанием углерода в виде нанотрубок в количестве 0,7%. Время МА для всех образцов – 5 минут. Исследования проводились с использованием растровой (РЭМ) и просвечивающей (ПЭМ) электронной микроскопии. Из снимков, сделанных при помощи РЭМ видно, что МА значительно влияет на структуру и форму порошинок. Так, медь до МА имеет сложную, продолговатую форму с развитой поверхностью и порошинки достигают 100 мкм в длину (Рис 1а), тогда как после 5 минут МА порошинки принимают форму слоистых округлых пластинок, диаметром от 100 до 800 мкм и толщиной 20-40 мкм (Рис 1б). Схожую пластинчатую структуру имеют и механокомпозиты, однако толщина и диаметр

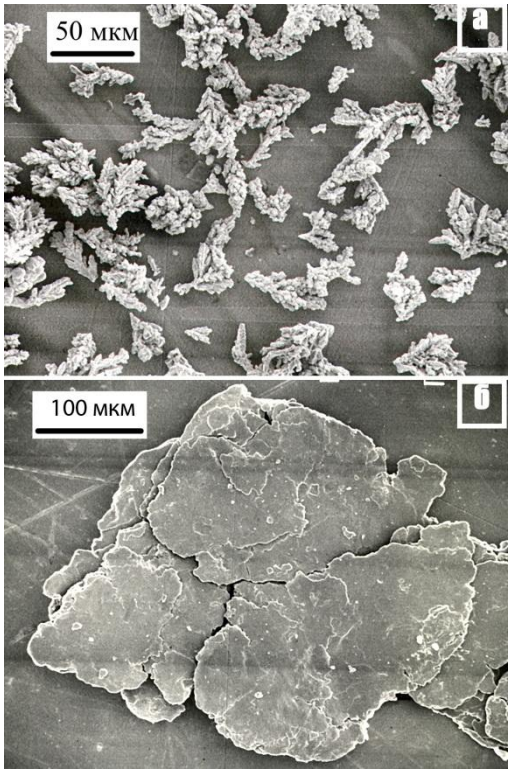


Рис. 1. Порошок меди до (а) и после (б) МА

пластинок меньше, чем у механоактивированной меди, а также наблюдается некоторое расслоение структуры по краям пластинок (Рис. 2). При этом, как для меди после МА, так и для механокомпозитов, наблюдается относительно цельная структура в середине пластинки, характеризуемая высокой пористостью (Рис. 3).

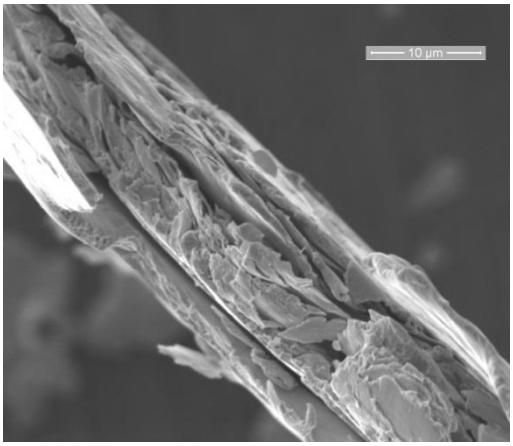


Рис. 2. Боковая поверхность порошинки механокомпозита медь-углерод

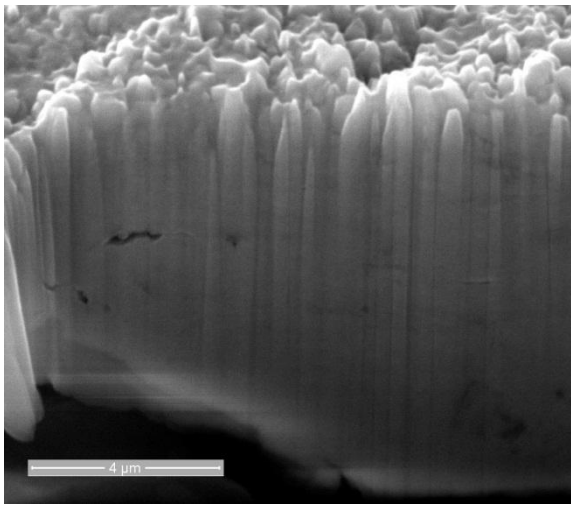


Рис. 3. Поперечное сечение порошинки механокомпозита медь-углерод

Также был проведен анализ зеренной структуры при помощи ПЭМ. Анализ проводился на образцах, изготовленных из порошинок механокомпозита медь-углерод с применением сфокусированного ионного пучка. Из темнопольных изображений видно, что зерна имеют двухуровневую структуру, то есть имеют области малоугловой разориентации, и кроме этого они вытянуты параллельно плоской грани пластинки (Рис. 4).

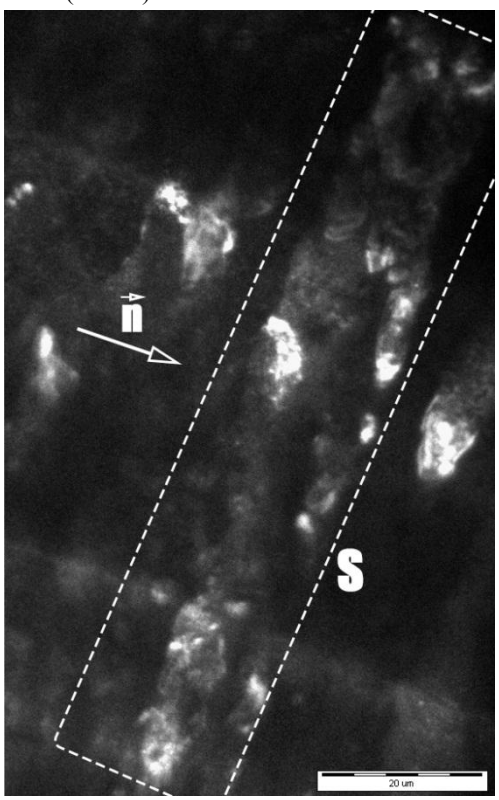


Рис. 4. Контур зерна (S) и вектор нормали к поверхности порошинки (n) для механокомпозита медь-углерод

Также было обнаружено, что микродифракция, полученная с поры (Рис. 5), соответствует микродифракции, которую дают нанотрубки, что говорит о том, что нанотрубки распределяются по объему порошков неравномерно и содержатся в порах в большом количестве. Неоднородности на первом кольце микродифракции свидетельствуют о том, что большое количество нанотрубок расположены примерно в одинаковом направлении.

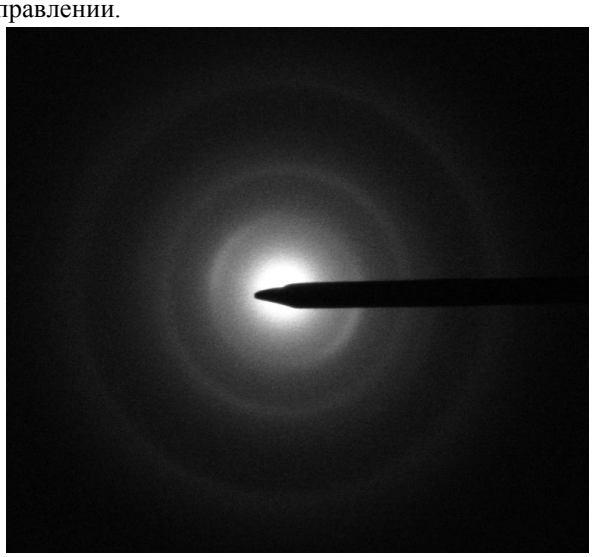


Рис. 5. Изображение микродифракции, снятой с пористой области механокомпозита медь-углерод

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о том, что с помощью механической активации удается получить значительно отличающиеся от исходных структурные состояния, характеризуемые существенными морфологическими изменениями, а также высокой пористостью и неравномерным распределением углерода по объему материала.

Список литературы

1. Hongqi L., Amit M., Yuntian Z. // Processing and characterization of nanostructured Cu-carbon nanotube composites, Materials Science and Engineering A., 2009. – Vol.523 – pp. 60–64.

2. Subramanian P.R., Laughlin D.E. // Phase diagrams of binary copper alloys. Monograph series on alloy phase diagrams. Materials Park, OH: ASM International, 1994. – Vol.10 – P.109.

3. Zhang D.L. Processing of advanced materials using high-energy mechanical milling // Progress in Materials Science. 2004. – Vol.49, № 3–4. – pp. 537–560.

ХЕМОСЕЛЕКТИВНОЕ ГИДРИРОВАНИЕ п-НИТРОХЛОРБЕНЗОЛА В ПРОТОЧНОЙ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ H-CUBE PRO В ПРИСУТСТВИИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО КАТАЛИЗАТОРА Au/Al_2O_3

Нуждин А.Л.[a], Мороз Б.Л.[a], Заикин П.А.[b]
Руководитель: Бухтиярова Г.А., к.х.н., с.н.с.[a]
[a] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения РАН, 630090, Россия, Новосибирск, пр. академика Лаврентьева 5
[b] Новосибирский государственный университет, Новосибирск, ул. Пирогова 2
anuzhdin@catalysis.ru

Функционализированные анилины являются важными интермедиатами при производстве красителей, аргохимикатов и фармацевтических препаратов. В промышленности замещённые анилины получают посредством хемоселективного восстановления соответствующих нитроаренов стехиометрическими количествами восстановителей, таких как Fe/HCl, H_2S или NaHS. Данный некаталитический процесс обеспечивает высокую селективность реакции, однако, его существенным недостатком является образование большого количества отходов производства. В этой связи замещение некаталитических методов восстановления функционализированных нитроаренов на хемоселективное каталитическое гидрирование имеет важное практическое значение [1].

Хемоселективное гидрирование нитрогруппы в молекулах, содержащих способные к восстановлению функциональные группы (галогены, ненасыщенные углеводородные заместители и др.) может осуществляться в присутствии нанесённых катализаторов на основе благородных металлов (Pt, Ru, Au и Ag) [2-7]. Однако, несмотря на очевидные преимущества, свойственные катализаторам на основе благородных металлов, серьезного прогресса в их практическом использовании в реакциях хемоселективного гидрирования нитроаренов пока достичь не удалось.

Хорошо известно, что наночастицы золота, нанесённые на TiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3, SiO_2 и др. способны обеспечивать селективное гидрирование нитрогруппы в функционализированных нитроаренах [6-10]. На настоящий момент в опубликованных работах по хемоселективному гидрированию нитроаренов на золотосодержащих катализаторах исследования каталитической активности главным образом проводились в реакторах автоклавного типа в жидкой фазе. Исключение составляет ряд работ, опубликованных по газофазному гидрированию нитрохлорбензолов в проточном реакторе [9,10], однако, данный подход вряд ли может иметь практическое значение в силу высоких температур кипения нитрохлорбензолов. Проведение же жидкофазных органических синтезов в проточном реакторе гораздо более эффективно, чем в закрытом реакторе автоклавного типа, так как обеспечивает значительно более высокую производительность в расчёте на единицу объёма реактора и единицу времени. Кроме того, в проточном реакторе осуществляется более эффективный контроль технологических параметров и снижен риск протекания побочных реакций. Для гетерогенных каталитических гидрогенизационных процессов, в которых участвует газообразный водород, растворённый в растворителе субстрат и иммобилизованный металлсодержащий катализатор, дополнительным преимуществом использования проточных реакторов являются большие межфазные области, генерируемые в данных условиях, благодаря которым осуществляется эффективное трехфазное взаимодействие газ-жидкость-твёрдое тело и, как следствие, эффективная гидрогенизация, труднодостижимая в закрытых реакторах [11]. Однако работы по хемоселективному каталитическому гидрированию нитроаренов на проточных установках в жидкой фазе в литературе отсутствуют.

Целью исследований являлось осуществление реакции хемоселективного гидрирования п-нитрохлорбензола до п-хлоранилина в жидкой фазе на проточной каталитической установке H-Cube Pro™ в присутствии нанесённого наноструктурированного катализатора Au/Al_2O_3, а также изучение влияния условий эксплуатации на стабильность, активность и селективность катализатора.

Наноструктурированный катализатор Au/Al_2O_3, содержащий 1,8 масс.-% Au, был приготовлен методом «нанесения осаждением». Ультра термостабильный δ-Al_2O_3 (Sasolchemie GmbH, Germany; размер частиц 0,2–0,5 мм; S_{BET} = 110 $м^2/г$) обрабатывали водным раствором $HAuCl_4$ + NaOH при определённом pH и температуре в течение 1 часа, промывали несколько раз большими порциями тёплой дистиллированной воды (200мл H_2O/1г образца), сушили и прокаливали на воздухе при 400ºC в течение 4 часов [12]. Согласно данным просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) синтезированный катализатор содержит монодисперсные наночастицы золота со средним размером 1,8 нм (Рис. 1).

Исследование каталитической активности проводили на проточной каталитической установке H-Cube Pro™, снабженной автоматической системой регулирования давления, температуры, скоростей потоков

водорода и сырья. Исходная реакционная смесь, представлявшая собой 0,05М раствор п-нитрохлорбензола в толуоле, смешивалась с водородом и подавалась под давлением 40 бар в каталитический реактор CatCart®30 (объёмом 0,3768 см^3, 30 мм × 4 мм), наполненный 224,4 мг катализатора Au/Al_2O_3. Каждый эксперимент продолжался в течение 16 минут, после первых 8 минут отбирали пробы через каждые 2 минуты. Скорость потока сырья варьировали от 0,5 до 1,5 мл/мин, температура реакции 110-120ºС, давление водорода 40 бар, соотношение H_2:п-хлорнитробензол (mol/mol) = 30:1. Соотношение продуктов реакции определяли на газовом хроматографе Agilent 6890N с капиллярной колонкой 19091J-413 HP-5 30 m×0.32 mm×0.25 μm и атомно-эмиссионным детектором JAS. Идентификацию продуктов реакции осуществляли с помощью хроматомасс-спектрометра Shimadzu GCMS-QP2010 Ultra. В таблице 1 приведены результаты, полученные после установления стационарных концентраций.

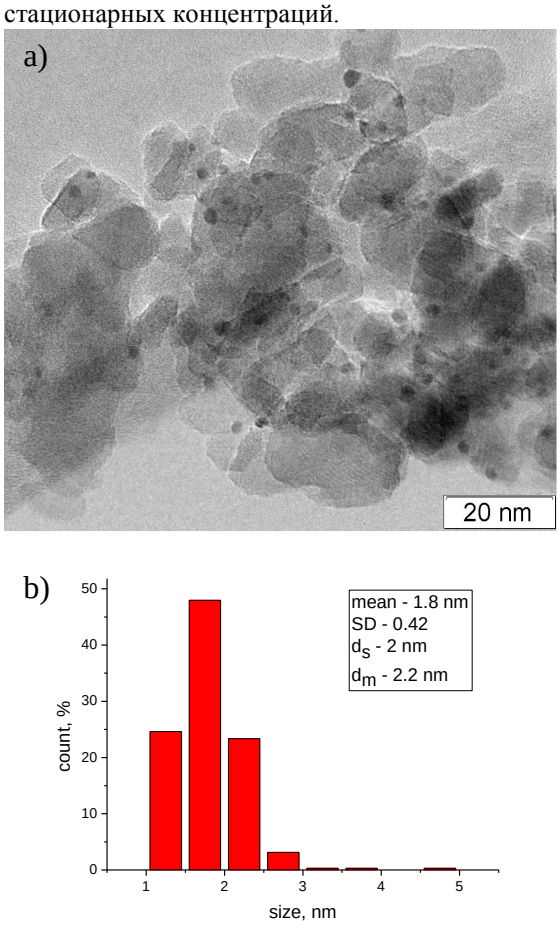


Рис. 1. Данные ПЭМ(а) и распределение по размеру частиц Au(b) для катализатора 1,8% Au/Al_2O_3.

Было показано, что нанесённый наноструктурированный катализатор Au/Al_2O_3 обеспечивает хемоселективное гидрирование п-нитрохлорбензола (Таблица 1). При этом во всех экспериментах п-хлоранилин образовывался с количественным выходом. Несмотря на высокую скорость подачи сырья (до 1,5 мл/мин), конверсия п-нитрохлорбензола достигала 100%, что свидетельствует о высокой активности катализатора Au/Al_2O_3, которая сохранялась на исходном уровне в течение длительного времени. Полученные результаты демонстрируют высокую эффективность использования проточных каталитических установок, в частности H-Cube Pro™, для осуществления реакций хемоселективного гидрирования нитроаренов.

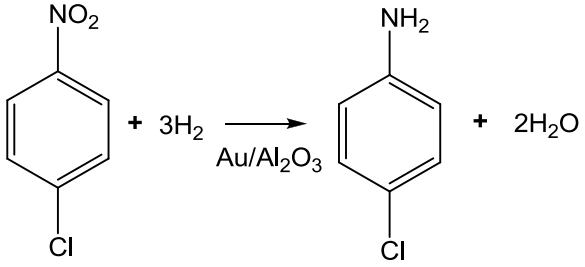


Таблица 1. Хемоселективное гидрирование п-нитрохлорбензола в присутствии Au/Al_2O_3

№	T, ºC	v(сырья), мл/мин	конверсия, %	селективность, %
1	120	0,5	100	100
2	120	1,0	100	100
3	120	1,5	100	100
4	110	0,5	100	100
5	110	1,0	100	100
6	110	1,5	97	100

[1] H.U. Blaser, U. Siegrist, H. Steiner, M. Studer// in Fine Chemicals through Heterogeneous Catalysis, Wiley-VCH, Weinheim. – 2001. – P. 389–406.
[2] B.Coq, A. Tijani, R. Dutartre, F. Figueras// J. Mol. Catal. – 1993. – V. 79. – P. 253-264.
[3] J. Zhang, Y. Wang, H. Ji, Y. Wei, N. Wu, B. Zuo, Q. Wang// J. Catal. – 2005. – V. 229. – P. 114–118.
[4] C. Antonetti, M. Oubenali, A.M. Raspolli Galletti, P. Serp, G. Vannucci// Appl. Catal. A. – 2012. – V. 421– 422. – P. 99-107.
[5] Y. Chen, C. Wang, H. Liu, J.Qiu, X. Bao// Chem. Commun. – 2005. – P. 5298–5300.
[6] A. Corma, P. Serna// Science. – 2006. – V. 313. – P. 332-334.
[7] Y. Chen, J. Qiu, X. Wang, J. Xiu// J Catal. – 2006. – V. 242. – P. 227-230.
[8] D. He, X. Jiao, P. Jiang, J. Wang, B.-Q. Xu// Green Chem. – 2012. – V. 14. – P. 111-116.
[9] F. Cardenas-Lizana, S. Gomez-Quero, M.A. Keane// ChemSusChem. – 2008. – V. 1 – P. 215–221.
[10] N. Perret, X. Wang, L. Delannoy, C. Potvin, C. Louis, M.A. Keane// J Catal. – 2012. – V. 286. – P. 172–183.
[11] M. Irfan, T.N. Glasnov, C.O. Kappe// ChemSusChem. – 2011. – V.4. – P. 300-316.
[12] B.L. Moroz, P.A. Pyrjaev, V.I. Zaikovskii, V.I. Bukhtiyarov// Catal. Today. – 2009. – V. 144. – P. 292–305.

ДИАГНОСТИКА МАССИВОВ СТОЛБИКОВ НИКЕЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ В МАТРИЦЕ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ

Паринова Е.В., Турищев С.Ю.
Научный руководитель: Терехов В.А., д.ф.-м.н., профессор
Воронежский государственный университет, 394006, Россия, г. Воронеж, Университетская пл., 1
E-mail: parinova@phys.vsu.ru

В последние годы проблема разработки физико-технологических основ темплатного синтеза на полупроводниковых подложках массивов наноструктур, проявляющих эффект гигантского магнитосопротивления и специфических магнитных свойств, с возможностью электрической подстройки последних, является актуальной [1-3]. Решение этой проблемы позволит создавать чувствительные к магнитному полю мезо- и наноэлектроннные устройства широкого спектра применений (двумерные матрицы для магнитной томографии, транзисторы, микроэлектроды, диоды, шаблоны для микроэлектромеханических систем, микро- и наноразмерные электротехнические элементы и др.). В данной работе представлены результаты исследований морфологии массивов субмикронных столбиков никеля, сформированных в матрице SiO_2, методами растровой электронной микроскопии (РЭМ), атомной-силовой микроскопии (АСМ) и фотоэмиссионной электронной микроскопии с использованием высокоинтенсивного синхротронного излучения (PEEM - Photoemission Electron Microscopy).

Массивы столбиков никеля были сформированы электрохимическим осаждением из раствора $NiSO_4$ в поры субмикронного диаметра, созданные селективным химическим травлением треков после облучении тяжелыми быстрыми ионами $^{197}Au^{26+}$ с энергией 350 МэВ и флюенсом $5 \cdot 10^8$ см$^{-2}$. Слой SiO_2 толщиной 700 нм был получен посредством термического окисления (1100 °С, 10 ч, чистый кислород) пластин кремния марки КЭФ 4,5 (100).

Образцы исследовались методом растровой (сканирующей) электронной микроскопии (РЭМ) на приборе LEO1455-VP и методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) на приборе SolverPro. С применением высокоинтенсивного синхротронного (ондуляторного) излучения накопительного кольца BESSY II Гельмгольц центра – Берлин (интенсивность синхротронного излучения ~10^{22} фот/сек) был использован метод PEEM. Метод PEEM позволяет получить информацию о морфологии, химическом контрасте, магнитной структуре и электронном строении в предельно малых полях зрения микроскопа [4]. Данные PEEM были получены путем регистрации электронного выхода в области ближней тонкой структуры $L_{2,3}$ края рентгеновского поглощения никеля (XANES - X-ray Absorption Near Edge Structure) с использованием синхротронного излучения круговой поляризации и с разрешением по энергии сканирования 0,1 эВ. Измерения проводились при комнатной температуре. Для изучения морфологии поверхности, а также транспортных свойств путем регистрации распределения остаточной намагниченности использовалось поле зрения 10 мкм. Остаточное давление в камере составило 10^{-10} Торр, оценочная глубина информативного слоя ~ 10 нм.

Согласно информации, полученной при изучении микроскопических изображений скола и поверхности методом РЭМ, следует отметить, что столбики металла распределены в целом равномерно по поверхности (Рис.1.(а)) со средним покрытием 20 столбиков на 50 мкм^2.

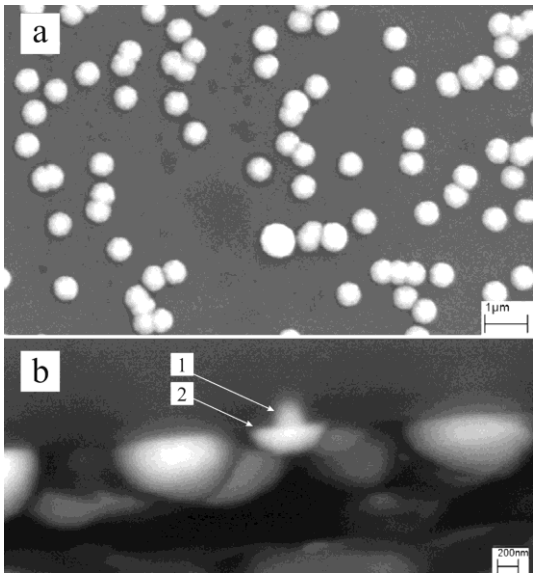


Рис. 1. РЭМ изображения поверхности (a) массива столбиков никеля в матрице SiO2, и скола (b) исследуемого образца, содержащего столбики никеля (1 - "ножка" столбика, 2 – "шляпка" столбика).

Нетрудно заметить, что в сформированных «грибообразных» столбиках имеются два основных морфологических элемента - полусферическая "шляпка" (диаметр ~ 500 нм), лежащая на поверхности, и "ножка" конусообразной формы, расположенная в матрице SiO_2. При этом средний размер сформированных столбиков составляет ~ 100-150 нм в основании «ножки» (на границе с кремнием), ~ 250 нм - в диаметре "ножки" у поверхности темплата SiO_2. Явно конусообразная форма "ножки" столбика

коррелирует с данными [4] и соответствует геометрии сформированной поры в матрице SiO_2, заполняемой металлом [4]. Результаты, полученные методом АСМ, подтверждают результаты РЭМ, согласно данным РЭМ и АСМ, столбики формируются отдельно друг от друга.

Как видно по результатам исследования морфологии поверхности методом PEEM (Рис. 2), столбики формируются как единично, так и группами, от трех до свыше пятнадцати, образуя группировки размером, не превышающие 7 мкм.

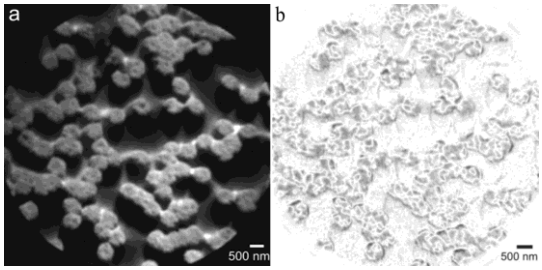


Рис. 2. PEEM изображение морфологии (a) сформированных столбиков никеля в матрице SiO2 совместно с распределением остаточной намагниченности (b).

Все столбики в упомянутых группировках соединены перегородками, длиной до 300 нм и шириной менее 50 нм (Рис. 2). Имея изображение химического контраста, полученное при энергии, соответствующей краю поглощения металлического Ni (852,9 эВ [5]), можно говорить о том, что исследованные столбики состоят из металлического Ni, ограниченные матрицей SiO_2. При комнатной температуре и в отсутствии внешних магнитных полей, распределение остаточной намагниченности поверхности образца с распределенными столбиками Ni в матрице SiO_2, в целом нейтрально.

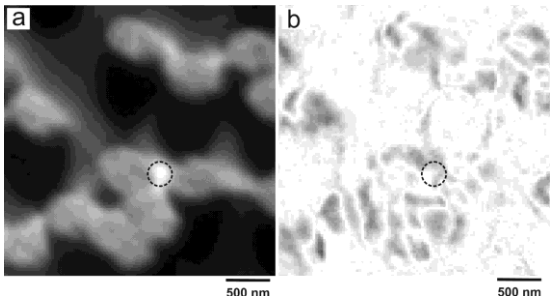


Рис. 3. PEEM изображение морфологии (a) сформированных столбиков никеля в области перегородки (интерфейс Ni/Ni), распределение остаточной намагниченности в той же области (б).

Анализ данных химического контраста интерфейса столбик/столбик (Ni/Ni), иначе соединительной перегородки (Рис. 4 (a)), показывает, что образующийся Ni/Ni интерфейс (перегородки) также представляет собой металлический никель.

Распределение остаточной намагниченности (Рис. 3(b)) в единичном столбике, как и в поле зрения 20 мкм (Рис. 2(b)), в целом свойственно металлическому никелю. Тем не менее, отметим, что в области перегородки Ni/Ni интерфейса (Рис. 3(б)) встречается нулевое распределение остаточной намагниченности, что требует дополнительного изучения.

Таким образом, с применением ряда микроскопических методов показано формирование массивов столбиков металлического никеля с диаметром ~ 500 нм при их электрохимическом осаждении из раствора $NiSO_4$ в поры субмикронного диаметра, созданные трековым методом в матрице SiO_2. Показана эффективность применения метода фотоэлектронной эмиссионной микроскопии (PEEM) с использованием высокоинтенсивного синхротронного (ондуляторного) излучения для характеризации массивов субмикронных столбиков никеля в матрице SiO_2 и распределения магнитного контраста по поверхности темплата. Столбики металла формируются преимущественно группами, внутри которых они в основном соединены перегородками, шириной ~ 50 нм (интерфейс Ni/Ni). Полученные при комнатной температуре данные по распределению остаточной намагниченности на поверхности образца подтверждают формирование соединенных перегородками столбиков никеля в матрице диэлектрика.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Гранта РФФИ № 12-02-31702.

Список литературы

1. Fedotova J., Ivanou D., Ivanova Y., Fedotov A., Mazanik A., Svito I., Streltsov E., Saad A., Tyutyunnikov S., Koltunowicz T.N., Demyanov S., Fedotova V. // Acta Physica Polonica A. 2011. V. 120. P. 133-135.

2. Ivanova Yu. A., Ivanou D. K., Fedotov A. K., Streltsov E. A., Demyanov S. E., Petrov A. V., Kaniukov E. Yu., Fink D. // J Mater Sci. 2007. V. 42. P. 9163-9169.

3. Seifarth O., Krenek R., Tokarev I., Burkov Y., Sidorenko A., Minko S., Stamm M., Schmeiser D. // Thin Solid Films. 2007. V. 515. 16. P. 6552–6556.

4. Рентгеновская оптика и микроскопия: Пер. с англ./ Под ред. Г. Шмаля и Д. Рудольфа. М.:Мир, 1987. 464 с.

5. Regan T.J., Ohldag H., Stamm C., Nolting F., Luning J., Stohr J., White R.L. // Phys.Rev.B. 2001. V. 64. P. 214422.

ПОЛУЧЕНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОРОШКООБРАЗНОГО ДИОКСИДА ТИТАНА МЕТОДОМ ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

Савостьяненко М. А., Герасимов Д. Ю., Евдокимов А.А.
Научный руководитель: Сивков А.А., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: misha31.90@mail.ru

Сфера применения оксидов титана, в частности диоксида титана TiO_2 очень обширна и охватывает множество отраслей от уже традиционного использования в качестве пигмента при производстве лакокрасочной продукции и целлюлозно-бумажных изделий, до материала напыления тонких пленок в производстве специализированных стекол. Благодаря наличию уникальных фотокаталитических свойств становится востребованным производство ультра и нанодисперсного диоксида титана, который имеет широкие возможности применения при создании солнечных батарей. В настоящее время существует множество способов промышленного получения диоксида титана. В данной работе рассматривается возможность получения ультра-дисперсного порошкообразного диоксида титана методом плазмодинамического синтеза.[1]

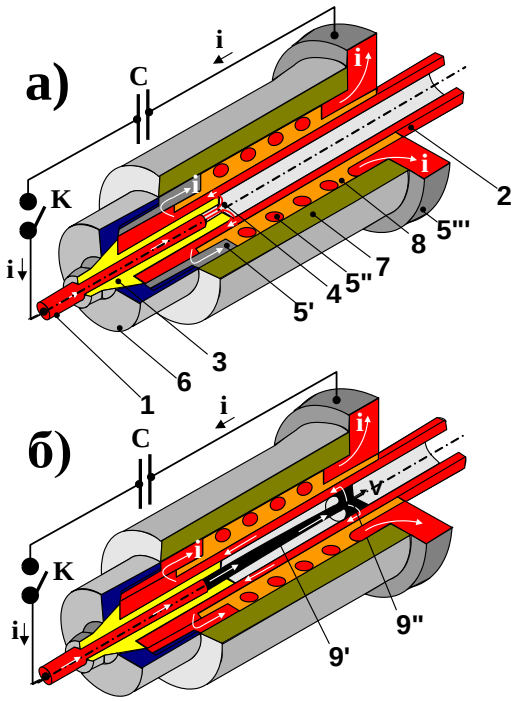


Рис.1. Схема, устройство и принцип действия коаксиального магнитоплазменного укорителя: а) исходное состояние, б) работа ускорителя. 1. Центральный электрод. 2. Электрод-ствол. 3. Изолятор центрального электрода. 4. Электровзрывающиеся проводники. 5. Индуктор (5'-контактный цилиндр, 5"-соленоид, 5'''-контактный фланец). 6. Заглушка. 7. Корпус. 8. Изоляция (стеклоэпоксидный компаунд). 9. Плазменная структура сильноточного разряда (9'-плазменный жгут Z-пинч, 9"-круговая плазменная перемычка).

Основным рабочим компонентом для получения ультрадисперсного порошка диоксида титана является титан, который нарабатывается электроэрозионным путем с поверхности ускорительного канала (УК) титанового ствола коаксиального магнитоплазменного ускорителя (КМПУ) (рис. 1).

Электрическое питание ускорителя осуществляется с помощью емкостного накопителя энергии. Сильноточный дуговой разряд, разгоняющийся в коаксиальной системе ускорителя, захватывает наработанный со стенок УК материал и формирует гиперскоростную плазменную струю, которая протекает в камеру-реактор с воздушной атмосферой (P_0=1 атм), которая и является вторым рабочим компонентом. Динамический синтез данных компонентов формируется на фронте ударной волны с последующим распылением и кристаллизацией синтезируемого материала.

Интенсивность распыления задается энергией, переданной в УК КМПУ и определяет кристаллическую структуру и дисперсность получаемого материала.

На рис. 2 показаны диаграммы основных параметров проведения опыта.

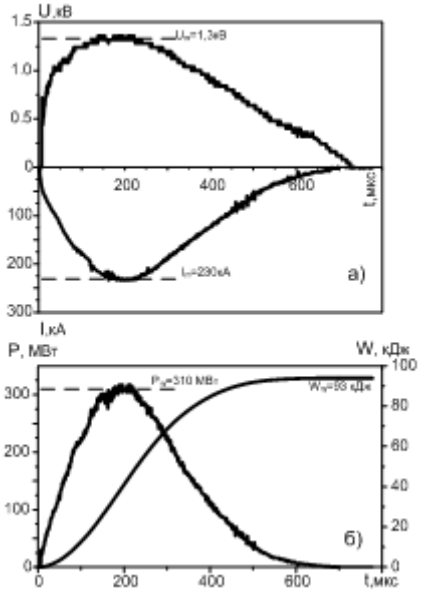


Рис. 2. Основные параметры проведения опыта: а) осциллограммы импульса рабочего тока i(t) и напряжения u(t) на электродах ускорителя, б) кривые мощности P(t) и энергии W(t).

Синтезированный продукт собирался из камеры-реактора после охлаждения до нормальной

температуры и полного осаждения взвешенных в воздушной атмосфере дисперсных частиц.

Анализ продукта плазмодинамического синтеза производился методам рентгеновской дифрактометрии (XRD) на дифрактометре Shimadzu XRD 6000 (рис. 3).

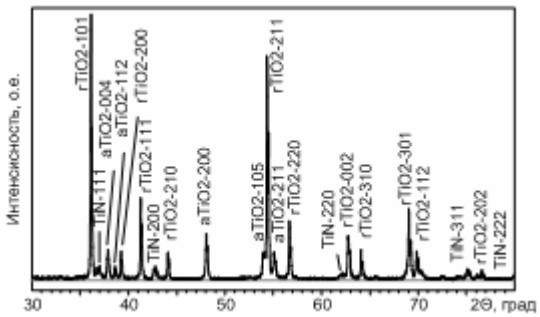


Рис. 3. Рентгенограмма полученного в опыте продукта плазмодинамического синтеза.

Проведение XRD исследования выявили в синтезированном продукте наличие двух модификаций диоксида титана – рутила ($rTiO_2$) и анатаза ($aTiO_2$). При этом наибольшей концентрацией в порошке обладает модификация рутила (69%) со средним размером области когерентного рассеяния (ОКР) 144 нм, так как он является наиболее устойчивой модификацией TiO_2. На долю анатаза приходится соответственно 27,7% (ОКР≈109,3 нм). Так же в полученном порошке выявлено незначительное содержание примесных элементов: кубического нитрида титана (cTiN) – 2,6% (ОКР≈92,4 нм), что объясняется наличием азота в газообразной воздушной смеси, и альфа-фазы металлического титана αTi – 0,6%. Нахождение в продукте последнего может быть объяснено выносом из УК расплавленного титана на хвостовой части импульса рабочего тока, энергия и скорость течения которого оказываются недостаточными для распыления.

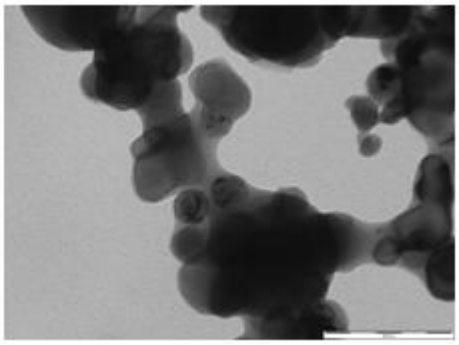


Рис. 4. Светлопольный ТЕМ-снимок локального скопления частиц полученного вещества

Для подтверждения результатов рентгеновской дифрактометрии был произведен анализ просвечивающей электронной микроскопии (ТЕМ) с помощью микроскопа Phillips CM-12. Был сделан обзорный снимок локального скопления частиц полученного вещества (рис. 4), а так же темнопольные ТЕМ-снимки (рис. 5), на которых высвечены четко отличающиеся по морфологии частицы нитрида титана TiN характерной сферической формы, а так же вытянутые частицы рутильной модификации диоксида титана $rTiO_2$.

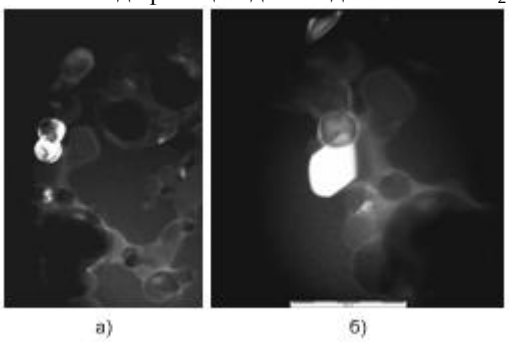


Рис. 5. Темнопольный ТЕМ-снимок различных фаз вещества: а) Нитрид титана TiN, б) Диоксид титана со структурой рутила $rTiO_2$.

Основываясь на результатах проведенной работы можно сделать вывод о возможности применения метода плазмодинамического синтеза для получения ультрадисперсного порошкового диоксида титана с кристаллической структурой рутила и анастаза.

Список литературы

1. Паращук Д. Ю., Кокорин А. И. Современные фотоэлектрические и фотохимические методы преобразования солнечной энергии// Российский Химический Журнал (ЖРХО им. Д.И.Менделеева). – 2008. – №6. – с. 107-117

2. Бетехтин А. Г. Курс минералогии: учебное пособие. М.: КДУ, 2007. – с. 327-337

3. Патент на полезную модель № 61856 РФ. Коаксиальный магнитоплазменный ускоритель / Герасимов Д. Ю., Сайгаш А. С.; Сивков А .А.

4. Сивков А. А., Сайгаш А. С., Пак А. Я., Евдокимов А. А. Прямое получение нанодисперсных порошков и композиций в гиперскоростной струе электроразрядной плазмы // Нанотехника. – 2009. - № 2(18). – с. 38-43

5. Герасимов Д. Ю. Электроэрозионный износ канала коаксиального магнитоплазменного ускорителя: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: Спец. 05.14.12 / Д. Ю. Герасимов; Томский политехнический университет; Научно – исследовательский институт высоких напряжений; науч. рук. А. А. Сивков. – Защищена 27.12.2005 г. – Томск: Б.и., 2005. – 190 л. : ил. – Библиогр.: с.169-185

При поддержке гранта РФФИ (проект № 12-08-31119 мол_а)

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ СИСТЕМЫ V-Cr-Zr-W

Смирнов И.В., Гриняев К.В., Дитенберг И.А.
Научный руководитель: Дитенберг И.А., к.ф.-м.н., доцент
Томский государственный университет, 634050, Россия, Томск, пр. Ленина, 36
Сибирский физико-технический институт им. В.Д. Кузнецова, 634050, Россия, Томск, пр. Ленина, 67
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634021, Россия, Томск, пр. Академический, 2/4
E-mail: smirnov_iv@bk.ru

Введение

Ванадиевые сплавы рассматриваются в качестве перспективных конструкционных материалов для ядерной энергетики [1]. Как известно [2], существенной проблемой при работе со сплавами на основе тугоплавких металлов является их высокая химическая активность к примесям внедрения, что переводит эти материалы в разряд гетерофазных и может негативным образом влиять на такие свойства, как пластичность, прочность и низкотемпературное радиационное охрупчивание [3]. Одним из направлений решения этой проблемы является разработка способов модификации гетерофазных структурных состояний сплавов, обеспечивающих повышение комплекса их служебных свойств. Помимо этого актуальной задачей является повышение температурной стабильности получаемых механических свойств ванадиевых сплавов, которая ограничивается 1000 ºС [4]. В настоящее время, для решения этой задачи разрабатываются новые системы ванадиевых сплавов с различными элементными составами.

Целью данной работы является изучение особенностей микроструктуры и уровня механических свойств сплавов системы V-Cr-Zr-W в зависимости от режимов термомеханической обработки (ТМО).

Материал и методика исследования

Сплавы V-4.23Cr-1.69Zr-7.56W (сплав 1) и V-8.75Cr-1.17Zr-0.14W (сплав 2) (вес. %) изучались после режимов обработки: ТМО I [4] и ТМО II [5]. Структурные исследования проводили методами просвечивающей и растровой электронной микроскопии. Режим получения тонких фольг для электронномикроскопических исследований приведен в работе [5]. Механические свойства при различных температурах определяли с использованием метода активного растяжения [5].

Результаты исследования

Электронно-микроскопическое исследование показало, что после ТМО I в сплавах 1 и 2 формируется мелкокристаллическая структура с размерами зерен 1 - 3 мкм. Характерной особенностью гетерофазного состояния исследуемых сплавов является сохранение грубых частиц второй фазы с размерами 0.1 - 0.3 мкм, которые выделились при охлаждении слитка после выплавки. Формирование этих частиц является результатом реализации механизма фазовых превращений по типу превращения «на месте» [5], при этом образование стабильных фаз осуществляется на месте грубодисперсных метастабильных выделений VC.

После ТМО II структура исследуемых сплавов представлена зернами размерами 10 - 15 мкм, в объеме которых наблюдается высокая плотность мелкодисперсных частиц второй фазы, размерами до нескольких нанометров (рис. 1). Их формирование обусловлено реализацией в процессе обработки определенных [5] кинетических условий, необходимых для растворения грубых метастабильных карбидов ванадия с последующим выделением стабильной фазы ZrC из твёрдого раствора.

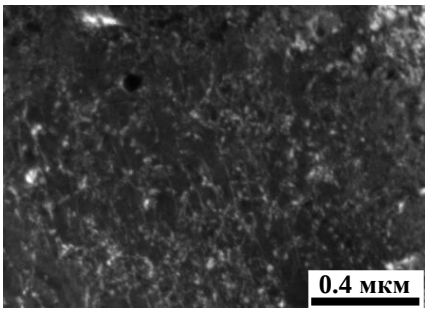


Рис. 1. Мелкодисперсная фаза в сплаве 1 после ТМО II

На рисунке 2 приведены полученные в процессе активного растяжения при разных температурах (20 и 800 ºС) кривые деформации образцов сплавов системы V-Cr-Zr-W после ТМО по режимам I и II.

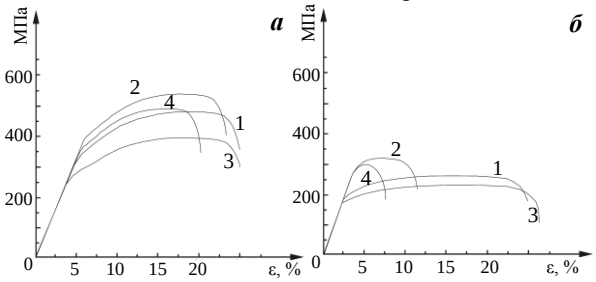


Рис. 2. Кривые деформации сплавов 1 (1, 2) и сплава 2 (3, 4) после ТМО I (1, 3) и после ТМО II (2, 4). Температура испытаний 20 (а) и 800 ºС (б)

Определённые при этом характеристики кратковременной прочности (предел текучести, $\sigma_{0.1}$) и пластичности (δ) приведены в табл. 1. Как видно, использование ТМО II позволяет на 50 % для сплава 1 и на 30 % для сплава 2 увеличить предел текучести при 20 ºС; и почти на 40 % для

обоих сплавов при 800 ºС. Кроме того, после такой обработки сохраняются высокие значения технологической пластичности.

Таблица 1. Характеристики кратковременной прочности ($\sigma_{0.1}$, МПа) и пластичности (δ, %)

Сплав	Режим	Предел текучести, $\sigma_{0.1}$, МПа		Относительное удлинение, δ, %	
		20 °С	800 °С	20 °С	800 °С
1	ТМО I	240	180	25	26
	ТМО II	335-352	243-247	20.7	7.5
2	ТМО I	300	190	25	25
	ТМО II	378-381	261-272	23	11

По нашему мнению, эффект упрочнения можно связать с особенностями модификации и перераспределения частиц карбидной фазы. Наличие мелкодисперсной фазы обуславливает значительный рост $\Delta\sigma$ благодаря их взаимодействию с дислокациями по механизму типа механизма Орована [5]. Оценки эффективности дисперсного упрочнения сплавов системы V-Cr-Zr-W представлены в таблице 2. Расчет величины напряжений Орована в зависимости от параметров гетерофазной структуры – объемного содержания и размеров частиц второй фазы – проведен по формуле $\Delta\sigma \approx G|b|/\lambda$ [5]. Здесь $G \approx 47000$ МПа – модуль сдвига ванадия; $b \approx 0.262$ нм – вектор Бюргерса дислокации; $\lambda \approx R(2\pi/3f)^{1/2}$ – расстояние между частицами; R – радиус частиц; f – их объёмная доля.

Таблица 2. Расчётные значения напряжений Орована в зависимости от размеров частиц второй фазы и объемной доли частиц (f, %)

Сплав	Объёмная доля частиц, f, %	Размер частиц ($2R$), нм			
		3	5	10	20
		Напряжение Орована $\Delta\sigma$, МПа			
1	0.172	235	141	71	35
	0.086	166	100	50	25
	0.043	118	71	35	18
2	0.081	161	97	48	24
	0.041	114	68	34	17
	0.020	81	48	24	12

Расчет проведен при условии, что объемная доля частиц f = 0.172 и f = 0.081 соответствует варианту, когда в ультрадисперсном состоянии находятся практически все частицы карбидной фазы для сплава 1 и для сплава 2 соответственно. Как видно из таблицы 2, повышение прочности ($\Delta\sigma$) после ТМО II по сравнению с ТМО I на 70-80 МПа может быть достигнуто при перераспределении менее половины исходной грубодисперсной фазы: для сплава 1 - f = 0.086-0.043 и для сплава 2 - f = 0.041, если размер частиц не более 10 нм, что и наблюдается в данной работе. Конечно, представленные оценки вклада дисперсного упрочнения в увеличение предела текучести не учитывают всей сложности и специфики данных процессов, а также проведены без учёта влияния температуры, тем не менее, совместно с приведёнными экспериментальными результатами они наглядно иллюстрируют качественные возможности предлагаемых подходов при модификации гетерофазной и зерённой структуры материалов данного класса.

Результаты электронно-микроскопического исследования поверхностного рельефа в области образования шейки образцов, обработанных по режиму ТМО II, после деформации как при 20 °С, так и при 800 °С показали, что на изломах обнаруживается ямочный рельеф, характерный для вязкого разрушения (рис. 3). Отсутствие сколов свидетельствует об отсутствии грубых концентраторов напряжений и однородности материала после ТМО II.

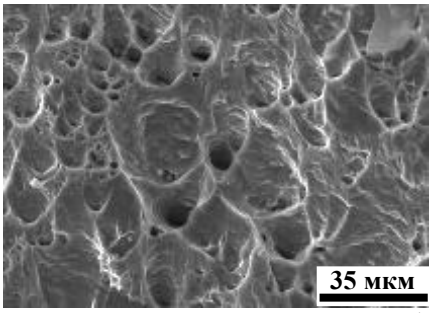


Рис. 3. Фрактограмма разрушения сплава 1 после ТМО II и последующей деформации при комнатной температуре

Выводы

Установлено, что применение ТМО II позволяет растворить грубые метастабильные карбиды ванадия с последующим выделением стабильной фазы из твёрдого раствора с возможностью формирования однородного по объёму распределения мелкодисперсных частиц ZrC. Показано, что такая модификация гетерофазного состояния позволяет реализовать совместное субструктурное плюс дисперсное упрочнение с существенным повышением (на 30-50 %) механических свойств как при комнатной, так и при повышенной (800 °С) температурах с сохранением высокой (~ 20 %) технологической пластичности.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки РФ, соглашение № 8762 по ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России». Работа проведена на оборудовании ТМЦКП ТГУ.

Литература

1. Solonin M.I., Chernov V.M. et. al. // Journal of Nuclear Materials. – 2000. – V. 283-287. – P. 1468-1472.

2. Фромм Е., Гебхардт Е. Газы и углерод в металлах. – М.:, Металлургия, 1980. – 712 с.

3. Титц Т, Уилсон Дж., Тугоплавкие металлы и сплавы, М.: Металлургия, 1969.

4. Потапенко М.М., Ватулин А.В. и др. // ВАНТ. Сер. Материаловедение и новые материалы. – 2004. – Т. 62. – вып. 1. – С. 152-162.

5. Дитенберг И.А., Тюменцев А.Н. и др. // ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез. – 2011. – № 2. – С. 28-35.

ПОЛУЧЕНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА ФЕРРОМАГНЕТИКОВ НА МЕЛЬНИЦЕ ТОНКОГО ПОМОЛА

Титов Ю.В., Кисель А.Г., Реченко Д.С.
Научный руководитель: Литунов С.Н., д.т.н., профессор
Омский государственный технический университет, 644050, Россия, г. Омск, пр. Мира, 11
E-mail: tyrin-88@mail.ru

Аннотация: Наноструктурированные материалы является одной из важнейших целей развития нанотехнолологии на современном этапе. Материалы, в структуру которых входят наночастицы, проявляют повышенную прочность и твердость по сравнению с материалами, состоящими из более крупных частиц. С помощью новых методов изготовления материалов достигается микрокристаллическое состояние, сохраняющееся в течение всего процесса обработки материала и изготовления изделий [1].

В зависимости от условий получения, ультрадисперсные порошки могут иметь сферическую, гексагональную, хлопьевидную, игольчатую формы, аморфную или мелкокристаллическую структуру. Методы получения ультрадисперсных материалов разделяют на химические, физические, механические и биологические.

Наибольший интерес и перспективу представляет механические методы. Способы измельчения материалов механическим путем в мельницах различного типа — шаровых, планетарных, центробежных, вибрационных, гироскопических устройствах, аттриторах и симолойерах. Аттриторы и симолойеры — это высокоэнергетические измельчительные аппараты с неподвижным корпусом—барабаном с мешалками, передающими движение шарам в барабане. Аттриторы имеют вертикальное расположение барабана, симолойеры — горизонтальное. Измельчение размалываемого материала размалывающими шарами в отличие от других типов измельчающих устройств происходит главным образом не за счет удара, а по механизму истирания. Емкость барабанов в установках этих двух типов достигает 400...600 л. Механическим путем измельчают металлы, керамику, полимеры, оксиды, хрупкие материалы. Степень измельчения зависит от вида материала. Так, для оксидов вольфрама и молибдена получают крупность частиц порядка 5 нм, для железа — порядка 10...20 нм.

Одним из разновидностей является механическое легирование, когда в процессе измельчения происходит взаимодействие измельчаемых материалов с получением измельченного материала нового состава. Так получают порошки легированных сплавов, интерметаллилов, силицидов и дисперсноупрочненных композитов с размером частиц 5...15 нм. Уникальным достоинством способа является то, что за счет взаимодиффузии в твердом состоянии здесь возможно получение «сплавов» таких элементов, взаимная растворимость которых при использовании жидкофазных методов пренебрежимо мала. Положительной стороной механических способов измельчения является сравнительная простота установок и технологии, возможность измельчать различные материалы и получать порошки сплавов, а также возможность получать материал в большом количестве. К недостаткам метода относятся возможность загрязнения измельчаемого порошка истирающими материалами, а также трудности получения порошков с узким распределением частиц по размерам, сложности регулирования состава продукта в процессе измельчения.

При получении наночастиц любым методом проявляется еще одна их особенность — склонность к образованию объединений частиц. Такие объединения называют агрегатами и агломератами, это одна из самых распространенных проблем , с которой преходится бороться. В результате, при определении размеров наночастиц, необходимо различать размеры отдельных частиц (кристаллитов) и размеры объединений частиц. Различие между агрегатами и агломератами не является четко определенным. Считается, что в агрегатах кристаллиты более прочно связаны и имеют меньшую межкристаллитную пористость, чем в агломератах.

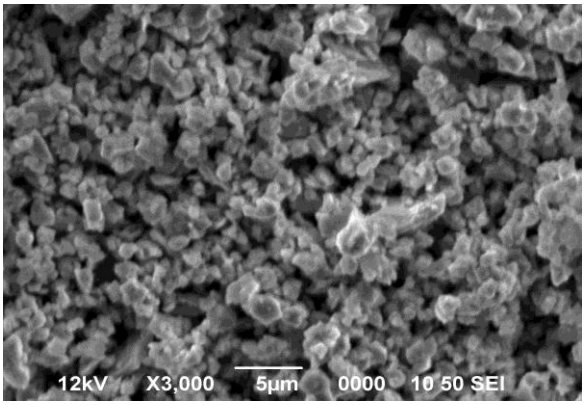
Проблема, связанная с агрегированием наночастиц, возникает при их компактировании. Например, при компактировании агрегированного порошка путем спекания, для достижения определенной плотности материала требуются температуры тем выше, чем более крупные объединения наночастиц имеются в порошке. В этой связи при разработке методов получения нанопорошков продолжаются поиски мер для исключения или уменьшения степени образования

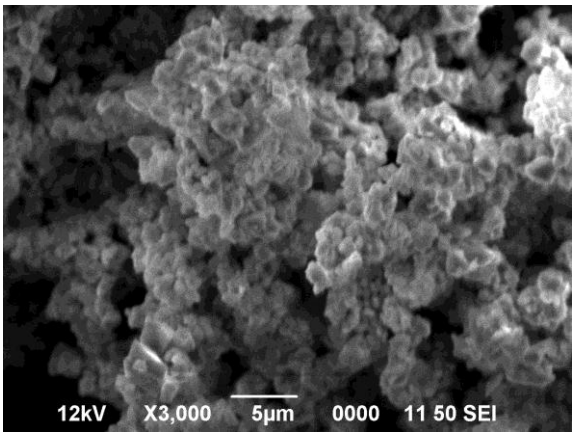
объединений наночастиц. Так, в методах получения нанопорошков путем конденсации из паровой фазы оказалось целесообразным точное регулирование температуры образования наночастиц. В химических методах оказывается эффективным исключение воды из некоторых стадий синтеза для уменьшения степени агломерирования. Используются также методы уменьшения контакта между частицами путем их покрытия (капсулирования), которое затем, перед компактированием, удаляется. Тем не менее, агрегирование и агломерирование наночастиц осложняет получение компактных материалов. Требуются большие механические усилия или повышение температуры (при спекании), чтобы преодолеть силы агломерирования.

Создание ультрадисперсного порошка из сверхтвердых материалов является актуальной задачей, которая может быть осуществлена за счет мельницы, способной перерабатывать твердые материалы с высокой скоростью с использованием небольшого количества мелющих тел при высоких окружных скоростях. Экспериментальные данные получены на мельнице тонкого помола для получения наноразмерного порошка.

Предложенная мельница тонкого помола для получения наноразмерного порошка обладает простой конструкцией, обеспечивающей надежную работу и получение требуемого результата, а в качестве мелющего диска используется шлифовальный круг для алмазно-абразивной обработки [2] с абразивными головками - AW 16*20*6 24A 40H CM1 6K с оправкой ГОСТ 2447-82.

Обработка заготовки (столбик цилиндрической формы) из ферромагнетика осуществлялась при окружной скорости мелющего диска до 300 м/с при одновременном вращательном и возвратно-поступательном движении заготовки. Шлифованная поверхность не имеет сколов и раковин. Готовый измельченный порошок (Рис. 1), имеет размер частиц в диапазоне 10-100 нм.





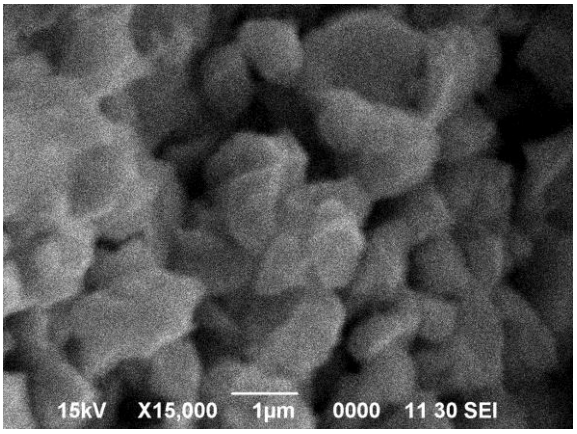


Рис. 1. Измельченный порошок ферромагнетика (размер частиц в диапазоне 10-100 нм)

Размеры частиц наноразмерного порошка регулируются окружной скоростью мелющего диска и подачей заготовки. Измерения и визуальный контроль порошка производился на микроскопе марки Olympus GX-41 (максимальное увеличение – 2000 крат).

Список литературы

1. Изгородин А. Наноиндустрия и подготовка специалистов. – А. Изгородин, Г. Чистобородов ; - «В мире оборудования». - 5 (80). – 2008.

2. Реченко, Д.С. Шлифовальный круг для алмазно-абразивной обработки. - Д.С. Реченко, Ю.Р. Нуртдинов, А.Ю. Попов ; Пат. 55665 РФ, МПК B24D 17/00. - № 2006111080/22; Заявлено 05.04.06; Опубл. 27.08.06. Бюл. № 24. – 2 с.: ил.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОДА КОАКСИАЛЬНОГО УСКОРИТЕЛЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ШИХТЫ СВЕРХТВЕРДОГО МАТЕРИАЛА

Усиков А.И., Герасимов Д.Ю., Евдокимов А.А.
Научный руководитель: Сивков А.А, д.т.н., с.н.с.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: trius.strannik@gmail.com

Современные техника и технологии предъявляют всё более высокие требования к конструктивным материалам: теплостойкость, устойчивость к агрессивной среде, выдерживание высоких и продолжительных нагрузок, прочность, твёрдость, трещиностойкость. Одним их способов повышения эксплуатационных характеристик керамики является введение в материал связующих составляющих и пластификаторов [1].

В настоящей работе в качестве связующего материала для нитрида титана предлагается использовать медь, что обусловлено рядом факторов: 1. В качестве связующего используют более мягкий металл; 2. Относительно низкая температура плавления меди; 3. Инертность меди.

Для введения меди в состав шихты был разработан биметаллический электрод-ствол коаксиального магнитоплазменного ускорителя (КМПУ). Конструкция КМПУ представлена на рисунке 1 [2]. Биметаллический ствол представляет собой титановый электрод-ствол 2 с медной втулкой 7.

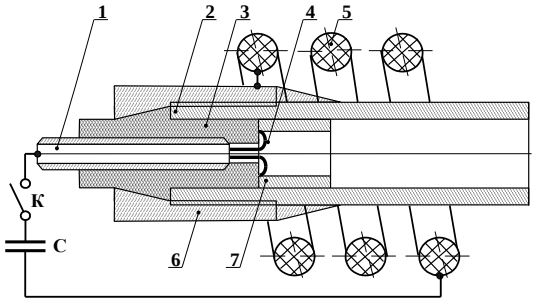


Рис. 1. Конструкция КМПУ: 1-центральный электрод; 2-электрод-ствол; 3-изолятор центрального электрода; 4-электровзрывающиеся проводники; 5-соленоид; 6-заглушка; 7-медная втулка.

В процессе работы КМПУ происходит ускорение сильноточного дугового разряда и электроэрозионный износ медной втулки и титанового ствола. Динамический синтез происходит при распылении электроэрозионной плазмы в камеру реактор, заполненную азотом. Данная система позволяет получить нанодисперсные порошкообразные материала различного состава [3].

Условия проведения экспериментов: ёмкость накопителя энергии C = 24 мФ, напряжение зарядное $U_{зар}$ = 3,5 кВ, центральных электрод: титан, электрод ствол – титановая труба диаметром 21 мм при толщине стенки ствола 2 мм, внутренний диаметр медной втулки 17 мм, камера заполнена техническим азотом при нормальном давлении. Инициирование сильноточного дугового разряда типа Z-пинч проводилось электровзрывом проводников 4. Регистрация осуществлялась по рабочему току i(t) и напряжению на электродах ускорителя U(t). По результатам измерения были построены кривая мощности разряда P(t) и энергии W(t).

Для сравнения приведено два опыта в одинаковых условиях для разной конструкции медной втулки. Во втором опыте на втулке имелись продольные разрезы для уменьшения степени экранирования втулкой внешнего магнитного поля соленоида КМПУ. Результаты опытов и их энергетические параметры приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные экспериментальные данные по получению шихты сверхтвердого материала.

Параметры/номер опыта	**1**	**2**
Продольные разрезы на втулке	Нет	Да
Подведенная энергия W, кДж	80	87
Эродированная масса ствола $\Delta m_{СТ}$, г	8,5	11,3
Удельная эродированная масса ствола $\Delta m_{СТ}/W$, г/кДж	0,11	0,13
Эродированная масса втулки $\Delta m_{ВТ}$, г	3,2	7,2
Удельная эродированная масса втулки $\Delta m_{ВТ}/W$, г/кДж	0,04	0,08

Как видно из таблицы 1 энергетические параметры опытов отличаются незначительно. Кроме того, применение вставки с поперечными разрезами приводит к двукратному увеличению эффективности электроэрозионной наработки меди.

Для определения качественных характеристик продукт динамического синтеза был подвергнут рентгеноструктурному анализу, с использованием дифрактометра Shimadzu XRD 6000 (CuKα-излучение). Для количественного структурно-фазового анализа дифрактограмм применялись программа полнопрофильного анализа PowderCell 2.4 и база структурных данных PDF4+. В таблице 2 приведены основные данные полнопрофильного анализа дифрактограммы, приведённой на рисунке 2: соотношение кристаллических фаз в массовых процентах, средний размер области когерентного рассеяния (ОКР), величина внутренних упругих микронапряжений Δd/d и параметры кристаллической решетки: экспериментальные и денные из базы PDF4+.

Таблица 2. Данные рентгеновского структурно-фазового анализа порошкообразного продукта, полученного в опыте 2.

Вещество	Содержание, %	ОКР, нм	$\Delta d/d \cdot 10^{-3}$	Параметры решетки: эксп./PDF	
				a	c
cTiN	83,7	90,98	1,923	4,2347/4,2380	---
$rTiO_2$	13,9	56,92	2,315	4,6138/4,5940	2,9691/2,9590
Cu	2,4	47,35	0,768	3,6166/3,6150	---

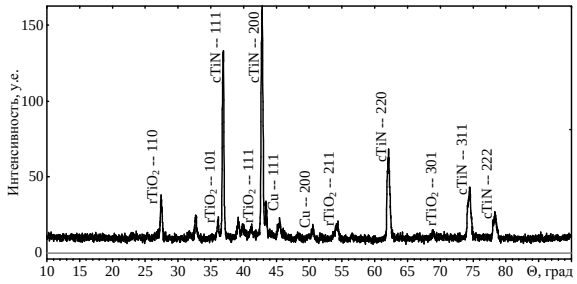


Рис. 2. XRD-спектр продукта динамического синтеза полученного в опыте 2 (табл. 1).

Из результатов рентгеновского анализа следует, что основной составляющей полученного материала является кубический нитрид титана. Так же выявлено наличие оксида титана со структурой рутила. ОКР ниже 100 нм свидетельствует о нанодисперсности полученного порошка.

Низкое содержание меди, по видимому, связано с тем, что более тяжёлая медь осаждается у дальней стенки камеры-реактора, а проба была отобрана у ближней стенки.

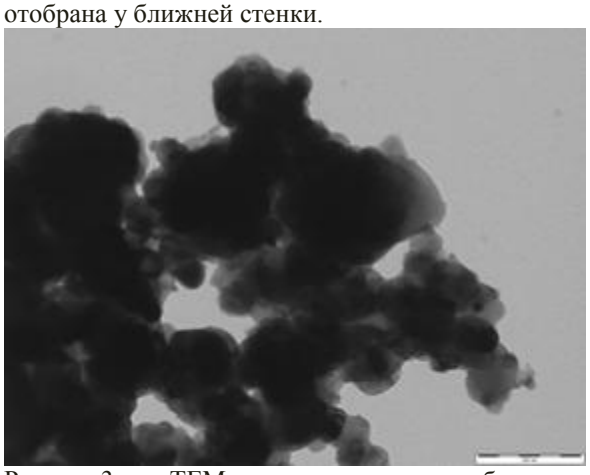


Рис. 3. ТЕМ-снимок порошкообразного материала.

Для получения данных о геометрии полученного материала проведены аналитические исследования на ТЕМ-микроснимках, полученных просвечивающей электронной микроскопией на микроскопе Philips SM12. Один из полученных снимков представлен на рисунке 3.

По светлопольным ТЕМ-снимкам установлено, что частицы порошка, в большинстве случаев, имеют сферическую форму. На основе ТЕМ-снимков проведён визуальный анализ и расчёт для построения гистограммы распределения частиц S по размерам d, рисунок 4, по которой видно, что максимум гистограммы соответствует размерам ОКР основных фаз полученного материала.

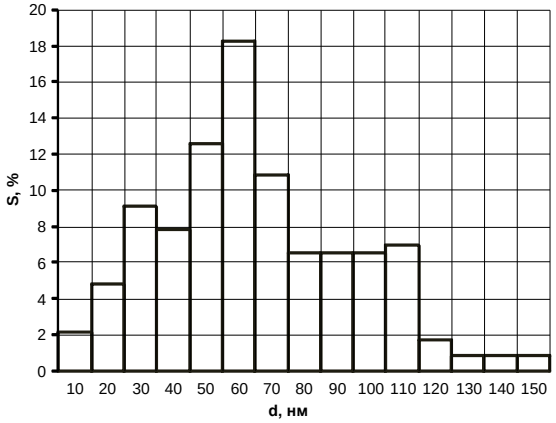


Рис. 4. Гистограмма распределения частиц порошкообразного материала по размерам.

Заключение. В настоящей работе представлена возможность использования КМПУ с биметаллическим электродом-стволом для получения шихты сверхтвёрдого материала. Было установлено, что продукт является нанодисперсным и состоит из трёх основных фаз: cTiN, $rTiO_2$ и Cu.

Литература

1. Патент на полезную модель № 2083714 РФ. Сверхтвердый композиционный материал / Капустин А.И.; Нуждина С.Г.; Громов А.В.; Погонялин Ю.А.

2. Патент на полезную модель № 61856 РФ. Коаксиальный магнитоплазменный ускоритель / Герасимов Д.Ю., Сайгаш А.С.; Сивков А.А.

3. Сивков А.А., Найден Е.П., Герасимов Д.Ю. Прямой динамический синтез нанодисперсного нитрида титана в высокоскоростной импульсной струе электроразрядной плазмы // Сверхтвердые материалы. – 2008. – №5. – С. 33-39.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 12-08-3119 мол_а).

ДИНАМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ НАНОДИСПЕРСНЫХ ФАЗ В СИСТЕМЕ Ti-Si-N

Усиков А.И., Герасимов Д.Ю., Евдокимов А.А.
Научный руководитель: Сивков А.А, д.т.н., с.н.с.
Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: trius.strannik@gmail.com

Повышенный интерес к материалам, полученным в системе Ti-Si-N, обусловлен их высокими механическими свойствами. Кроме того данные композиты имеют твёрдость порядка 50-60 ГПа.

Цель работы: показать возможность получения нанодисперсных фаз в системе Ti-Si-N, методом прямого динамического синтеза.

Для реализации прямого динамического синтеза и получения нанодисперсных фаз в системе Ti-Si-N применялся импульсный коаксиальный магнитоплазменный ускоритель (КМПУ) [1, 2], испускающий гиперскоростную струю электроразрядной плазмы в камеру-реактор, заполненную техническим азотом. Питание осуществлялось от генератора импульсных токов ГИТ-720.

Условия проведения опыта: ёмкость накопителя C = 9,6 мФ; напряжение заряда конденсаторной батареи $U_з$ = 4,0 кВ; материал электродов ускорителя – титан марки ВТ1-0. В опыте использовался электрод-ствол диаметром 13,5 мм и длиной 151 мм. Камера-реактор заполнялась техническим азотом под давлением P = 3 атм. В канал формирования плазменной структуры засыпался кремний $m_з$ = 1 г.

Для определения энергетических параметров опыта производилась регистрация рабочего тока i(t) и падения напряжения на электродах ускорителя U(t), рисунок 1. Далее были построены кривая мощности P(t), как произведения тока и напряжения в соответствующий момент времени, и подведённой энергии W(t), как интеграла кривой мощности по времени, рисунок 2.

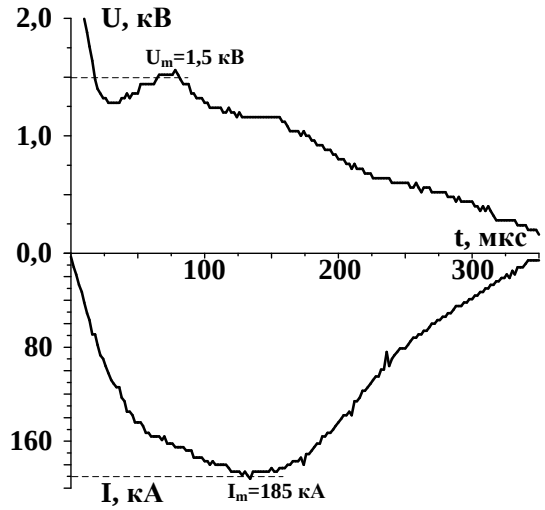


Рис. 1. Графики тока i(t) и напряжения U(t).

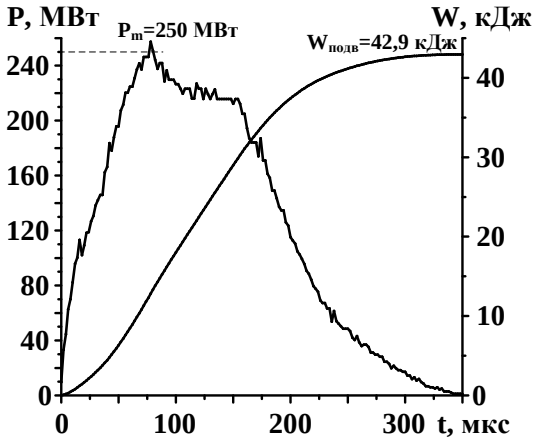


Рис. 2. Графики мощности P(t) и энергии W(t).

После проведения опыта осевший порошок чёрно-синего цвета был собран и взвешен, $m_{пор}$ = 5,7 г. Так же был взвешен электрод-ствол, электрический эрозионный износ которого составил $m_{ст}$ = 10,7 г. Небольшое количество синтезированного порошка, по сравнению с эрозией ствола, объясняется тем, что часть расплавленного титана пролетев через всю камеру осела на задней стенке камеры-реактора, образовав неоднородное покрытие.

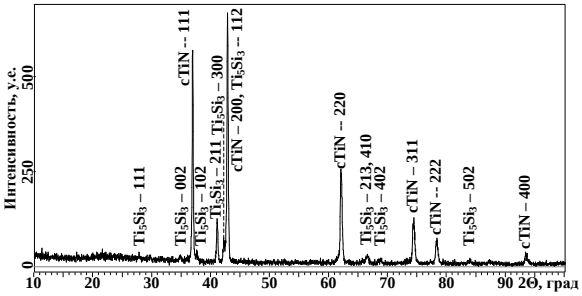


Рис. 3. XRD-спектр порошкообразного материала.

Таблица 1. Данные структурно-фазового анализа порошка.

Фаза		cTiN	Ti_5Si_3
Содержание, %		79,42	20,58
ОКР, нм		99,5	39,9
$\Delta d/d \cdot 10^{-3}$		0,788	1,532
Параметры решетки: эксперимент/PDF	a	4,2396/ 4,2380	7,4514/ 7,4610
	c	---	5,1869/ 5,1510

Для определения качественных параметров синтезированного порошка был получен XRD-спектр с помощью дифрактометра

Shimadzu XRD6000 (CuKα-излучение), рисунок 3, по которому был произведён структурно-фазовый анализ, с применением ПО PowderCell 2.4 и базы данных PDF4+. В результате получена оценка фазового состава синтезированного материала, приведённая в таблице 1.

Для визуального анализа формы частиц полученного материала, а так же построения гистограммы распределения частиц по размерам, было произведено исследование с помощью электронного просвечивающего микроскопа Philips SM12. По полученным светлопольным ТЕМ-микроснимкам, один из которых приведён на рисунке 4, была построена гистограмма распределения частиц по размерам, приведённая на рисунке 5.

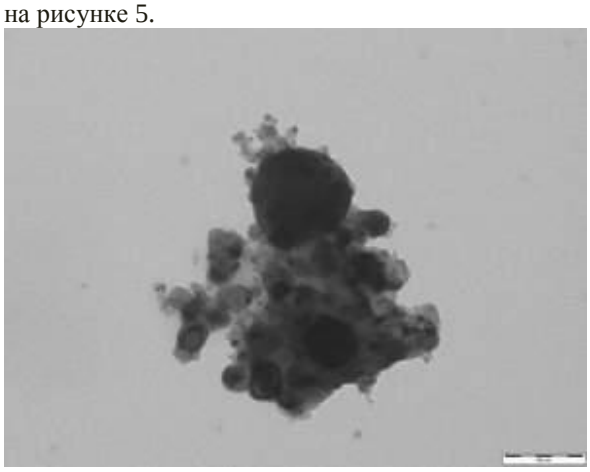


Рис. 4. Пример светлопольного ТЕМ-снимка.

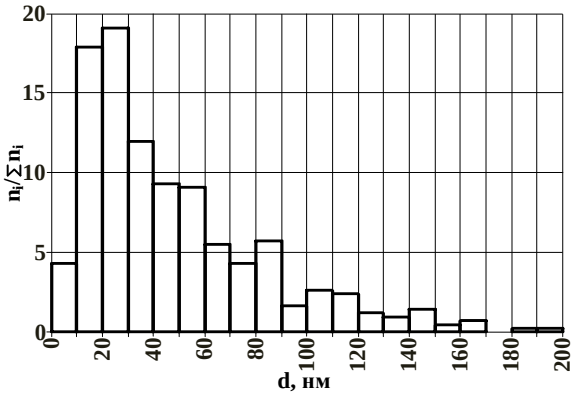


Рис. 5. Гистограмма распределения по размеру частиц, опыт 1.

По построенному распределению видно, что размер основной части частиц находятся в диапазоне от 10 нм до 200 нм, с максимумом для размера в 30 нм, что соответствует ранее полученным ОКР.

В системе элементов Ti-Si-N, возможно получение нитридов кремния Si_3N_4, однако в результате анализа дифрактограмм данное соединение не обнаружено, что может быть связано с его отсутствием, малым количеством или малым размером частиц, не дающим характерных пиков XRD-спектров. В ходе исследования картины электронной дифракции, приведённой на рисунке 6а для светлопольного снимка, рисунок 6б, выявлено присутствие помимо большого количества рефлексов основных фаз (кубического нитрида титана и силицида титана), рефлексов гамма фазы нитрида кремния.

На основе анализа дифрактограмм, а так же визуального анализа светлопольных ТЕМ-снимков можно сделать вывод о нанодисперсном строении полученного порошка.

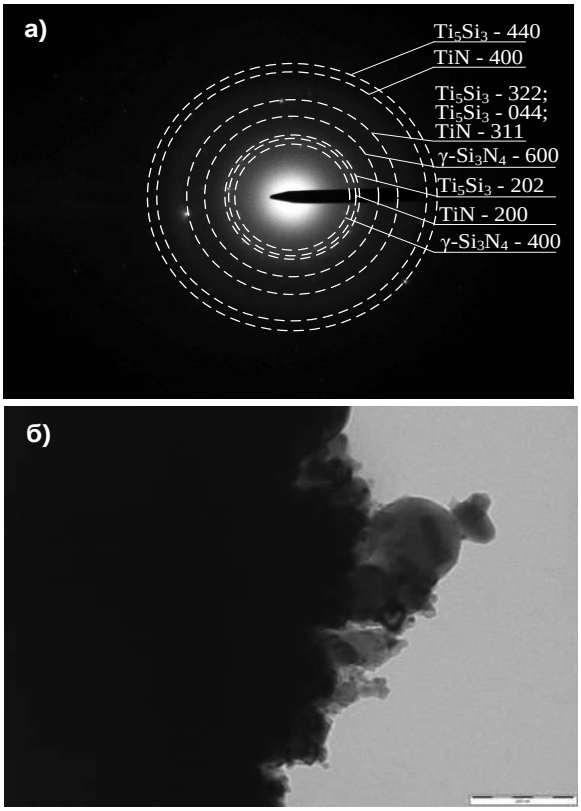


Рис. 6. Картина электронной дифракции, опыт 1.

Выводы. В работе показано получение порошков в системе Ti-Si-N. Так же установлено, что синтезированный порошкообразный материал являются нанодисперсным.

Фазовый состав, в основном, представлен кубическим нитридом титана (cTiN) и силицидом титана (Ti_5Si_3). Кроме того методом электронной дифракции установлено наличие гамма фазы нитрида кремния (γ-Si_3N_4).

Литература

1. Сивков А.А., Найден Е.П., Герасимов Д.Ю. Прямой динамический синтез нанодисперсного нитрида титана в высокоскоростной импульсной струе электроразрядной плазмы // Сверхтвердые материалы. – 2008. – №5. – С. 33-39.

2. Патент на полезную модель № 61856 РФ. Коаксиальный магнитоплазменный ускоритель / Герасимов Д.Ю., Сайгаш А.С.; Сивков А.А.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 12-08-3119 мол_а).

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ Mn^{2+} НА ПРОТЕКАНИЕ РЕАКЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАНОПОРОШКА АЛЮМИНИЯ С ЖИДКОЙ ВОДОЙ

Грязнова Е.Н., Цхе А.А.
Научный руководитель: Шиян Л.Н.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: t_elena@mail2000.ru

Применение нановолокон оксогидроксида алюминия обусловлено их свойствами, которые определяются высокой удельной поверхностью, достигающей значений 100-500 $м^2/г$. Например, на основе нановолокон AlOOH разработаны различные сорбенты для очистки воды от микроорганизмов и вирусов [1,2]. Нановолокна оксогидроксида алюминия используют для изготовления перевязочных материалов, обладающих высокой эффективностью при лечении ран и ожогов [3]. Наиболее функциональными по свойствам являются многокомпонентные наночастицы, которые служат основой при создании лекарственных препаратов нового поколения, построенных на новых принципах и выполняющие роль не только носителя лекарств, но и функциональной части лекарственного препарата [4]. Для создания многокомпонентных наночастиц и придания им заданных свойств существуют различные методы модифицирования, которые по своей сути сводятся к изменению поверхности или объема [5]. Особенностью нановолокон является их одномерность, ограничивающая осуществление объемного модификация. Тем не менее это возможно в процессе получения наноматериалов.
Например, при взаимодействие нанопорошка Al не с водой, а с раствором хорошо растворимой соли сульфата марганца ($MnSO_4 \cdot 5H_2O$), позволит осуществить метод объемного модифицирования.

Целью работы: исследование взаимодействия нанопорошка Al с жидкой водой в присутствии ионов Mn^{2+}.

Согласно литературным данным [6] при взаимодействии нанопорошка Al с «жидкой» водой по реакции:

$$2Al+5H_2O \rightarrow AlOOH+Al(OH)_3+3H_2$$

происходит формирования волокнистой структуры состава AlOOH–85%, $Al(OH)_3$–13% и Al менее 2%.

Необходимым условием образования волокнистой структуры является наличие на поверхности нанопорошка алюминия пористого оксидного слоя. Для выполнения этого условия электрический взрыв алюминиевой проволоки проводили в среде аргона с добавлением кислорода из расчета 0,05 г на 1 г алюминиевой проволоки для получения нанопорошка с содержанием активного алюминия не менее 85% и толщиной оксидного слоя в пределах от 2 до 10 нм. Взаимодействие нанопорошка Al не с водой, а с раствором соли марганца может изменить состав продуктов реакции.

Содержание ионов Mn^{2+} в растворе изменяли в диапазоне от $0{,}02 \cdot 10^{-3}$ до $20 \cdot 10^{-3}$ М. Влияние ионов Mn^{2+} на протекание реакции взаимодействия нанопорошка Al с жидкой водой исследовали по изменению окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) на приборе pH-метр pH-150 МИ, с использованием электрода ЭРП 105 в термостате при 60°С. Состав продуктов реакции исследовали с помощью рентгеновского анализа с использованием дифрактометра Shimadzu XRD-7000. Диапазон углов сканирования 2θ: от 10 до 100 град. и скоростью сканирования 1 град/мин. Определение тепловых эффектов и изменения фазового состава при постепенном нагревании в инертной среде аргона проводили на совмещенном ТГА/ДСК/ДТА анализаторе SDT Q600, в диапазоне температур от 0…1000°С. Для качественного определения марганца в продуктах реакции использовали рентгеновскую энергодисперсионную приставку к микроскопу JEM-2100F, а количественную оценку проводили с помощью химического анализа в соответствии с ГОСТ 4974-72. Методом просвечивающей электронной микроскопии на приборе JEM-2100F (Япония), изучали характерную форму и размеры нановолокон.
В зависимости от времени протекания реакции ОВП изменяется от + 260 мВ до – 660 мВ, что характеризует процесс окисления нанопорошка алюминия жидкой водой. С течением времени происходит повышение ОВП до + 80 мВ, что обусловлено формированием новых фаз AlOOH и $Al(OH)_3$. С увеличением содержания ионов Mn^{2+} в растворе происходит закономерное увеличение времени окисления нанопорошка алюминия водой и снижение ОВП в область отрицательных значений становится менее интенсивным. Изменение ОВП в процессе протекания реакции показывает, что в присутствии ионов Mn^{2+} в растворе изменяются окислительно-восстановительные характеристики стадии окисления нанопорошка алюминия водой, что свидетельствует об участии ионов марганца в этой реакции.

Анализ рентгенограмм показал, что в отсутствии ионов марганца в растворе, конечными продуктами реакции являются фазы кристаллического $Al(OH)_3$, аморфного AlOOH, а так же фаза металлического Al. Рентгенограммы образцов, полученных в присутствии ионов марганца, характеризуются значительным уширением пиков фазы AlOOH и

металлического алюминия и отсутствием фазы $Al(OH)_3$.

И хотя марганец рентгеновским анализом не фиксируется, его участие в реакции проявляется в изменении фазового состава продуктов, закономерно изменяющихся при увеличении концентрации ионов марганца в растворе. Различие фазового состава продуктов взаимодействия алюминия с «жидкой» водой и с растворами соли были подтверждены методом ДТА.

Полученные термограммы показывают, что кривые изменения веса (ТГ) и тепловых эффектов (ДТА) различны. ТГ образца, полученного без участия ионов марганца, наблюдается более интенсивное снижение массы в сравнении с образцами, полученными с участием Mn^{2+}. Линии ДТА всех образцов характеризуются двумя эндотермическими и одним экзотермическим пиками. По данным ДТА, первый эндотермический пик связан с удалением во всех образцах физически адсорбированной воды, а второй эндотермический пик, соответствующей 300 ^oC, обусловлен переходом $Al(OH)_3$ в AlOOH. Второй эндотермический пик характерен лишь для образца, полученного в отсутствии ионов Mn^{2+}, а в остальных образцах такого перехода не наблюдается, что связано с отсутствием фаза $Al(OH)_3$. Третий экзотермический пик, соответствующий температуре 500 ^0C в отвечает за дегидроксилирование псевдобемита. Для образцов, полученных в присутствии ионов Mn^{2+} этот пик слабо выражен ввиду снижения выхода волокнистого псевдобемита.

Таким образом, взаимодействие нанопорошка Al с водой в присутствии ионов Mn^{2+} приводит к снижению концентрации химически связанной воды, которая проявляется в соединении $Al(OH)_3$. Отсутствие фазы $Al(OH)_3$ оказывает влияние на температуру и интенсивность фазовых превращений в модифицированных образцах.

Таким образом, используя приведенные выше методы физико-химического анализа для исследования реакции взаимодействия нанопоршка Al с жидкой водой в присутствии ионов Mn^{2+}, были установлены закономерности изменения окислительно-восстановительного потенциала реакции, фазового состава продуктов, изменение химического и элементного состава полученных образцов. Показано, что увеличение содержания ионов Mn^{2+} в растворе приводит к повышению рентгеноаморфности, полученных образцов уменьшению содержания кислорода и увеличению доли активного алюминия. Присутствие ионов марганца с концентрацией выше $20\cdot10^{-3}$ М ограничивает взаимодействие иона AlO^+ с ионами OH^-, что связано с конкурирующей реакцией взаимодействия Mn^{2+} с теми же ионами OH^- с образованием $Mn(OH)_2$:

Выводы:

1.Установлена закономерность влияния присутствие ионов марганца на протекание реакции взаимодействия нанопорошка алюминия с «жидкой» водой, которое выражается в изменении окислительно-восстановительного потенциала системы.

2.Показана возможность объемного модифицирования нановолокон AlOOH ионами марганца (II) в процессе реакции взаимодействия нанопорошка алюминия с раствором соли $MnSO_4\cdot5H_2O$.

3.Методами рентгенофазового и дифференциально-термического анализов показано различие фазового состава модифицированных образцов в зависимости от концентрации ионов Mn (II) в растворе с одновременным увеличением доли рентгеноаморфной фазы.

4.Показано, что увеличение концентрации ионов марганца в растворе до значений $20\cdot10^{-3}$ М, приводит к ограничению взаимодействия нанопорошка алюминия с «жидкой водой».

Список литературы:

[1] Яворовский Н.А., Шиян Л.Н., Савельев Г.Г., Галанов А.И. Модифицирование полимерных мембран нановолокнами оксогидроксида алюминия // Нанотехника. 2008. Т 15.Вып. 3. С. 40.

[2] Савельев Г.Г.,Юрмазова Т.А., Галанов А.И., Сизов С.В.,Даниленко Н.Б.,Лернер М.И.,Теппер Ф., Каледин Л. Адсорбционная способность наноразмерного волокнистого оксида алюминия// Изв. Томского политех. Ун-та.-2004.-Т.307.-№1.-с.102-107.

[3] Герасимова В.Н., Ушакова Е.В. Исследование адгезии микроорганизмов на УДП Al_2O_3. // Материалы V международной конференции «Химии нефти и газ», 2003. С. 605-607.

[4] Юрмазова Т.А., Галанов А.И., Савельев Г.Г., Яворовский Н.А., Лобанова Г.Л., Митькина В.А. Магнитный носитель для доксорубицина и его химическая трансформация в модельных биологических жидкостях // Изв. Томского политех. Ун-та. 2009. Т. 314. Вып. 3. С. 50-54.

[5] Каталитические свойства веществ / под ред. Ройтера В.А. Киев: Наукова думка, 1977. С. 921.

[6] Яворовский Н.А., Савельев Г.Г., Галанов А.И., Шиян Л.Н., Юрмазова Т.А., Лобанова Г.Л. Получение нановолокон окосогидроксида алюминия из порошков металлического алюминия. // Перспективные материалы. 2008. №4. С. 74-80.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ NiO/YSZ АНОДНОГО СЛОЯ ТВЕРДООКСИДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

Цыбенко А.О.[1], Ковальчук А.Н.[1], Ионов И.В.[2]
Научный руководитель: Соловьев А.А., к. т. н.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
Институт Сильноточной Электроники СО РАН, 634050, Россия, г. Томск,
пр. Академический, 2/3
E-mail: tcybenkoao@gmail.com

Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) в последнее время рассматриваются как одни из самых перспективных устройств получения энергии. Энергоустановки на ТОТЭ позволяют существенно повысить энергосбережение и экономию топлива. Они обладают высоким КПД (~ 80%, с учетом выделяющегося тепла) прямого преобразования химической энергии топлива в электричество.

Основными проблемами использования ТОТЭ являются высокая рабочая температура (~ 1000˚ С) и различного рода потери (омические - на электролите, концентрационные и активационные – на электродах). Решением данных проблем является изготовление тонкопленочных ТОТЭ.

В частности, аноды ТОТЭ изготавливаются методами трафаретной печати, шликерного литья или напыления смеси порошков NiO и YSZ, с последующим спеканием в воздухе и восстановлением Ni в водороде [1-3]. Но в данных случаях используются крупнозернистые порошки YSZ для того, чтобы сформировать жесткий каркас анода с пористой микроструктурой после отжига. Поэтому размер полученных пор лежит в диапазоне нескольких микрон, что облегчает диффузию в них топливного газа и продуктов реакции. Однако чем крупнее поры, тем меньше площадь трехфазной границы (анод – электролит - катод) и ниже электрохимическая активность анода.

В связи с этим наиболее перспективными методами формирования тонкопленочных структур ТОТЭ являются вакуумно-плазменные методы нанесения покрытий [4, 5]. Также данные методы обеспечивает чистоту наносимого покрытия, а тонкопленочная структура позволяет существенно снизить омическое сопротивление топливной ячейки и сделать конструкцию более компактной.

В качестве материала для анода широко используется композит Ni-YSZ (Ni 40-60 об.%), так как он обладает хорошей каталитической активностью и электропроводностью.

В данной работе NiO-YSZ пленки осаждались методом совместного реактивного магнетронного распыления Zr-Y (86 масс.% - Zr, 14 масс. % Y) и Ni (99, 995%) катодов. Zr-Y и Ni магнетроны устанавливались под углом 45° к плоскости подложки. Оба катода имели диаметр 75 мм. Расстояние между подложкой и мишенью составляло 90 мм (рис.1).



Рис. 1. Расположение магнетронов в процессе нанесения Ni-YSZ анодного слоя

Вакуумная камера откачивалась турбомолекулярным насосом до давления $1.2 \cdot 10^{-2}$ Па. Затем в камеру напускался аргон с расходом 51 мл/мин и мишени распылялись в течение 2 - 3 мин для удаления с поверхности окисленного слоя. В процессе нанесения покрытия в рабочую камеру подавался кислород, расход которого мог варьироваться от 3 до 40 мл/мин. Конечное рабочее давление составляло 0,2 Па, температура подложек – 500°С. На катод из Zr-Y сплава подавалось импульсное питание мощностью 1250 Вт, частотой 100 кГц. Распыление Ni катода осуществлялось на постоянном токе. При этом мощность разряда варьировалась в диапазоне 300 - 700 Вт для того чтобы изменять содержание Ni в осажденной пленке. При таких условиях скорость осаждения пленки NiO-YSZ изменялась в пределах 2-12 мкм/ч. Расход кислорода и мощность Ni магнетрона были основными параметрами, которые варьировались с целью получения NiO/YSZ пленок требуемого состава. Пленки осаждались на подложки из стекла, Si, Mo и YSZ. Последние подложки имели диаметр 20 мм, толщину 250 мкм и использовались для изготовления топливных ячеек с несущим электролитом. Для получения плёнок анода однородного состава и толщины в процессе напыления был использован вращающийся держатель подложки. Часть полученных покрытий восстанавливалась до Ni/YSZ в

течение двух часов в атмосфере водорода при температуре 800°C.

Получена зависимость напряжения разряда Ni и ZrY магнетронов от потока кислорода, которая имеет гистерезисный характер (рис. 2).

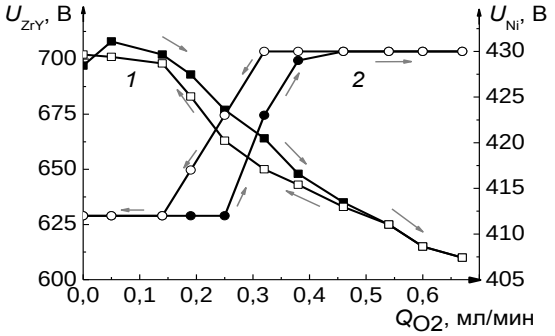


Рис. 2. Изменение напряжения горения разряда Ni и ZrY магнетронов в зависимости от расхода кислорода при постоянной мощности магнетронов 300 и 1250 Вт. 1 – ZrY катод, 2 – Ni катод. Стрелками показано повышение и снижение расхода кислорода

При расходе кислорода до ~ 9 мл/мин и свыше 27 мл/мин наблюдаются так называемые «металлический» и «оксидный» режимы работы магнетронов с максимальными и минимальными скоростями осаждения пленки, соответственно. Оптимальным является режим с расходом кислорода от 12 до 24 мл/мин, в котором реализуются наибольшие скорости нанесения стехиометрической пленки NiO/YSZ.

На рисунке 3 показаны зависимости скорости осаждения NiO/YSZ пленок от мощности разряда Ni магнетрона при постоянной мощности ZrY магнетрона (1250 Вт) и расходах кислорода 15, 19 и 22 мл/мин.

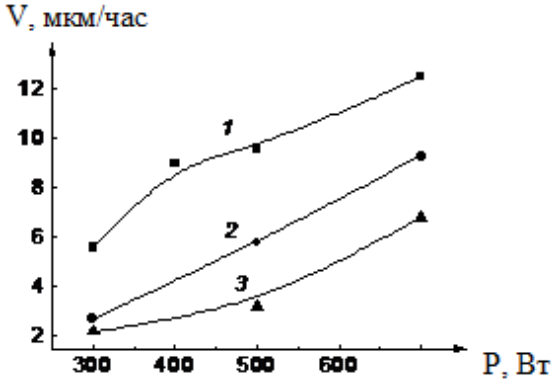


Рис.3. Скорость осаждения пленок NiO/YSZ в зависимости от мощности Ni магнетрона при постоянной мощности ZrY магнетрона (1250 Вт) и различных расходах кислорода: 1 - 15, 2 - 19, 3 - 22 мл/мин

Как следует из графиков, скорость осаждения пленок увеличивается прямо пропорционально мощности Ni магнетрона и обратно пропорционально расходу кислорода.

Морфология поверхности анодного слоя была исследована посредством растрового электронного микроскопа JSM-7500FA (рис. 4)

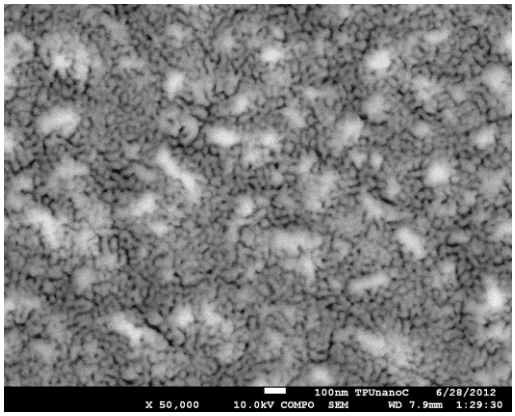


Рис. 4. Поверхность NiO/YSZ пленок после восстановления в водороде

Толщина пленки составляет 6 мкм. Все пленки имеют сплошную пористую структуру, состоящую из гранул ~ 50 нм. Пористость Ni/YSZ пленки связана с уменьшением объема, занимаемого Ni при восстановлении NiO водородом, и составляет 30% - 40%

В данной работе было показано, что совместное реактивное магнетронное распыление Ni и ZrY мишеней является эффективным способом нанесения NiO-YSZ анодов ТОТЭ. Было обнаружено, что оптимальным является режим осаждения с мощностью Ni и YSZ магнетронов 700 Вт и 1250 Вт, соответственно, а также с расходом кислорода 15-22 мл/мин, в котором нанесенные пленки содержат 40-50 об.% Ni. Скорость осаждения при данном режиме максимальна и достигает 12 мкм/ч.

В дальнейшем планируется формирование анодного слоя топливной ячейки на несущей Ni-Al основе, с использованием полученного в данной работе оптимального режима.

Список литературы

1. Abe H., Murata K., Fukui T., Moon W.-J., Kaneko K., Naito M. // Thin Solid Films. – 2006. – V. 496. – P. 49-52.

2. Dotureau D., Vircelle J.P., Pijolt C., Caillol N., Pijolat M. // J. Eur. Ceram. Soc. – 2005. – V. 25(12). – P. 2633-2636.

3. Singhal S.C. // Solid State Ionic. – 2002. – V. 152–153. – P. 405-410.

4. L.R. Pederson, P. Singh, X.-D. Zhou. Application of vacuum deposition methods to solid oxide fuel cells // ELSEVIER, 2006, p. 1066 – 1083.

5. R. Nédélec, S. Uhlenbruck, D. Sebold, V.A.C. Haanappel, H.-P. Buchkremer, D. Stöver. Dense yttria-stabilised zirconia electrolyte layers for SOFC by reactive magnetron sputtering // Journal of Power Sources, 2012, p. 157 – 163.

ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ МОДЕЛЬНЫХ ПОДЛОЖЕК

В.В. Чебодаева
Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н, Р.А. Сурменев
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: vtina5@mail.ru

В настоящее время в медицине широко применяется имплантология для исправления повреждения или дефектов костной основы. При контакте с биологическими средами имплантаты неизбежно подвергаются коррозии и разрушению. Самой важной и актуальной проблемой является проблема отторжения медицинских имплантатов, т. к. при изготовлении и обработке медицинских изделий часто не достигается требуемое взаимодействие искусственных поверхностей с костной тканью. Нанесение биосовместимого покрытия позволяет объединить высокие механические свойства материала основы и биологические качества покрытия, которые придают поверхности имплантата свойства, максимально приближенные к свойствам костной ткани, что улучшает способность имплантата интегрироваться с организмом.

Одним из основных методов, используемым для формирования биосовместимых покрытий, является: метод высокочастотного магнетронного распыления (ВЧ-распыления). Известно, что метод высокочастотного магнетронного распыления (ВЧ-распыления) позволяет получать покрытия с высокой величиной адгезионной прочности при высоких скоростях напыления. При использовании магнетронного распыления на свойства покрытий оказывают влияние: величина отрицательного электрического смещения на подложке, мощность разряда, давление рабочего газа. [1]

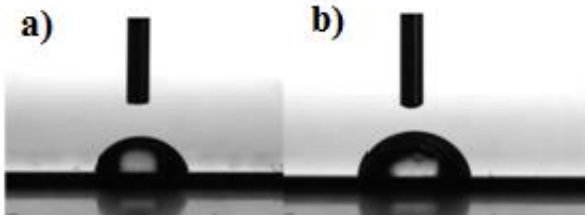
Так как большинство биологических сред является водными растворами или содержат воду, то смачиваемость или степень гидрофильности поверхности полимера имеет большое значение для биосовместимости. Смачиваемость – одно из важнейших свойств костных имплантатов, поскольку клеточная адгезия гораздо лучше на гидрофильных поверхностях.

До настоящего времени не установлено, какие факторы оказывают решающее влияние на смачиваемость. Однако считается, что основными являются шероховатость и химический состав поверхности. В данной работе исследованы несколько видов материалов до нанесения на них покрытия, такие как кремний, титан и сплав ВТ6 (сплав титана Ti_6Al_4V), и после нанесения покрытия, что поможет детально разобраться с изменениями при модификации поверхности.

Целью настоящей работы является изучение смачиваемости поверхности различных подложек и выявление параметров, влияющих на ее величину.

Для измерения угла смачивания (угла контакта) твердых поверхностей жидкостями использовался прибор Easy Drop фирмы Kruess (Германия). В данном исследовании смачиваемость определяется методом лежачей капли

В наших экспериментах измерены величины контактного угла и рассчитаны значения поверхностной энергии образцов с покрытием и без покрытия. А именно, ВТ-6 (сплав титана Ti_6Al_4V), Ti титан травленный (плавиковая кислота, HNO_3, H_2SO_4) и кремний. На фотографиях, сделанных на приборе «Easy Drop», отчетливо наблюдаются различия величины контактного угла смачивания,



можно сделать однозначный вывод о том, что поверхность становится гидрофобной (рис. 1 и 2).

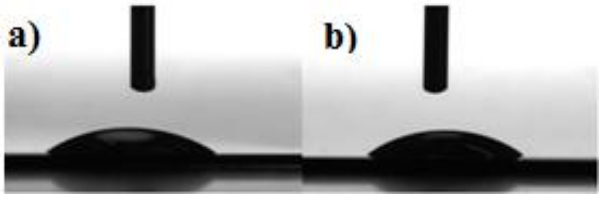
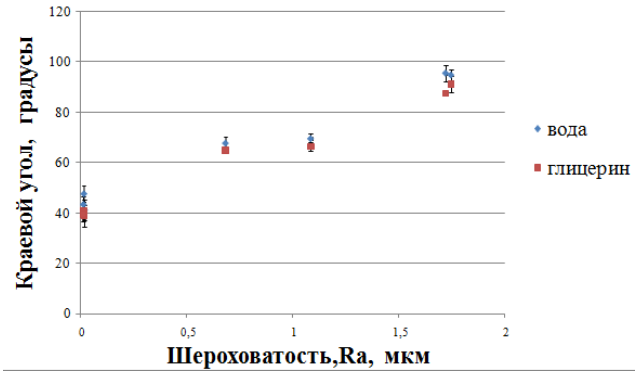


Рис.1 Изображения поверхности кремния без покрытия, полученные прибором «Easy drop»: а) жидкость – вода; б) жидкость – глицерин;

Рис.2 Изображения поверхности кремния с покрытием, полученные прибором «Easy drop»: а) жидкость – вода; б) жидкость – глицерин;

Следующим этапом данного исследования было измерение шероховатости, которое производилось на приборе “Hommel-etamic T1000”[2].

Представленные результаты также могут свидетельствовать об увеличении краевого угла смачивания (разница составляет от 10° до 20°). Покрытие незначительно изменяет шероховатость поверхности подложек, также, можно заключить, что шероховатость не оказывает существенного влияния на величину смачиваемости. Это можно наблюдать на рисунках 3 и 4, диапазон изменения шероховатости 0,01-1,8 мкм как у образцов без покрытия, так и у образцов с нанесенным покрытием.



ис.3 Зависимость шероховатости поверхности от величины контактного угла образцов с покрытием

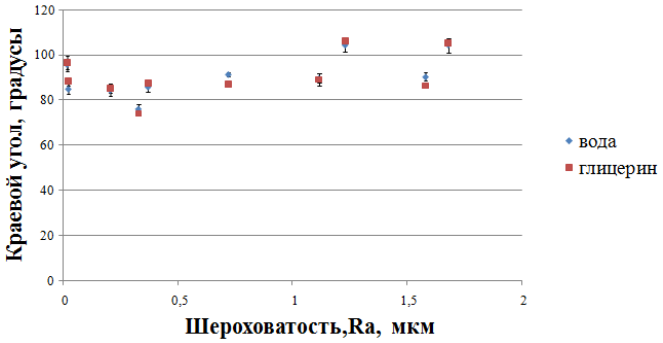


Рис.4 Зависимость шероховатости поверхности от величины контактного угла образцов без покрытия.

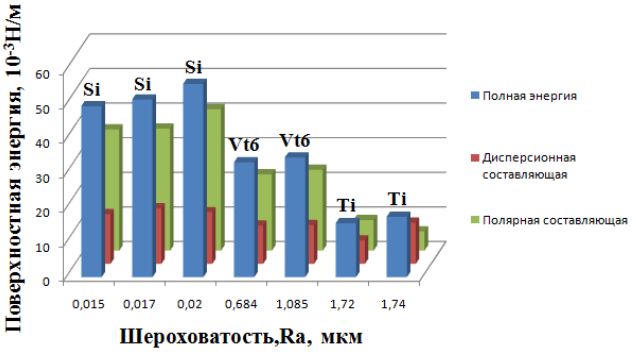


Рис.5 Зависимость шероховатости поверхности от поверхностной энергии образцов без покрытия.

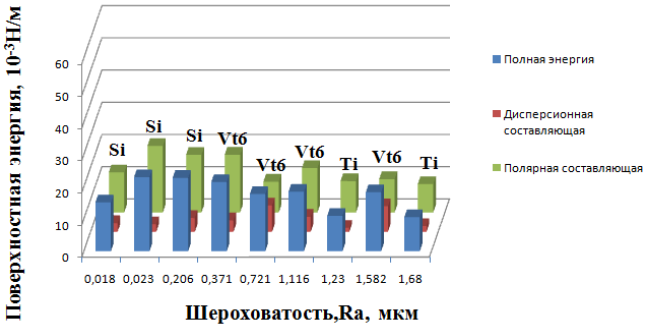


Рис.6 Зависимость шероховатости поверхности от поверхностной энергии образцов с покрытием.

Как видно из графиков, представленных на рисунках 5 и 6, поверхностная энергия образцов без покрытия превосходит величину поверхностной энергии образцов с кальций-фосфатным покрытием. Особенно видны различия величины поверхностной энергии в случае кремниевых подложек (Рис. 5 и 6), в этом величина полной поверхностной энергии образцов без покрытия ($50*10^{-3}$Н/м) в 2 раза превосходит энергию образцов с покрытием ($25*10^{-3}$Н/м). Это объясняется тем, что краевой угол образов с покрытием гораздо больше, порядка на 10°-40° больше, то есть поверхность более гидрофобная, чем у образцов с покрытием. Чем больше площадь соприкосновения жидкости с поверхностью, тем больше величина поверхностной энергии, следовательно, краевой угол смачивания будет меньше.

Как показывают представленные экспериментальные данные, серебросодержащие покрытия, сформированные ВЧ-магнетронным напылением, могут улучшать гидрофобные свойства поверхности исследуемых материалов. Данная закономерность наблюдалась на рисунках 3 и 4, где различие в значениях краевого угла достигало 40° (кремниевая подожка). Также можно отметить незначительное изменение шероховатости, порядка 0,1-0,2 мкм, которое в указанном диапазоне не оказывает существенного влияния на изменение величины краевого угла смачивания кремниевой подложки, также как и в случае титановой подложки и Вт6.

Выражаю благодарность в помощи измерения шероховатости Пушилиной Наталье Сергеевне заведующей лабораторией кафедры Общей Физики

Список использованной литературы:

1. Де Жен П.Ж. Смачивание: статистика и динамика. – М., 1987. – 151 с.
2. Лазеры и обработки материалов – Режим доступа: http://www.jenoptik.com/Internet_EN_HOMMEL-ETAMIC_T1000basic/. – 26.02.2013

XPS ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЖАТОМНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В МНОГОСЛОЙНЫХ НАНОСТРУКТУРАХ $(CO_{45}FE_{45}ZR_{10}/A\text{-}SI)_{40}$ И $(CO_{45}FE_{45}ZR_{10}/SIO_2)_{32}$

Чернышев А.В.
Научный руководитель: Домашевская Э.П., д.ф.-м.н., профессор
Воронежский государственный университет, 394006, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1
E-mail: alex.chernyshev@inbox.ru

В связи с развитием спиновой электроники все больше внимания уделяется наноструктурам, содержащим контактирующие магнитные и немагнитные слои. Гранулы размером в несколько нанометров, внедрённые в немагнитные металлические или диэлектрические матрицы, представляют интерес в силу ряда физических свойств, среди которых гигантское магнетосопротивление (ГМС) и спин-зависимое электронное туннелирование, аномальный эффект Холла, аномально высокие значения эффекта Керра и другие эффекты [1–3]. Совокупность таких свойств делает наногранулированные композиты чрезвычайно привлекательными материалами для применения их в твердотельной электронике. Наногранулированные материалы и физические принципы, определяющие электронно-транспортные свойства композитов, лежат в основе создания элементов бурно развивающегося направления микроэлектроники – спинтроники.

Основной целью данной работы является проведение экспериментальных исследований с помощью метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (XPS – X-ray photoelectron spectroscopy) по выявлению механизмов межатомных взаимодействий и определению химического состояния элементов двух систем многослойных аморфных наноструктур $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10}/a\text{-}Si)_{40}$ (серия «А») и $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10}/SiO_2)_{32}$ (Серия «О»), различающихся составом немагнитных прослоек и числом бислоев (40 и 32 соответственно).

Многослойные наноструктуры (МНС) $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10}/a\text{-}Si)_{40}$ и $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10}/SiO_2)_{32}$ были получены методом ионно-лучевого распыления двух мишеней на вращающуюся ситалловую подложку. Одной мишенью являлась металлическая пластина сплава $Co_{45}Fe_{45}Zr_{10}$ полученного методом индукционной плавки в вакууме. Вторая мишень представляла собой пластину кварца (SiO_2) либо кремния. Для создания градиента толщины полупроводниковой прослойки между мишенью и подложками устанавливался V-образный экран. Напыление проводилось в атмосфере Ar при давлении $5\cdot10^{-4}$ Torr.

Спектры XPS были получены на российско-германском канале синхротрона BESSY II (Берлин). Для регистрации спектров МНС использовалась станция MUSTANG, оснащенная анализатором SPECS PHOIBOS 150, и оборудованная кассетной системой загрузки образцов OMICRON, двумя камерами - подготовительной и экспериментальной. Эффективность использования синхротронного излучения продиктована его высокой интенсивностью. Измерения проводились при энергиях фотонов 800 eV, при потоке фотонов 10^{12} – 10^{13} photon/sec, токе накопителя 200 μA. Аппаратурное уширение составляло порядка 0,1 eV. Глубина анализа используемого метода при составляла порядка 1 nm.

Результаты фотоэлектронных исследований методом XPS показали, что МНС содержат металлы Co, Fe, Zr как в элементарном, так и в окисленном состоянии (Рис. 1). Кроме того оказалось, что прослойки предполагаемого состава SiO_2 и a-Si имеют одинаковый химический состав, близкий к нестехиометрическому оксиду кремния. Для определения влияния метода получения образцов на конечную структуру был применен метод ионного травления в камере подготовки образцов. В результате оказалось, что все окисленные металлы, входящие в состав образцов, изменили свое состояние на элементарное металлическое.

Таким образом, можно считать, что с помощью ионного травления был удален поверхностный слой МНС с преимущественно окисленными металлами, а последующие слои содержат металлы, преимущественно, в элементарном состоянии. Также можно заключить, что толщина прослойки SiO_2/a-Si в образцах обеих серии не влияет на химическое состояние компонент МНС. Анализ данных XPS показал, что в поверхностном слое МНС металлы Co, Fe, Zr находятся в окисленном состоянии CoO, Fe_2O_3 и ZrO_2 соответственно (Таблица 1).

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.B37.21.1272.

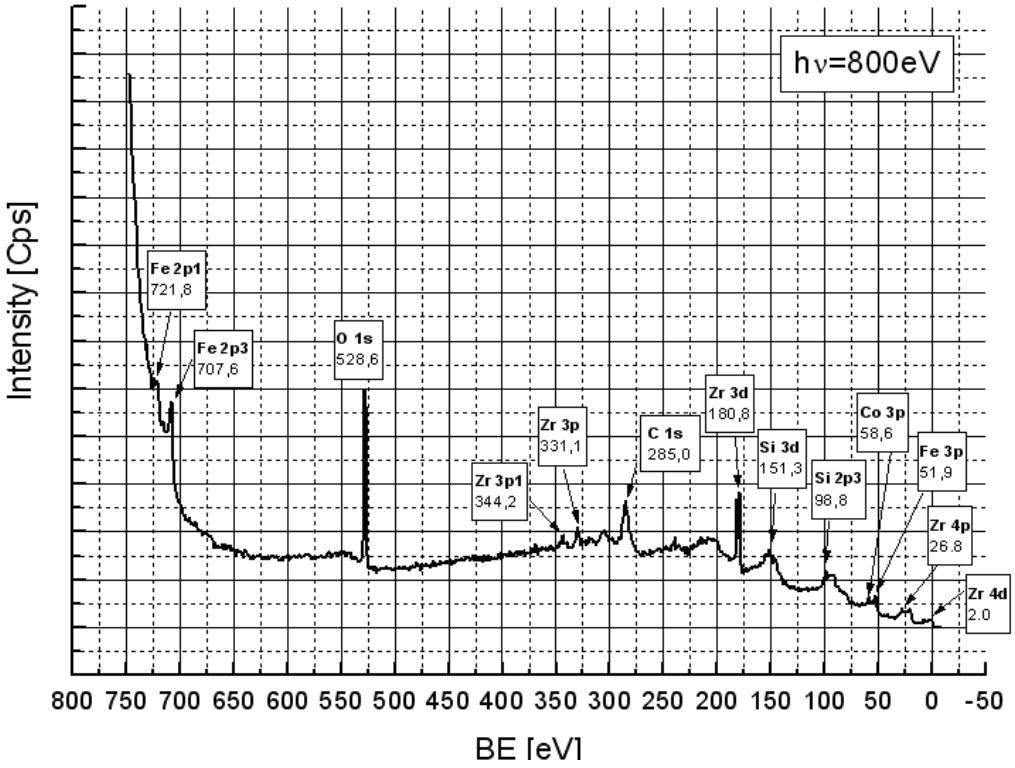


Рис.1. Обзорный XPS спектр для образца $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10}/SiO_2)_{32}$

Таблица 1. Результаты XPS анализа спектров валентных и субвалентных состояний элементов для $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10}/SiO_2)_{32}$ и $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10}/a\text{-}Si)_{40}$

Линия	O1	O2	O3	O4	Вывод	A1	A2	A3	A4	A5	Вывод
	BE, eV					BE, eV					
Co 3p	61.3	60.1	60.2	61.3	CoO: 60.6; 61.8 Co_3O_4: 61.7 [4]: наиболее вероятно CoO	60.6	61.1	60.6	61.1	61.2	CoO: 60.6; 61.8; Co_3O_4: 61.7 [4]
Fe 3p	55.3	55.3	55.0	55.4	FeO: 54.8; 56.0; Fe_2O_3: 55.5; 55.8; 56.0; Fe_3O_4: 56.8; 56.4 [4]: наиболее вероятно Fe_2O_3	55.8	55.9	55.8	55.8	56.2	FeO: 54.8; 56.0; Fe_2O_3: 55.5; 55.8; 56.0; Fe3O4: 56.8; 56.4 [4]
Zr 4p	30.1	30.1	30.3	30.3	ZrO_2: 30.3 [4]	30.4	30.6	30.4	30.6	30.4	ZrO_2: 30.3 [4]
O 2s	24.9	24.9	24.6	24.6	H_2O: 25.8 [4]	25.0	26.1	25.3	25.8	25.2	H_2O: 25.8 [4]

1. Pakhomov A.B. Resistivity and Hall resistivity in percolating (NiFe)–SiO_2 films // Sol. State Commun. 1996, V.99. p.139 – 142.
2. Арозон Б.А. Аномальный эффект Холла в гранулированных пленках Fe/SiO_2 в режиме туннельной // Письма в ЖЭТФ. 1999, № 2. с. 87.
3. Быков И.В. Магниторефрактивный эффект в гранулированных сплавах с туннельным магнитосопротивлением // ФТТ. 2005, № 2. с. 268 – 273.
4. NIST X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS) Database, Version 3.5 http://srdata.nist.gov/xps/

ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ПРИ СИНТЕЗЕ ВОЛЬФРАМАТА ЦИРКОНИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНОМ МЕТОДОМ

Шадрин В.С.[1],Попова Т.А.[1], Дедова Е.С.[2]
Научный руководитель: Кульков С.Н., д.т.н., профессор [1,2,3]
[1]Научный исследовательский Томский государственный университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
[2]Институт Физики прочности и материаловедения СО РАН, 634021, г. Томск, пр. Академический, 2/4
[3]Научный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: vshadrin91@gmail.com

Введение

Вольфрамат циркония, ZrW_2O_8, вызывает большой научный и технический интерес так как обладает отрицательным коэффициентом теплового расширения от −273 до +770°C, который равен $\alpha=-9{,}6\cdot10^{-6}$ C^{-1}. Кубический ZrW_2O_8 термодинамически стабилен в интервале от 1105 до 1257°C и метастабилен выше 775°C с разложением на составляющие оксиды циркония и вольфрама [1]. Чаще всего вольфрамат циркония получают твердофазной реакцией между оксидами циркония и вольфрама при температурах выше 1100°C. Тем не менее, при высоких температурах вольфрам испаряется, что приводит к разложению ZrW_2O_8, что не позволяет получать монофазный кубический вольфрамат циркония. Поэтому перспективными являются методы получения вольфрамата циркония при относительно низких температурах (до 700°C). Один из таких методов - гидротермальный синтез, когда получение ZrW_2O_8 осуществляется посредствам относительно низкотемпературного разложения прекурсора $ZrW_2O_7(OH,Cl)_2\cdot2H_2O$ [2]. *Целью* данной работы является изучение превращений при синтезе ZrW_2O_8 из ди(гидроксохлоро)диаквовольфрамата циркония.

Материал и методика эксперимента

В качестве исходных компонентов для получения прекурсора выступали водные растворы $Na_2WO_4\cdot2H_2O$ (0,5 моль/л), $ZrOCl_2\cdot8H_2O$ (0,25 моль/л) и HCl (8 моль/л). Водные растворы $Na_2WO_4\cdot2H_2O$ и $ZrOCl_2\cdot8H_2O$ тщательно перемешивали, затем добавляли раствор соляной кислоты и снова перемешивали. Полученную суспензию помещали в стальной автоклав с тефлоновым вкладышем и выдерживали при температуре 160 °C в течение 36 часов для осуществления гидротермальной реакции. Полученный продукт декантировали, отфильтровывали и сушили при температуре 110°C.

Рентгенофазовый анализ образцов проводили на дифрактометре Bruker D8. Термический анализ проводили на STA 449 F1 Jupiter в платиновом тигле в кислород-аргоновой смеси (20% O_2). Исследование формы и размеров частиц осуществлялись на растровом электронном микроскопе (РЭМ) Philips SEM 515.

Результаты и обсуждение

На рисунке 1 представлены результаты термического анализа синтезированного прекурсора $ZrW_2O_7(OH,Cl)_2\cdot2H_2O$. Видно, что нагрев порошка сопровождается потерей массы в температурном диапазоне 200–250°C и составляет 9,5 %. Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) показала, что на экспериментальных кривой регистрируются эндотермические пики при 200 и 1140°C и экзотермические пики при 555 и 794°C. Началу пика 200–396°C на ДСК кривой соответствует интенсивная потеря массы, а эндотермический эффект при 1140°C не завершился до конца из-за плавления образца в процессе измерения. На термограмме второй эндотермический пик (794–863°C) больше по сравнению с первым эндотермическим пиком (555–570°C).

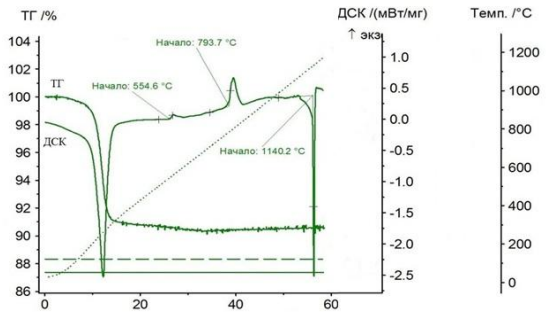


Рис. 1. Рисунок 2 – ТГ-ДСК анализ прекурсора $ZrW_2O_7(OH,Cl)_2\cdot2H_2O$

На рисунке 2 показаны результаты рентгеновских исследований полученного $ZrW_2O_7(OH,Cl)_2\cdot2H_2O$ при различных температурах *in Situ* с шагом 100°C. Видно, что до 200 °C на рентгенограммах присутствуют только пики, соответствующие фазе $ZrW_2O_7(OH,Cl)_2\cdot2H_2O$, но с повышением температуры от 200 до 500°C все вещество переходит в рентгеноаморфное состояние. При дальнейшем увеличении температуры до 600°C происходит формирование кристаллической

структуры, соответствующей кубическому вольфрамату циркония. При 700°C наряду с ZrW_2O_8 появляются дифракционные пики, соответствующие фазе оксида вольфрама (WO_3). При дальнейшем увеличении температуры до 1200°C на дифрактограмме регистрируются пики, соответствующие фазе оксида вольфрама и слабые линии оксида циркония.

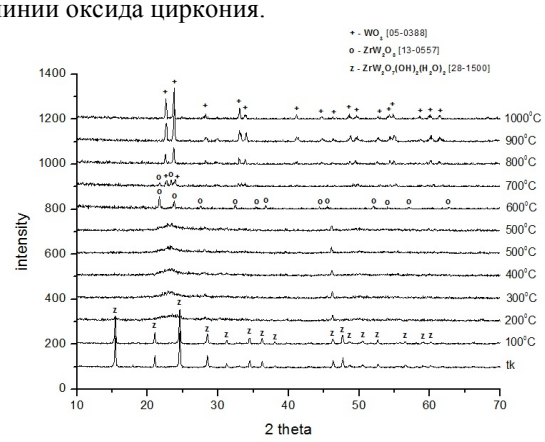


Рис. 2. Высокотемпературные рентгеновские исследования $ZrW_2O_7(OH,Cl)_2 \cdot 2H_2O$

На рисунке 3 показана зависимость интегральных интенсивностей всех рентгеновских линий от температуры. Видно, что с повышением температуры до 400°C интегральных интенсивность уменьшается, что соответствует аморфизации вещества, а дальнейшее увеличение температуры приводит к росту суммы интенсивностей линий и характеризует процесс кристаллизации. Уменьшение интегральной интенсивности при 1000°C может быть связано с температурным фактором. Полученная зависимость аппроксимировалась линейными функциями, причем их точка пересечения соответствует температуре 364°C, при которой на ДСК кривой заканчивается первый эндотермический пик при 200°C.

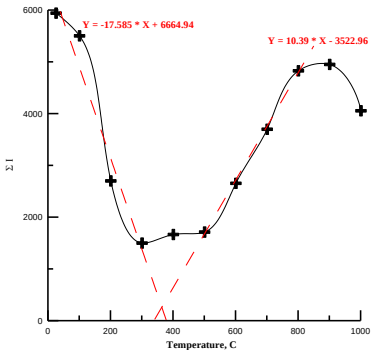


Рис. 3. Зависимость интегральной интенсивности дифракционных пиков от температуры

Мощный эндотермический пик при 200–396°C сопровождается потерей массы, и, следовательно, выходом молекул воды, хлора и гидроксильной группы и перестроением атомов из структуры прекурсора в вольфрамат циркония. Вероятно, это обуславливает переход из кристаллического состояния в рентгеноаморфное в температурном интервале от 200 до 500°C, рисунок 2. Конец эндотермического эффекта соответствует точке аморфизации вещества, равной 364°C. Экзотермический пик при 554°C сопровождается выделением тепла, что может быть связано с формированием кристаллической кубической модификации вольфрамата циркония [3, 4]. Данное предположение подтверждается тем, что при 600°C мы фиксируем рентгеновскими методами кубический ZrW_2O_8. Пик при 794°C, по нашему мнению, связан с процессом разложения вольфрама циркония на оксиды, что согласуется с литературными данными [4]. Наконец, начало эндотермического пика при 1140°C связано с повторным синтезом вольфрамата циркония, который становится термодинамически стабильным выше указанной температуры (1140 °C), что находит подтверждение в литературе [1–4].

Работа выполнена при частичной поддержке грантов: 12-03-90836-мол_рф_нр, 11.519.11.2020, 14.132.21.1711, соглашений № 14.A18.21.0130 и 14.A18.21.2028 и госзадания «Наука».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Evans J. S. O. Negative Thermal Expansion Materials. The Royal Society of Chemistry. pp. 3317 – 3326, 1999.
2. Li J., Hu L. Novel Photocatalyst $ZrW_2O_7(OH)_2(H_2O)_2$ for Photocatalytic H_2 and O_2 Evolution from Water Splitting. Journal of Inorganic Materials. v. 25, pp. 18 – 25, 2010.
3. Xing Q., Xing X., Yu R. et al. Single crystal growth of ZrW_2O_8 by hydrothermal route. Journal of Crystal Growth. v. 283, pp. 208 – 214, 2005.
4. Hashimoto T., Waki T., Morito Y. Synthesis a Large Amount of Pure Negative – Thermal – Expansion Materials, ZrW_2O_8. Proceedings of the Institute of Natural Sciences, Nihon University. v. 36, pp. 121 – 126, 2001.

О ВОЗМОЖНОСТИ СИНТЕЗА ГРАФИТОПОДОБНОГО НИТРИДА УГЛЕРОДА В СИСТЕМЕ С МЕЛАМИНОМ

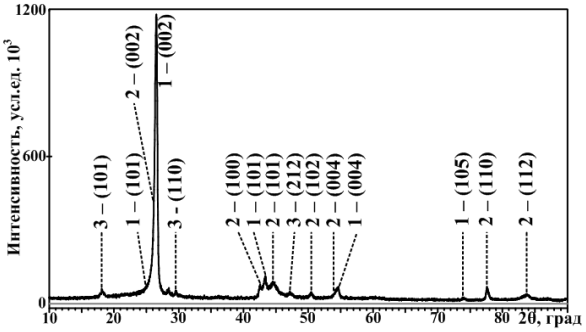
Шаненков И.И., Колганова Ю.Л., Пак А.Я.
Научный руководитель: Сивков А.А., д.т.н., профессора
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина,30
E-mail: Swordi@list.ru

С момента выхода в 1989 году статьи [1], в которой авторами приводится эмпирическая модель для определения модуля всестороннего сжатия твердых тел и упоминается гипотетический материал β-C_3N_4, сравнимый с алмазом по данному показателю, а также, возможно, по твердости, синтез соединений в системе углерод-азот получил широкое распространение. На сегодняшний день имеется множество различных способов синтеза соединений, имеющих стехиометрию C_3N_4, как в форме тонких пленок, так и в форме объемных образцов [2], однако нет однозначных данных о получении сверхтвердых фаз [3]. Кроме того, ввиду развития данной тематики и исследования свойств получаемых соединений, все большее внимание уделяется гексагональному или, так называемому, графитоподобному нитриду углерода h-C_3N_4. Так, согласно литературным данным, этот материал может быть использован в качестве основного катализатора при фотокатализе водорода [4], использоваться в биомедицине в качестве покрытия имплантатов [5], обеспечивать фотоэлектрохимическую защиту нержавеющей стали [6], использоваться в качестве прекурсора для синтеза сверхтвердых фаз системы C-N [7]. Таким образом, получение графитоподобного нитрида углерода становится актуальной задачей.

Одним из возможных путей синтеза данного соединения является прямой динамический синтез в гиперскоростной струе углеродной электроразрядной плазмы, генерируемой коаксиальным магнитоплазменным ускорителем (КМПУ), спроектированным и разработанным в Национальном исследовательском Томском политехническом университете [8]. Питание КМПУ осуществляется от емкостного накопителя энергии с максимальными значениями зарядного напряжения и зарядной емкости 5,0 кВ и 28,8 мФ, соответственно. В работе [9] для синтеза сверхтвердых фаз нитрида углерода в данной системе в качестве прекурсора использовалась сажа. Основываясь на литературных данных, где в качестве исходного реагента в большинстве случаев используется меламин, принято решение о необходимости использования в качестве прекурсора, закладываемого в канал формирования плазменной структуры КМПУ, смеси меламина и ультрадисперсной сажи в соотношении $C_3N_6H_6$/C = 88/12 массовых процентов. Данное соотношение выбрано с учетом необходимости получения стехиометрии конечного продукта – C_3N_4. Кроме того, плазменный выстрел производился в герметичную камеру, заполненную азотной атмосферой с целью повысить содержание азота в конечном продукте. Таким образом, используя в качестве прекурсора смесь меламина и сажи, а также при значениях зарядного напряжения и зарядной емкости 2,5 кВ и 6,0 мФ, соответственно, был проведен эксперимент.

В результате прямого динамического синтеза был получен черный порошок массой 0,26 г, который без предварительной подготовки был исследован методами рентгенофазового анализа (XRD) на дифрактометре Shimadzu XRD6000 и просвечивающей микроскопии на электронном просвечивающем микроскопе Philips CM12.

Полнопрофильный анализ полученной рентгеновской дифрактограммы (рис.1) был проведен с использованием программного комплекса PowderCell 2.4 и базы структурных данных PDF4+. Лучшие показатели сходимости получены при суперпозиции структурных моделей следующих кристаллических фаз: графита gC (SG P 6_3 m c {186}), гексагонального нитрида углерода h-C_3N_4 (SG P-6m2 {187}) и карбида кремния SiC (SG P 6_3 m c {186})



1 – h-C_3N_4; 2 – gC; 3 – SiC

Рис. 1. Рентгеновская дифрактограмма продукта плазмодинамического синтеза системы C-N

Основные результаты структурно-фазового анализа отражены в таблице 1. Из таблицы видно, что содержание искомой фазы h-C_3N_4 незначительно превышает содержание ультрадисперсного графита gC и составляет приблизительно 52 % при среднем размере областей когерентного рассеяния (ОКР) 54,0 нм, который для нанодисперсных систем соответствует среднему размеру частиц. Относительно небольшой уровень внутренних микронапряжений Δd/d и хорошее совпадение экспериментального и теоретического значений периода решетки ***a*** свидетельствует о низкой степени дефектности кристаллической структуры получаемого нитрида углерода. Образование же очень малого количества

SiC обусловлено эрозией стеклопластикового изолятора центрального электрода КМПУ.

Таблица 1. Результаты полнопрофильного анализа продукта синтеза в системе C-N

Крист. фаза	Содержание, %	ОКР, нм	$\Delta d/d \cdot 10^{-3}$	Параметр решетки эксперимент/теория (PDF4+)	
				a	c
gC	47,3	26	3,53	2,4588/ 2,4700	6,7716/ 6,7900
h-C_3N_4	52,3	54	2,24	4,8181/ 4,7420	6,7099/ 6,7205
SiC	0,4	34	1,73	6,0405/ 6,0810	15,1795/ 15,1170

Результаты рентгеновского структурно-фазового анализа подтверждаются данными, полученными с помощью метода просвечивающей электронной микроскопии. На рисунке 2 приведены светлопольный снимок скопления частиц в продукте (а) и соответствующая ей картина электронной микродифракции выделенной области (SAED) (б). На SAED присутствуют рефлексы, соответствующие фазам h-C_3N_4 и gC. Смещением апертурной диафрагмы в область рефлекса плоскости 002 h-C_3N_4 получено темнопольное изображение скопления со светящимися отражающими плоскостями, соответствующими данному рефлексу (в).

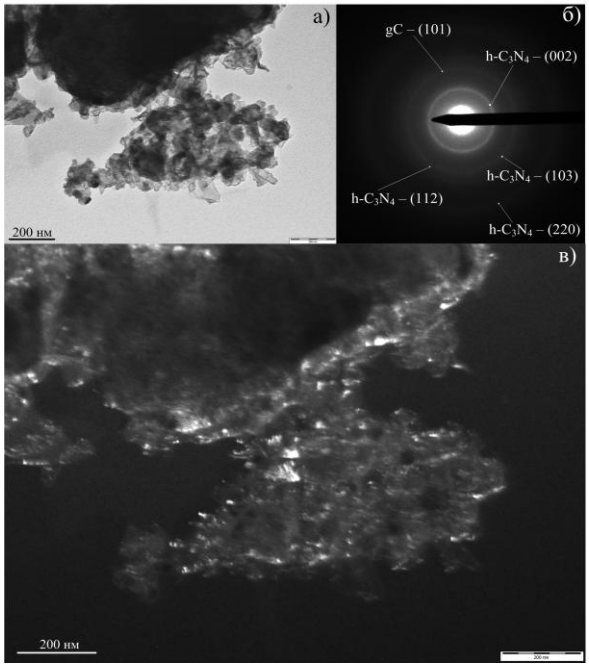


Рис. 2. ТЕМ-снимки (а, в) и соответствующая картина электронной дифракции (б) скопления частиц продукта

Представленные результаты показывают возможность синтеза графитоподобного нитрида углерода в системе на основе коаксиального магнитоплазменного ускорителя при использовании в качестве прекурсора меламина. Полученные данные также позволяют судить о том, что конечный продукт содержит достаточно большое количество несвязанного углерода в форме ультрадисперсного графита. Для увеличения выхода искомой фазы графитоподобного нитрида углерода необходимо, по всей видимости, необходимо подобрать оптимальное соотношение загружаемого меламина и углерода, которого в конечном продукте оказывается в избытке за счет эрозии со стенок ускорительного канала. Кроме того, одним из возможных путей повышения содержания h-C_3N_4 может являться увеличение энергетики процесса прямого динамического синтеза. Таким образом, целью дальнейших исследований в данной области будет оптимизация работы системы на основе коаксиального магнитоплазменного ускорителя для увеличения содержания в конечном продукте искомой фазы графитоподобного нитрида углерода.

Список литературы:

1. A.Y. Liu, M.L. Cohen. Structural properties and electronic structure of low-compressibility materials: β-Si3N4 and hypothetical β-C3N4 // Physical review B. – 1990. – Vol. 41(15). – P. 10727-10734.

2. G. Goglio, D. Foy, G. Demazeau. State of Art and recent trends in bulk carbon nitrides synthesis // Material Science and Engineering. – 2008. – Vol. 58. - P. 195-227.

3. X. Jiang, C. Zhuang, J. Zhao, X. Jiang. Structural and mechanical properties of low-density amorphous carbon nitrides by molecular dynamics simulations // Diamond and Related materials. – 2012. – Vol. 23. – P. 44-49.

4. J. Zhang, F. Guo, X. Wang. An optimized and general synthetic strategy for fabrication of polymeric carbon nitride nanoarchitectures // Advanced functional materials. – 2013. - DOI: 10.1002/adfm.201203287.

5. F.Z. Cui, D.J. Li. A review of investigations on biocompatibility of diamond-like carbon and carbon nitride films // Surface and coating technology. – 2000. – Vol. 131. – P. 481-487.

6. Y. Bu, Z. Chen, J. Yu, W. Li. A novel application of g-C3N4 thin film in photoelectrochemical anticorrosion // Electrochimica acta. – 2013. – Vol. 88. – P. 294-300.

7. J. Liu, T. Sekine, T. Kobayashi. A new carbon nitride synthesized by shock compression of organic precursors // Solid state commun. – 2006. – Vol. 137. – P. 21-25.

8. Пат. 24341947 РФ. 7F41B 6/00. Коаксиальный магнитоплазменный ускоритель / А.А. Сивков, А.Я. Пак. Приор. 30.04.2010. Опубликовано 20.10.2011.

9. A. Pak, A. Sivkov, E. Naiden. Dynamic synthesis of ultradispersed crystalline phases of the C-N system // Journal of superhard materials. – 2009. – Vol. 5. – P. 300-305.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ И УПРОЧНЕНИЕ ТАНТАЛА В ПРОЦЕССЕ КОМБИНИРОВАННОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Швец И.А.[1], Денисов К.И.[1,2]
Научный руководитель: Дитенберг И.А.[1,2], к.ф.-м.н.
[1]Томский государственный университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36
[2]Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634021, Россия, г. Томск, пр. Академический 2/4
E-mail: Shvets_ia@mail.ru

В соответствии с [1], уменьшение размеров зерен и субзерен при больших пластических деформациях в условиях подавленной дислокационной и диффузионной активности является следствием увеличения градиентов локальных напряжений и уменьшения характерных размеров микрообъемов градиентных дислокационно-дисклинационных субструктур, что во многом определяется твердостью материала и гомологической температурой деформации.

Для достижения больших пластических деформаций в металлах и сплавах в настоящий момент используются методы: кручение на наковальнях Бриджмена, многократное всестороннее прессование, равноканальное угловое прессование, прокатка – в процессе которых формируются наноструктурные состояния, характеризуемые высокой плотностью дефектов кристаллического строения.

Наряду с представленными выше методами, механическая активация (МА) позволяет получать подобные структурные состояния в порошках металлов. Как ранее было показано в [2], в порошке тантала после МА формируются высокодефектные наноструктурные состояния (рис. 1), характеризуемые наличием субструктур двухуровнего типа – нанозерен размерами менее 100 нм, содержащие субзерна размерами 5–20 нм с малоугловыми границами разориентации. Установлено, что в нанозернах и субзернах размерами не более 20 нм упругая кривизна кристаллической решетки достигает значений $\chi_{ij} \approx$ 400 град/мкм.

В настоящей работе было проведено исследование особенностей формирования микроструктуры и определение значений микротвердости порошка чистого тантала после комбинированной механической обработки, включающей МА и последующую консолидацию методом кручения под давлением.

В работе использован порошок тантала (99.99 %) после 1 и 5 минут МА в энергонапряженной (40 g) планетарной шаровой мельнице АГО-2. Подготовленные таким образом прекурсоры подвергались кручению на 0.5, 1 и 3 оборота на наковальнях Бриджмена под давлением 4 ГПа при комнатной температуре.

Исследование структуры образцов после кручения под давлением было проведено с применением методов просвечивающей электронной микроскопии в сечениях, перпендикулярных плоскости наковален. Микротвердость (H_μ) определяли по отпечаткам алмазной пирамидки Виккерса на приборе «Neophot 21» при нагрузке 0.05 кг и выдержке 15 секунд в сечениях, перпендикулярных и параллельных плоскости наковален, на разных расстояниях от оси кручения.

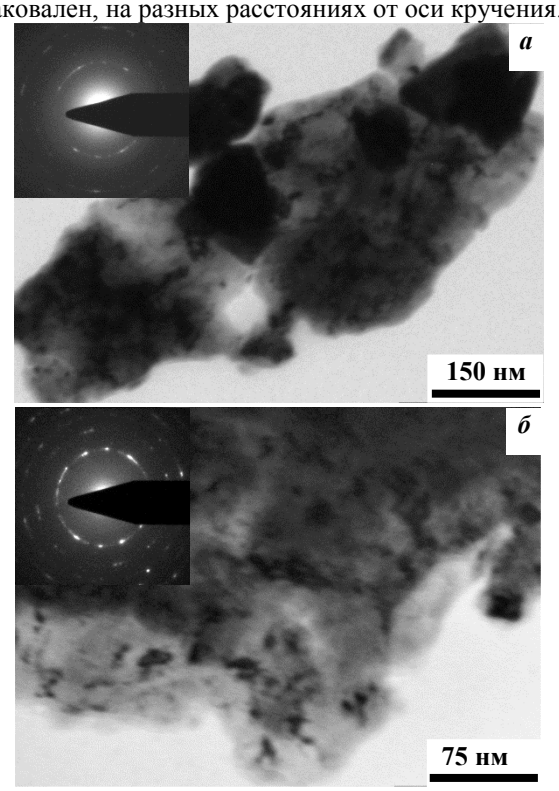


Рис. 1. Светлопольные изображения микроструктуры порошка Ta после 1 (а) и 5 (б) минут МА. Просвечивающая электронная микроскопия. [1]

Установлено, что как после 1, так и 3 оборотов в указанных выше сечениях наблюдается формирование высокодефектных состояний, характеризуемых высокой неоднородностью. При этом можно выделить два типа субструктуры. К первому типу относятся области, заполненные нанополосами шириной 10–15 нм, а также отдельными полосами большего (до 35 нм) и меньшего (около 5 нм) размеров (рис. 2). Эти полосы распространяются в направлениях, параллельных плоскости наковален, которые, как известно [3], при кручении на наковальнях Бриджмена являются направлениями максимальных сдвиговых напряжений. Встречаются участки с незначительным отклонением распространения некоторых полос. Ранее [3], подобная полосовая структура была обнаружена в широком классе металлов и сплавов после деформации кручением под давлением, и было

показано, что анизотропия зеренной структуры является следствием анизотропии полей смещений и поворотов. В соответствии с [3], определяющую роль в формировании таких состояний играет механизм образования полос некристаллографических сдвигов.

Ко второму типу относятся области с высокой плотностью искаженных контуров экстинкции без ярко выраженных элементов зеренной и субзеренной структуры.

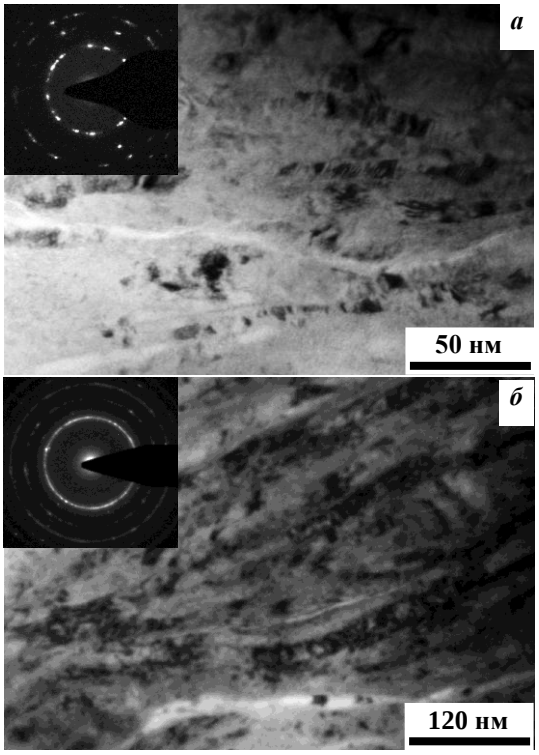


Рис. 2. Светлопольные изображения Ta после 5 минут МА и 1 (а) и 3 (б) оборотов кручения под давлением. Просвечивающая электронная микроскопия.

Ранее в работе [1] после МА был обнаружен существенный рост параметров микротвердости от 1,7 ГПа до 5–7 ГПа после 1 минуты и до 8–11 ГПа после 5 минут обработки.

В настоящей работе после консолидации прекурсоров (1 и 5 минут МА) при давлении 4 ГПа и комнатной температуре значения микротвердости уменьшились соответственно до 3–5 и 6–8 ГПа, что может быть связано с остаточной пористостью материала.

После комбинированной обработки значения микротвердости сопоставимы с параметрами микротвердости порошков после МА (табл. 1 и 2). При измерении микротвердости в плоскости, параллельной плоскости наковален, уже после 5 минут МА и 1 оборота наблюдается достижение предельных значений (табл. 1). Дальнейшее увеличение степени деформации приводит к их незначительному уменьшению. Для исключения поверхностных эффектов и выявления влияния величины пластической деформации исследование микротвердости было проведено в сечении, перпендикулярном плоскости наковален (табл. 2).

Таблица 1. Значения микротвердости Ta в сечении, параллельном плоскости наковален

МА, мин.	N	$H_ц$, ГПа	
		R=0,5 мм	R=3,5 мм
1	0,5	7,8	8,3
5	1	9,8	9,8
	3	9,3	8,9

Таблица 2. Значения микротвердости Ta в сечении, перпендикулярном плоскости наковален

МА, мин.	N	$H_ц$, ГПа	
		R=0,5 мм	R=3,5 мм
5	1	8,9	9,3
	3	9,3	10,9

Существенным отличием параметров микротвердости в перпендикулярном сечении является их чувствительность к величине пластической деформации.

Таким образом, в условиях подавленной дислокационной и диффузионной активности как после МА, так и после комбинированной обработки достигаются предельные значения параметров микротвердости. На основе предварительных данных аттестации микроструктуры сделано предположение о том, что формирование наноструктурных состояний обеспечивает высокий уровень прочности. Для изучения взаимосвязи параметров структуры и прочности предполагается детальное электронно-микроскопическое исследование особенностей микроструктуры и выявление механизмов ее формирования и эволюции.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ 12-02-31163-мол_а и междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 72. Исследования проведены с использованием оборудования ТМЦКП ТГУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Корзников А.В., Тюменцев А.Н., Дитенберг И.А. О предельных минимальных размерах зерен, формирующихся в металлических материалах, полученных при деформации кручением под давлением // ФММ. – 2008. – Т. 106. – № 4. – С. 433-438.

2.Дитенберг И. А., Денисов К. И., Пинжин Ю. и др. Влияние продолжительности механической активации на параметры микроструктуры и уровень микротвердости порошка тантала // Физическая мезомеханика. – 2013. – (в печати).

3.Дитенберг И.А., Тюменцев А.Н., Гриняев К.В. и др. Эволюция дефектной субструктуры при больших пластических деформациях сплава V−4Ti−4Cr // ЖТФ. – 2011. – Т. 81. – Вып. 6. – С. 68-74.

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НОВОГО НАНОСТРУКТУРНОГО ОБЪЕКТА-ИМПАКТНЫХ АЛМАЗОВ ИЗ ПОПИГАЙСКОЙ АСТРОБЛЕМЫ

А.А. Исакова
Научный руководитель д. ф-м н А.П. Елисеев
Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН

Кубические алмазы характеризуются многими уникальными свойствами: наиболее высокими среди твердых тел твердостью, химической, радиационной стойкостью, теплопроводностью, подвижностями носителей заряда и др. Импактные алмазы (ИА) образуются при еще более высоких P-T параметрах при ударе метеорита о Землю. Рентгеноструктурный анализ показывает, что ИА являются многофазной структурой из аморфного и кристаллического графита, кубического и гексагонального алмаза – лонсдейлита и др углеродных, в т.ч. sp^3-фаз, причем размеры зерен составляют десятки нанометров. Известно, что износостойкость ИА в несколько раз превышает параметры кубических (кимберлитовых) алмазов и основные применения ИА связываются именно с этим.

Представляет интерес детальная характеризация ИА на примере образцов из Попигайской астроблемы (Таймыр) методами оптической спектроскии, поиск новых областей применения. Типичный образец ИА размером ~ 1.5 мм, толщиной 120μm показан ниже, на Рис.1.

.

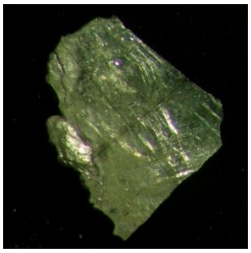


Рис.1. ИА из Попигайской астроблемы.

На Рис. 2 сравниваются спектры ИК поглощения 4 образцов ИА (a) и трех кимберлитовых алмазов разных типов по физической классификации (b). В обоих случаях имеется собственное поглощение алмазной решетки в диапазоне 1700-2500 см-1. Спектр поглощения импактных алмазов в однофононной области (500-1332 см-1) существенно отличается от известного для кубического алмаза тем, что нет хорошо знакомых спектров азотных центров: C, A, B1, представляющих собой одиночный замещающий атом азота и пару таких атомов, комплекс из четырех атомов азота вокруг углеродной вакансии N4V [1]. Характерные спектры для этих центров приведены в секции (b) на Рис. 4.1.3. Как правило, наблюдается новая группа полос с основными около 1080, 1230 см-1, которую можно предположительно отнести к лонсдейлиту. Альтернативным объяснением может быть отнесением этих колебаний к собственным структурным дефектам или смешанным, с участием примесей, которые появляются при наличии структуры лонсдейлита или наноразмерном, поликристаллическом состоянии кубического алмаза.

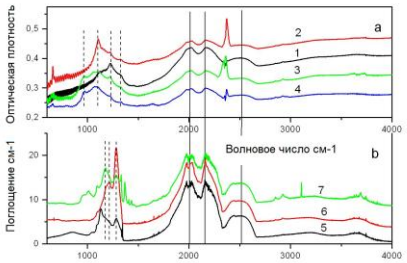


Рис. 2. Спектры ИК поглощения ИА (a) и кимберлитовых алмазов различного типа (b). наблюдаются совершенно новые системы (возможно относящиеся к лонсдейлиту).

В УФ- видимой области спектра пропускание ИА начинается от 250 нм, смещение края поглощения по отношению к кубическому алмазу вызвано присутствием гесагонального алмаза. Теоретические оценки действительно предсказывают меньшую ширину запрещенной зоны для лонсдейлита как следствие того, что одна из четырех C-C связей оказывается длиннее [2]. Видно, что пропускание медленно нарастает с увеличением длины волны, что обусловлено Рэлеевским рассеянием света на границах зерен, включениях и других протяженных дефектах . Похожий характер имеет спектр пропускания синтетической поликристаллической CVD пленки кубического алмаза (кривая (5) на Рис. 3), где сильное Рэлеевское рассеяние происходит на границах отдельных зерен, образующих пленку.

Для прозрачных ИА характерна сильная фотолюминесценция (ФЛ) в диапазоне 550-700 нм, в диапазоне 600-700 нм может наблюдаться тонкая структура, хотя линии значительно уширены даже при 5 К.

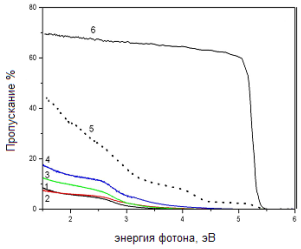


Рис.3. Спектры пропускания ИА(1-4) в сравнении с CVD пленкой (5) и кубическим алмазом типа IIa (6).

Весьма информативной оказалась спектроскопия комбинационного рассеяния света (КРС). В Спектры КР непрозрачных импактных алмазов, (серого - черного цвета) характеризуются двумя основными пиками 1355 и 1585 $см^{-1}$ (Рис 4 b). Пик при 1568,5

см-1 соответствует E_{2g} оптической моде (G - мода) в хорошо упорядоченном бездефектным графите, который смещается до 1585 см-1 в образцах с разупорядоченным графитом [3].

Линии вблизи 1370 $см^{-1}$ было впервые упомянута у Tuinstra Koenig [4], названа D модой - разупорядоченный графит. Еще две линии были обнаружены на 2718 $см^{-1}$ и 3254 $см^{-1}$: их можно отнести ко второму порядку D и G моды. Интенсивность лини D по сравнению с G оказалась зависящей от размера микрокристаллов графита в образце [5].

.

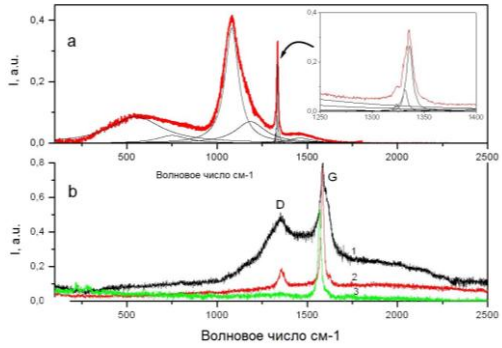


Рис.4. Спектры КРС для прозрачных ИА (a) и темных ИА (b).Во вставке (a) - разложение узкой линии около 1332 $см^{-1}$.

Спектры комбинационного рассеяния прозрачных образцов (Рис 4 a) представлены основными пиками. - 1323,5 $см^{-1}$ относиться к лонсдейлиту, 1331,6, 1336 см-1 - кубический алмаз, 1460 – аморфный графит [5]. Интенсивный пик 1082 см-1 регистрируется только при возбуждении 514,5 нм, при 325 нм он отсутствует, что позволяет рассматривать его как бесфононную линию 554,8нм в спектре фотолюминесценции при возбуждении Ar+ лазером.

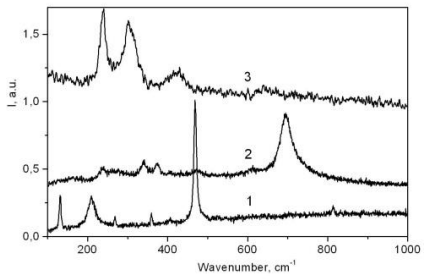


Рис.5. Спектры комбинационного рассеяния в области низких энергий, связанных с различными минеральными фазами: кварц SiO2 (1), магнетит Fe3O4 (2) и гематита α-Fe2O3 (3).

В спектрах светлых образцов наблюдались пики в области низких энергий (рис. 5): они связаны с неуглеродными фазами, идентифицированными как кварц SiO2 (1), магнетит Fe_3O_4 (2) и гематита α-Fe2O3 (3). Эти спектры были определены с помощью банка данных [6]. Обращает на себя внимание, что характерные пики в спектрах КРС несколько смещены в сторону больших энергий: это результат остаточных напряжений в минералах. Таким образом, спектры кварца, магнетита и гематита сдвинуты 5, 25 и 17 $см^{-1}$, соответственно. Согласно работе J.F. Asell, M.Nicol [7], получаем приблизительное остаточное напряжение кварца ~ 0,6 ГПа. Для магнетита и гематита [8,9] расчетное остаточное давление оценено в 10 и 20 ГПа соответственно.

Обращает на себя внимание существенная разница в величинах остаточного давления для этих трех минералов, для магнетита и гематита значения выше, чем в кварце (10-20 ГПа и 0.6 ГПа, соответственно). Мы предполагаем, что на самом деле в ударном процессе образуются высокобарические фазы SiO_2- стишовит или коэсит (согласно Рис.5), которые далее с понижением P и T испытывают переход в низкобарическую фазу - кварц. Действительно, стишовит или коэсит часто встречаются в метеоритных кратерах, и они превращаются в кварц с понижением давления

Список литературы

1) A.M. Zaitsev, (2001) Optical Properties of Diamonds. A Data Handbook. Springer-Verlag, Berlin, 502 p.

2)) S.Q.Wang, HQ Ye, First preinsiple study on the lonsdaleite phasesof C, Si and Ge, I.{hys.:Condens.Matter 15(2003) L197-L202.

3) S.Bhargava, H. D. Bist, S. Sahli, M.Aslam, & H. B. Tripathi, 1995 Diamond polytypes in the chemical vapour deposited films, Appl. Phys. Lett. 67 (1995) 1706.

4) F.Tuinstra, J.L.Koening, J.Chem.Phys., 53 (1970) 126

5) D. C. Smith, G. Godard, Spectrochimica Acta Part A 73 (2009) 428-435.

6)Data bank: http://www.dst.unisi.it/geofluids/raman/spectrum_frame.htm.

7) J.F. Asell, M.Nicol, Raman spectrum of α-quartz at high pressures, J.Chem.Phys.,49 (1968) 5395, http://dx.doi.org/10.1063/1.1670064 .

8) S.-H.Shim, T.S.Duffy, Raman spectroscopy of Fe2O3 to 62 GPa, American Mineralogist, 87 (2001) 318-326

9) O.Shebanova, The High-Pressure Study on the Fe-O System: Thermodynamics and Phase Transitions of Iron Ferrite (FeFe2O4), PhD Thesis, Uppsala, 2003

КРУГЛЫЙ СТОЛ

ФИЛОСОФИЯ ТЕХНИКИ

ROUND TABLE

TECHNICS PHILOSOPHY

ИЗОМОРФИЗМ ТРАДИЦИОННОГО ТКАЧЕСТВА И КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Калашникова Т. В.
Научный руководитель: Степанов А.А., д. филос. н., профессор
Томский государственный педагогический университет

При знакомстве с темой данной научной статьи может показаться несколько неожиданным заявление об изоморфизме двух столь различных на первый взгляд процессов - компьютерного программирования и традиционного ткачества. Тем не менее, данное заявление подтверждается наличием между двумя этими явлениями общих элементов и функций, свойств и отношений [1, с. 91].

Проблема исследования заключалась не просто в установлении изоморфизма двух объектов, а скорее в обнаружении причин их подобия. Так в результате изучения истории возникновения ткачества и компьютерного программирования, их главных принципов, был сделан вывод, что в основе лежит архетипическое начало - миф об устройстве Вселенной, выраженный концепциями о дуализме природы (борьба противоположностей) и принципом упорядоченной иерархической организации бытия (Космос) [2, с. 139; 3, с. 154].

Ткачество – это процесс изготовления текстильных изделий путем механического переплетения волокон. Основные принципы ткачества возникли в эпоху палеолита (25-30 тыс. лет до н.э.) – техника плетения, чередование четных и нечетных волокон. В эпоху неолита появился первый вертикальный ткацкий станок с системой переплетения вертикальных (основа) и поперечных (уточных) нитей [4, с. 5]. Данное появление связано с новым типом мышления – результатом неолитической революции – пониманием мира как иерархически упорядоченной системы, состоящей из вертикали, т.н. оси Вселенной, вечной и неменяющейся, а также горизонтали, несущей информацию об обыденной изменяющейся реальности, переносимой по аналогии не только на предметы, но и на процессы [3, с. 152].

В бронзовом веке в ткацкие станки были введены накопители основы и ткани (навой и товарный валик). Долгое время техника традиционного ткачества не менялась. Только во второй половине 18 века был изобретен первый механический ткацкий станок. А в 19 веке уже осуществлялось ткачество на станке нового образца с использованием перфокарт [4, с. 5].

Именно с использованием перфорированных лент, впервые примененных в 1805 г. французским конструктором Жозеф-Мари Жаккаром, создавшим ткацкий станок нового поколения, был сделан шаг к идее программного управления вычислительной техникой с помощью перфокарт. Спустя некоторое время принцип работы с перфокартами лег в основу программирования первых ЭВМ. Начатое продолжил Чарльз Бэббидж – изобретатель Аналитической машины - механического устройства, где в основе лежал принцип регистрации фиксированных положений системы шестерней и зубьев. Особо стоит отметить тот факт, что значимую роль в разработке проекта Аналитической машины сыграла Огаста Ада Лавлейс (1815-1852), дочь лорда Байрона. Именно ей принадлежала идея использования перфорированных карт для программирования вычислительных операций (1843). В одном из писем она писала: «Аналитическая машина точно так же плетет алгебраические узоры, как ткацкий станок воспроизводит цветы и листья». Леди Аду считают по праву одним из первых программистов и именно ее именем назван один из самых популярных языков программирования [5, с. 41].

Итак, компьютерное программирование – это процесс подготовки задач для решения их на ЭВМ, где программа – упорядоченные последовательности команд [6, с 12].

Образ программы изначально имеет вид исполняемого модуля, то есть отдельного файла или группы файлов, где образ (символ) находится в оперативной памяти. Исполняемая программа строится программным загрузчиком. В узком смысле «программирование» есть непосредственное создание программного кода, процесс разработки программного обеспечения. Данные свойства ярко отражены в принципах заправки (программирования) ткацкого станка. В ткачестве заправка основы является не чем иным, как кодированием определенного алгоритма переплетения нитей, простого при изготовлении полотна, и сложного при изготовлении орнамента. Заправка осуществляется в ремизной системе, где в определенном порядке закладываются четные и нечетные нити основы. Они впоследствии будут соединяться по принципу пропуска и прохождения (по горизонтали и по вертикали под прямым углом), аналогично прохождению или отсутствию заряда в ЭВМ.

При работе с компьютером официально была принята двоичная система Лейбница, которая сложилась в результате его философских размышлений и исследований, посвященных проблемам противоположностей. Попытка представить мироздание в виде непрерывного

взаимодействия двух начал (белого и черного, женского и мужского) и методы «чистой математики» направили исследователя к изучению свойств двоичного представления данных с помощью нулей и единиц [5, с. 42].

М. Элиаде в книге «Священное и мирское» описывает пространство в ключе традиционного мировоззрения как пространство значимое, имеющее структуру и содержание, в отличие от остального обыденного мира – бесформенной протяженности и хаоса. Для человека в прошлом ткацкий станок являлся ничем иным, как символическим Центром, Макрокосмом, осью Вселенной - точкой отсчета, местом, где творится реальность.

Программирование и ткачество с этой позиции можно рассматривать как изоморфные процессы воспроизведения и работы с информацией, учитывая мифологические корни акта творения. В сфере семиотики условно выявлены два направления передачи информации: по вертикали и по горизонтали. Вертикальное направление (парадигма) представлено символической иерархией, с ее помощью интерпретируются идеи о вечных ценностях, законах, миропорядке. Горизонтальное направление (синтагма) подразумевает знаковую, коммуникативную передачу информации, с ее помощью мы узнаем специфику и особенности происходящих событий, их динамику и развитие [8, с. 342].

Стоит отметить, что компьютер и ткацкий станок являются техническими системами, т.е. системами, созданными социальной средой из природного субстрата (природной системы), входящими в социальные системы. Также оба устройства обладают ярко выраженной общей для всей техники компенсаторной функцией, связанной с «несовершенностью» человека, его физической и мыслительной ограниченностью [9, с. 155]. Подобие строения ткацкого станка и компьютера как технических устройств можно использовать как методологическое доказательство изоморфности процесса ткачества и программирования [1, с. 90].

Мы подробнее остановимся на двух общих принципах строения ткацкого станка и компьютера. Первый принцип магистрально-модульный, его суть состоит в том, что все части обоих устройств изготовлены в виде отдельных блоков, информация (в случае с компьютером) или механическая энергия (в случае со станком) передается по комплекту соединений, объединенных в магистраль.

Второй принцип – это принцип открытой архитектуры, то есть возможность сборки из независимо изготовленных частей [6, с 4].

Хочется отметить сходство функций и конструкции отдельных деталей исследуемых устройств, например, перфокарты и ремизной системы, устройства с оперативной памятью и валиками - накопителями основы и ткани в ткацком станке и т. д.

Таким образом, изоморфизм компьютерного программирования и ткачества есть проявление единого, заложенного в подсознании архетипического восприятия устройства Вселенной.

Память о прошлом может сохраниться только благодаря настоящему. Не что иное, а именно история культуры составляет духовный каркас цивилизации, содержит знание о достижениях и открытиях в науке, технике, искусстве, об особенностях традиционной и повседневной культуры; выявляет ментальные образы и архетипы. Человеку необходимо ощущать себя причастным к истории, как своей страны, так и мира в целом, необходимо понимать связь прошедших этапов с современностью.

Список используемой литературы

1. Гастев Ю. А. Изоморфизм и гомоморфизм // Нов. фил. энц: В 4 т. Т 2. – М.: Мысль, 2010. С 91.

2. Юнг. К. Г. Собрание сочинений. Психология бессознательного / пер. с нем. – М: Канон, 1994. - 198 с.

3. Элиаде М. Священное и мирское / Пер. с фр., предисл. и коммен. Н.К. Гарбовского. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 144 с.

4. Цейтлин Е.А. Очерки истории текстильной техники. - М.: Педгиз, 1940. – 458 с.

5. Симонович С.В. Информатика. Базовый курс - СПб: Издательство «Питер», 2000. – 640 с.: ил.

6. Салтыков А.И., Семашко Г.Л. Программирование для всех. - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1986. – 176 с.

7. Добровольский В.А. Как построить ткацкий станок и ткать простые ткани. Москва – Ленинград – Саратов – Воронеж – Берлин: Новая деревня, 1924. -29 с.

8. Мечковская Н.Б. Семиотика: Язык. Природа. Культура: Курс лекций: учеб. Пособие для студ. филол.. лингв. и переводовед. фак. высш. учеб. заведений/ Н. Б. Мечковская.- 2-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 432 с.

9. Зеленов Л.А., Владимиров А.А., Щуров В.А. История и философия науки: учебное пособие для магистров, соискателей и аспирантов. Издательство: Флинта; Наука, 2011. - 472 с.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕЧЕНИИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПСИХИКУ РЕБЕНКА

Корелина Е.В.
Научный руководитель: Мещерякова Т.В., к.ф.н., доцент
Сибирский государственный медицинский университет, 634050, Россия, г. Томск, Московский тр., 2
E-mail: chip7@sibmail.com

В настоящее время в связи с развитием медицины, ее технизацией и достижениями в области лечения онкологических заболеваний у детей, увеличилась выживаемость больных с диагнозом «рак».

Целью данной работы является выявление психологических последствий лечения онкологических заболеваний у детей. В соответствии с целью мы ставим следующие задачи: дать литературный обзор по данной проблеме; провести собственное исследование, направленное на изучение психологических особенностей детей с онкозаболеваниями; выделить основные проблемы, касающиеся развития ребенка.

По данным A. F. Patenaude, B. Last, в последние десятилетия XX века произошел существенный прогресс в технологиях лечения рака у детей и изменения в социальном окружении, воспринимаемом больным и его семьей. Фокус психологических исследований был направлен на изучение психосоциальных последствий онкологических заболеваний и на дифференциацию факторов, которые способствуют проблематичным или позитивным исходам в процессе приспособления детей и их семьи к заболеванию [1].

Современные технологии лечения онкологических заболеваний у детей включают в себя: химиотерапию, лучевую терапию, хирургическое лечение, трансплантацию гемопоэтических стволовых клеток, гемокомпонентную терапию [2].

Длительная госпитализация, болезненные процедуры, возможное оперативное вмешательство, риск летального исхода, – всё это негативно сказывается на психологическом состоянии больного ребенка, накладывает отпечаток на его развитие.

Установлено, что развитие ребенка в условиях тяжелого соматического заболевания влияет на формирование его личности. В первую очередь состояние заболевания затрагивает эмоциональную сферу. Таким детям свойственна выраженная тревожность, за которой стоит неуверенность в себе, боязливость, зависимость от чужого мнения. Были описаны стадии «переживания» рака детьми: развитие эмоционального беспокойства; нарушения сна; повышение уровня тревожности; замкнутость; депрессивные реакции; регрессивные реакции [3].

Г. Я. Цейтлин, на основании проведенного исследования, выделил следующую группу психологических последствий онкологических заболеваний и их лечения у детей: эмоциональная неустойчивость; высокая тревожность; страхи; низкая самооценка; агрессивность; эгоцентризм; личностный инфантилизм [4].

Нами было проведено клинико-психологическое исследование, в котором приняли участие 18 детей в возрасте 4-5 лет. Опытную группу составили 8 детей, проходящих социально-психологическую реабилитацию в реабилитационном центра «Аленка» некоммерческого детского благотворительного фонда им. Алены Петровой с онкологическими заболеваниями на предмет интернализованных и экстернализованных проблем поведения.

Контрольную группу составили 10 детей 4-5 лет, посещающие Муниципальное дошкольное образовательное учреждение г. Томска, без онкопатологии. Источником данных о ребенке были родители.

Исследование проводилось с помощью структурированного интервью Т. Н. Ахенбаха «Шкала детского поведения», предназначенного для оценки поведения детей (версия для родителей).

Для статистической обработки данных был использован пакет прикладных программ Statistica 6.0. Для анализа полученных данных использовался непараметрический критерий Манна-Уитни для двух независимых выборок.

В результате проведенного клинико-психологического исследования были сделаны следующие выводы:

– дети с онкологическими заболеваниями дошкольного возраста имеют более выраженные показатели по шкалам «агрессивность»; «депрессивные суждения и эмоции» по сравнению с детьми дошкольного возраста контрольной группы;

– дети с большим стажем онкологического заболевания (более 2 лет) имеют более выраженные показатели по шкале «депрессия» по сравнению с детьми с меньшим стажем онкологического заболевания (менее 2 лет).

Рассмотрим периодизацию развития ребенка, предложенную отечественным психологом Д. Б. Элькониным. Младенчество (0-1 год), ранний возраст (1-3 года), дошкольный возраст (3-7 лет), младший школьный возраст (7-11 лет), подростковый возраст (11-15 лет), ранняя юность (15-17 лет). Остановимся подробнее на каждой стадии развития ребенка.

На этапе младенчества у ребенка активно развивается моторная сфера, а также формируется привязанность к матери или лицу, заменяющему её. Можно сказать, что развитие двигательных

навыков определяет развитие психики ребенка на данном этапе. Если болезнь обнаруживается в возрасте до года, то можно предположить, какие психологические последствия могут возникнуть. Во-первых, это нарушение привязанности. Такое возможно, если мать не в состоянии находиться в больнице с ребенком и её функции выполняют другие люди (няни, медицинский персонал). Причин этому может быть несколько, но чаще всего такая ситуация возникает, когда в семье есть другие несовершеннолетние дети. Нарушение привязанности влечет за собой серьезные последствия для ребенка уже во взрослом возрасте. Это выражается в отсутствии чувства дистанции при общении с другими людьми, желании всеми способами привлечь к себе внимание, также нарушение привязанности может выражаться в апатичном состоянии, агрессивных проявлениях. Во-вторых, некоторые лекарственные препараты и хирургические вмешательства могут повлечь за собой задержку в моторном развитии ребенка, а, как известно, от развития двигательных актов в данном возрасте зависит развитие психики.

Ранний и дошкольный возраст. На данном этапе происходит активное развитие речи, мышления, познавательных процессов, ребенок становится самостоятельным в плане гигиенических навыков и некоторых навыков самообслуживания. Часто в этом возрасте дети начинают посещать дошкольные учреждения, группы кратковременного пребывания, учатся общаться со сверстниками. Также важно отметить, что в возрасте примерно 3 лет возникает такое явление как кризис, который психологи называют «Я сам». Он означает, что у ребенка уже накопилось достаточно знаний о мире, и он всё больше стремится к самостоятельности. На данном этапе развития болезнь негативно влияет на развитие коммуникации ребенка, приобретение им навыков взаимодействия со сверстниками. Если мы говорим о раннем возрасте, то могут происходить задержки в развитии речи, навыков самообслуживания и гигиенических навыков. Также, при проведении исследования, многие родители отмечали нарушения развития школьных навыков у более старших детей.

Младший школьный возраст. Ребенок становится более самостоятельным, на первый план выходит учебная деятельность. Также развиваются его коммуникативные навыки. Но появившееся на данном этапе онкологическое заболевание лишает ребенка такой возможности. Он не может посещать школу, участвовать в общественной жизни. В результате этого им могут не усваиваться способы взаимодействия с другими людьми. Придя в класс, уже после выздоровления школьник не будет иметь опыта общения с коллективом, поскольку лекарственные препараты существенно снижают иммунитет ребенка, в результате чего он не может посещать общественные места, родители стараются обезопасить его, он вынужден находиться в «изоляции» от внешнего мира.

Подростковый возраст. На первый план здесь выступает общение с противоположным полом. Учебная деятельность уже на так важна, как на предыдущем этапе. Подросток все больше ориентируется на группу значимых сверстников, желает понравиться им. Особое место занимает собственный внешний вид, происходит поиск стиля. Также подросток начинает задумываться о смысле жизни, своем предназначении. Он уже понимает, что такое смерть. Знает о своем заболевании. Изменения внешности в результате лечения онкозаболевания (облысение, последствия оперативных вмешательств, прибавка в весе при гормональной терапии) существенно снижают самооценку подростка, бьют по его самолюбию. Он с трудом переносит лишения, особенно изоляцию от внешнего мира, референтной группы. Ребенку бывает сложно объяснить, почему ему необходимо оставаться в больнице, даже если он не чувствует никакого дискомфорта.

В данной работе мы попытались рассмотреть основные проблемы, возникающие при лечении онкологических заболеваний у детей.

Полученные результаты указывают на необходимость работы психолога и проведении реабилитационных работ с детьми, проходящими лечение по поводу онкологического заболевания и находящимися на этапе ремиссии. Важно отметить, что в России активно начинает развиваться данная отрасль. Результаты исследований, направленных на изучение влияния онкологических заболеваний и их лечения на психику ребенка, необходимы для создания программ первичной профилактики психических нарушений у детей, а также для планирования реабилитационных мероприятий.

Список литературы:

1. Вольф Д. Детская патопсихология. Нарушения психики ребенка / Д. Вольф, Э. Мэш. – М.: АСТ, 2007. – 512с.
2. Детская онкология. Руководство для врачей / под ред. М. Б. Белогуровой – СПб.: СпецЛит, 2002. – 352с.
3. Киян И. Г. Личностные особенности детей, страдающих острым лимфобластным лейкоцитозом: автореф. дис. … д-ра психол. наук / И. Г. Киян: - М., 2003. – 23 с.
4. Цейтлин Г. Я. Детская онкология: психологические проблемы / Вопросы психологии. – 2002. – № 4. – С. 14-16.

СЕТЕВЫЕ СТРУКТУРЫ В ОБЩЕСТВЕ И БИОЛОГИИ

Миньковский В.В., Соколов А.П.
Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: iscanderaga@rambler.ru

Выражение «сетевые структуры» находит всё более широкое распространение, так же как и близкое к нему понятие «биосоциальные системы». Поэтому представляется перспективным при исследовании сетевых структур в обществе, которые недостаточно изучены ввиду их специфики, найти им аналоги, которые изучены хорошо, и на основе этого сделать прогнозы по развитию сетевых структур в обществе. Решению этой задачи и посвящена данная статья.

В рамках концепции биополитики [1] исследователи утверждают, что централизованные иерархические и сетевые структуры существуют как в человеческом обществе, так и в мире животных на разных уровнях биологической эволюции.

На уровне одноклеточных существ сетевую структуру демонстрируют бактериальные колонии. Интересно, что у микроорганизов имеются сетевые структуры, причём организация выглядит так: большая колония; микроколония; индивидуальная клетка. Микроколонии ведут себя координировано, а в пространстве между ними располагаются особо длинные клетки, способствующие коммуникации между микроколониями, это своеобразные предшественники нервных клеток. [1]

У примитивных беспозвоночных животных (например, гидры) нервная система представляет лишенную единого центра сеть нейронов, по многим параметрам напоминающую бактериальные колонии.

Колонии кишечнополостных (например, гидроидных полипов) демонстрируют эффективную координацию процессов на уровне всей колонии, которая осуществляется в отсутствие единого управляющего звена. Исследовавший эту систему Н.Н. Марфенин обнаружил своего рода синхронизацию в повторяющихся действиях полипов, которых он назвал пульсарами. [2]

Биосоциальные системы насекомых (на примере муравьев) кажутся разумными. В частности, муравьи строят свои муравейники без прорабов. Создаётся впечатление, что у каждого муравья в голове имеется в основном совпадающий план постройки, которая одновременно начинается во многих местах. Взаимоотношения между муравьиными гнездами (например, кратерами, в которых живут австралийские муравьи *Iridomyrmexpurpurea*) могут строиться как по иерархическому (в молодых группах кратеров), так и по сетевому принципу (в старых группах кратеров). Отдельные гнезда, колонии или иные малые коллективы муравьев могут выступать в роли частичных доминантов и сохранять значительную автономию, что весьма важно для поддержания стабильности крупных биосоциальных систем. [3]

Биосоциальные системы птиц (на примере дятлов *Dendrocoposm. major*). Конкуренция в сочетании с эффективной социальной коммуникацией служит у птиц механизмом децентрализованной социальной регуляции, приводящей к формированию стабильных горизонтальных сетевых отношений между индивидами и к оптимальному распределению ресурсов между особями разных рангов.

Социальные системы человекообразных обезьян имеют элементы иерархических отношений в биосоциальных системах. Однако, человекообразные обезьяны в целом характеризуются преобладанием кооперативных горизонтальных отношений, включая взаимный груминг, дележ пищи, формирование коалиций и др. над отношениями доминирования-подчинения.

Приведённый ряд на некоторых участках от одноклеточных существ до насекомых подтверждает тезисы исследователей в рамках биополитики утверждающих, что сетевая структура одного уровня животных (более низкого) превращается в каркас другого уровня животных (более высокого). В соответствии с этим тезисом, например, особо вытянутые клетки в колонии бактерий (одноклеточных) превращаются в сеть нейронов у примитивных беспозвоночных (многоклеточных).

При переходе к человекообразным обезьянам приверженцы биополитической концепции видят признаки социальных сетевых структур в наличии горизонтальных связей между индивидуумами социума. И более того делают вывод, что современные социальные сети не являются изобретением постиндустриального общества, а в некоторой мере воссоздают эволюционную историю человеческого общества [1].

Однако, здесь чувствуется несколько натяжек. Средствам связи в современных социальных сетях даётся аналог нервной системе в организме. Следует привести интересный факт – так называемые «фантомные боли». Суть явления заключается в следующем – конечности нет, а она болит. Т.е. мозг достраивает в воображаемом образе организма несуществующую конечность, которая почему-то болит. Выходит нервная система играет роль матрицы, по которой строится организм, и её роль не исчерпывается вопросами коммуникации между частями организма. Следовательно, уподобление социальных сетей в обществе нервной системе в организме в значительной части не правомерно.

С другой стороны, палеонтологами установлено, что эволюция животного мира сопровождалась постоянной «цефализацией», т.е. ускоренным ростом центральной нервной системы [4]. Поэтому, если сетевые структуры в обществе

уподоблять нервной системе в организме, то напрашивается вывод, что сетевые структуры будут развиваться больше в направлении централизации, т.е. к иерархическим структурам, а не в сторону усиления горизонтальных связей.

Другое наблюдаемое явление – синхронное плавание рыб или синхронный полёт стаи птиц. Стая движется как единое целое. Никакой сутолоки. Что синхронизирует поведение животных? Такого добиться от людей нельзя никакой муштрой. Следовательно, сетевые структуры в животном мире и у людей кардинально различаются.

Системный подход к сетям в рамках концепции биополитики приводит к следующему:

1. При образовании сетевых структур идут два процесса: формирование активного центра и создание наружного скелета – хорошо укреплённой границы системы [5].

2. В противоположность иерархии сетевая структура содержит несколько активных центров, но это не ведёт к дестабилизации.

3. Функции активных центров строго разграничены.

4. Активные центры работают в разном темпе.

Приверженцы концепции биополитики для иллюстрации работы сетевых структур используют работу головного мозга. Например, они утверждают, что человеческий мозг есть многоцентровая сетевая структура, во многих случаях в нем существует только один временный доминант – только один центр или группа центров [5]. Как действительно работает мозг, никто не знает. Существующие гипотезы работают как теории только в определённых рамках. Возьмём только один вопрос – как исследуется активация зон головного мозга? Допустим справедлива «электрическая» гипотеза. В соответствии с ней вживляются электроды в головной мозг, а затем либо замеряется разность потенциалов (пассивный подход), либо подаётся электрический импульс (активный подход). В обоих случаях фиксируется взаимосвязь: действие – результат. Возьмите аналог – компьютер. Воткните в него два электрода и фиксируйте взаимосвязь: действие – результат (выход компьютера из строя). Этот мысленный эксперимент ставит под сомнение правомерность «электрической» гипотезы о работе мозга. Другой аналог – государства как организмы (в соответствии с биополитической концепцией). Взаимодействие стран идёт нормально – нет активации, и наоборот, война между странами будет восприниматься как активация.

Вместе с тем биополитическая концепция при анализе такого явления как сетевые структуры в ряде случаев даёт хорошие результаты, например в формулировки цели. Их две: саморазвитие через познание и управление[1].

Цель «саморазвитие через познание» в сетевых структурах достигается эффективно. Ведь действуя слаженно и сообща, все индивиды в сетевой структуре могут получить во много раз больше информации, чем отдельная особь. Таким образом, большее количество накопленной информации об окружающем мире способствует лучшему приспособлению и адаптации индивидов всей структуры к окружающей среде, что является важнейшим фактором эволюционного развития.

Цель «управление» заключается в такой организации всей структуры, при которой посредством коммуникаций и связей каждый член такой структуры имеет определенные обязанности, которые распределены равнозначно между всеми элементами сетевой структуры. При такой организации сети вся структура эффективно управляет отдельными элементами, заставляя их действовать слаженно, в едином темпе и в «интересах» всей системы. При этом вся структура становится настолько прочной и стойкой, что в сравнении с другими системами имеет большие приоритеты, и, соответственно, более высокие шансы на выживание при конкуренции.

Выводы:

В целом биополитика – это своего рода механицизм, но на другом, биологическом уровне.

Многих противоречий биополитической концепции можно избежать, если социальные сетевые структуры разделить на два вида: спонтанно (т.е. сами собой) образующиеся социальные сети и управляемые социальные сети. Спонтанные социальные сети выполняют задачи породившего их общества. Управляемые социальные сети выполняют задачи создавших их власти или бизнеса.

Спонтанные сети для коммуникаций имеют в основном только Интернет, который обслуживает и их, и управляемые социальные сети. Поэтому коммуникационная свобода спонтанных сетей ограничена властью и бизнесом. У управляемых сетях для коммуникации имеются кроме Интернета ещё СМИ.

В виду этого на спонтанные социальные сети могут быть перенесены выявленные закономерности развития биологических аналогов сетевых структур, но только с одной оговоркой – предоставление свободы спонтанным социальным сетям. Прогнозировать развитие управляемых социальных сетей можно только в рамках политических теорий.

Приведением феномена социальных сетевых структур к парадигме биополитики осуществляется камуфляж управления этими структурами.

ЛИТЕРАТУРА

1. http://do.gendocs.ru/docs/index-12897.html?page=37#446687

2. http://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=56875

3. Захаров А.А. Муравей, семья, колония. - М.: Наука, 1967. – 148 с.

4. Баландин Р.К. Анти-Дарвин. Миражи эволюции / Р.К.Баландин. - М.: Яуза :Эксмо, 2010.- 352 с.

5. Богданов А.А. Тектология. Всеобщая организационная наука // Интернет ресурс: uf.kgsu.ru

XIX Международная научно-практическая конференция «**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ**»
Круглый стол: **Философия техники**

ПРОБЛЕМА «ЛИЧНОСТЬ И ТРУД» В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

Родин М.А.
Научный руководитель: Юрченко Е.Ю., к.т.н., доцент
Южно-Уральский государственный университет (НИУ), 454080, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, 76
E-mail: misha_rodin@mail.ru

Наше общество многообразно. В связи с развитием техники, технологий, промышленности появляется много новых профессий наряду с уже существующими. Каждый человек выбирает для себя понравившуюся сферу деятельности: экономику, политику, промышленность, сельское хозяйство, науку, медицину, образование, финансы, культуру, спорт и т.д. Сейчас существует огромное количество профессий, каждая из которых обладает своими особенностями и спецификой. Проблема «личность и труд» очень актуальна. От правильности выбора будет зависеть дальнейшая заинтересованность, и, соответственно, достигнутые результаты. Любая трудовая деятельность человека определяется мотивацией, которая зависит от экономической ситуации в стране, роли отрасли в экономике страны и перспективы её развития, технической и информационной оснащенности, морального и материального стимулирования результатов деятельности, роли государства в социальной поддержке персонала данной отрасли, степени интеллигентности, культуры общения и т.п. Но при выборе сферы деятельности необходимо также учитывать требования, которые непосредственно сама профессия предъявляет к человеку. Российский психолог Климов Е.А. все профессии разделил на 5 типов [1]: Человек – живая природа, Человек – техника (и неживая природа), Человек – человек, Человек – знаковая система, Человек – художественный образ [2].

Кроме деления профессий в зависимости от объекта труда, к человеку для выполнения трудовой деятельности предъявляются требования по психофизиологическим особенностям.

Ещё издавна делались попытки свести огромное множество индивидуальностей к определённому числу типичных портретов. Гиппократ выделил четыре типа темперамента – индивидуальных вариаций психики, которые определяют динамические характеристики интенсивности и скорости реагирования, степени эмоциональной возбудимости и уравновешенности, особенности приспособления к окружающей среде. Рассмотрим, что же они из себя представляют. При этом хочется отметить, что нет плохих и хороших темпераментов, есть правильный выбор сферы деятельности, ведущий к большим успехам.

Самой нестабильно нервной системой обладает холерик. Этот человек находится в постоянном возбуждении, очень быстро реагирует, часто необдуманно, не успевает себя затормозить, проявляет нетерпение, порывистость, резкость движений, вспыльчивость, несдержанность. Занимаясь каким-нибудь делом, он работает с полной отдачей, он – лидер, но сил ему хватает ненадолго, и он дорабатывается до того, что ему все невмоготу. Появляется раздраженное состояние, плохое настроение, упадок сил и вялость («все валится из рук»). Поэтому холерику противопоказаны такие профессии, как цветоводство, библиотекарское дело и бухгалтерский учет.

Также как для холериков, для меланхоликов характерна быстрая утомляемость и падение работоспособности, возникновение невротических расстройств в силу того, что это очень чувствительные даже к слабым раздражителям, зачастую неуверенные в себе люди со слабой нервной системой. Сильный раздражитель уже может вызвать «стопор», полную растерянность, поэтому в стрессовых ситуациях (для работников энергетической отрасли это может быть любая чрезвычайная ситуация, опасность и т.п.) могут ухудшиться результаты такого работника. Такой психотип наиболее подходит для: педагога, деятеля искусств, художника, швеи-модельера, маляра, писателя, агронома, слесаря, токаря и т.д.

В отличие от первых двух типов, существует еще два типа темперамента с уравновешенной нервной системой, но разной скоростью реакции на происходящее вокруг. Сангвиник обладает достаточно быстрой реакцией, его поступки обдуманны, а его нервная система обеспечивает высокую приспособляемость к новым и динамично меняющимся условиям. Это очень общительная и жизнерадостная личность. В стрессовой ситуации люди данного темперамента обдуманно защищают себя, стараются нормализовать обстановку. Им хорошо подходят профессии: учитель, врач, инженер-технолог и др.

Флегматиком является человек с сильной, уравновешенной нервной системой, но реагирует он медленно. Люди этого типа обладают высокой работоспособностью, хорошо сопротивляются сильным и продолжительным раздражителям, но не способны быстро реагировать в неожиданных, новых условиях и ситуациях. Работники с таким темпераментом отлично запоминают все усвоенное. Настроение стабильное, ровное[3]. Подходящие профессии: механик, электрик, инженер, агроном, водитель и др.

Для определения психотипа человека, его индивидуальных особенностей и склонностей, выявления скрытых талантов с целью определения сферы деятельности, в которой человеку будет

комфортно, разработано множество тестов. Один из них – тест Айзенка на определение типов темперамента, экстраверсии, интроверсии и нейротизма. Существует два варианта данного опросника, с дополнительной «шкалой лжи», что позволяет проводить повторное исследование после тех или иных экспериментальных процедур, исключив возможность запоминания ранее данных ответов и получения более объективных результатов[4].

Другой опросник Р.Кеттелла позволяет оценить индивидуально–психологические особенности личности.

Проблемой психологии также в своё время занимался К. К. Платонов. Он выстроил определенную иерархическую структуру личности, состоящую из множества различных ступеней, одни из которых являются высшими, а другие – низшими. В качестве четырёх подструктур личности он выделил: 1) социально обусловленные содержательные черты личности (направленность, моральные качества); 2) личный опыт (привычки, умения, знания, навыки); 3) индивидуальные особенности психических процессов (воля, чувства, восприятие, мышление, ощущения, эмоции, память); 4) «биопсихические» свойства (темперамент, половые, возрастные свойства) [5]. Поэтому, кроме опросников сейчас широкое применение получили информационные профессиограммы, которые представляют собой систему признаков, которыми можно описать ту или иную профессию. Данный документ содержит в себе перечень норм и требований, предъявляемых профессией или специальностью к работнику: социальные, экономические, технические, правовые и гигиенические, психологические и психофизические. Кроме того, профессиограммы зачастую используют при разработке антикризисной кадровой политики [6, 7].

Бесспорно, это всем известные истины, которые изучают даже школьники. Только остаются они исключительно теорией и используются для удовлетворения любопытства. При трудоустройстве человек проходит собеседование, которое проводит, как правило, руководитель организации без психологического образования. Зная несколько хитростей, соискатель может создать о себе ложное впечатление для достижения поставленной цели. Тест же намного сложнее обмануть. Далее, при прохождении медицинского осмотра оценивается состояние здоровья и выявляется наличие факторов, противопоказанных к данной профессии. В результате все сводится к одному – годен или негоден. И никто не задумывается о том, как поведет себя работник в другой, нештатной ситуации. Результат такого ошибочного подбора персонала зачастую печальный: аварии, жертвы, травмы. Десятки и сотни людей ежегодно погибают на производстве, причем немалая доля приходится на энергетическую отрасль [8, 9, 10, 11]. Из года в год Государственная инспекция труда дает рекомендации по проведению внеплановых инструктажей и проведению проверки знаний, хотя одной из предпосылок к развитию несчастного случая на производстве является недостаточная психологическая подготовленность персонала к выполнению приемов, влияющих на безопасность работ.

В среднем на подбор одного кандидата в США затрачивается до 16-18 чел./ч., в Японии - до 48 чел./ч. Поэтому следует задуматься не только о том, какие работники приходят на предприятия, но и какие люди, и по какой системе проводят набор кадров в ту или иную организацию[12].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Климов Е.А. Развивающийся человек в мире профессий. – Обнинск, 1993.
2. Е. П. Ильин. Дифференциальная психология профессиональной деятельности. Издательство: Питер; Мастера психологии, 2008 .– 432 с.; ISBN 978-5-91180-837-2.
3. Столяренко Л.Д., Основы психологии. Феникс, 2006. – 671 с.; ISBN 5-222-08731-X.
4. Батаршев А.В. Темперамент и характер. Психологическая диагностика. Владос–Пресс, 2001.– 336 с.; ISBN 5-305-00056-4.
5. Платонов К. К. Структура и развитие личности. – М.: 1986.
6. Горбунова М.В., Кирилюк Е.В. 333 современные профессии и специальности: 111 информационных профессиограмм. Феникс, 2010.
7. Кирилюк Е.В. Информационные профессиограммы. // Гуманитарный вектор. 2012. № 1 (29); Тольяттинский городской центр профориентации молодежи и психологической поддержки населения; Тольятти, 2004.
8. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2009 году. – М.: 2010.
9. Дорофеев Н.П., Титов В.Л., Степанов Б.М. Анализ причин несчастных случаев на энергоустановках с 1 января 2001 по 1 мая 2005 года.// Энергобезопасность и энергосбережение. – М.: 2005.
10. Оперативные данные о происшедших групповых, тяжелых и смертельных несчастных случаях и пострадавших со смертельным исходом в Челябинской области за 11 месяцев 2011 года; Приложение 3 к приказу Роструда от «21» февраля 2005 г.
11. Производственная безопасность и профессиональное здоровье / Под ред. А.Г. Хрупачева, А.А. Хадарцева.– Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. – 336 с.
12. Дмитренко Г.А. Стратегический менеджмент: целевое управление персоналом организаций: Учеб. пособие, К., МАУП, 1998.

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВРАЧЕБНЫХ ОШИБОК В ЭПОХУ БИОМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Шайхутдинова Л. К.
Научный руководитель: Мещерякова Т. В., к.ф.н., доцент
Сибирский государственный медицинский университет, 634050, Россия, г. Томск, Московский тр., 2
E-mail: shalika.91@mail.ru

«Если вы никогда не совершали ошибок, повлекших за собой тяжелые осложнения и смерть больного, значит, вы занимаетесь медициной недавно». Ошибки – неотъемлемая составляющая работы врача [1]. Технизация медицины оказала влияние на взаимоотношения врача и пациента, породив техническую модель, тем самым повлияв на психологические причины врачебных ошибок. Как фактор возникновения врачебной ошибки они требуют своего изучения, так как индивидуальные особенности врача могут повлиять на ошибочную постановку диагноза. Цель работы заключается в том, чтобы выявить особенности личности врача, влияющие на возникновение врачебной ошибки. В соответствии с целью, ставим следующие задачи: определить виды врачебных ошибок; обозначить психологическое влияние на совершение врачебных ошибок.

По определению И. В. Давыдовского, врачебная ошибка – «следствие добросовестного заблуждения врача при выполнении им профессиональных обязанностей. Главное отличие ошибки от других дефектов врачебной деятельности – исключение умышленных преступных действий – небрежности, халатности, а также невежества» [1].

Различают объективные и субъективные ошибки. Врачебные ошибки можно подразделить на: диагностические, ошибки вследствие неправильного осуществления лечебных мероприятий, ошибки в организации медицинской помощи и оформлении (ведении) документации [2]. Академик Е.И. Чазов врачебные ошибки делит на имеющие объективный и субъективный характер. К объективным причинам ошибок он относит: недостаточность сведений в медицинской науке о сути и механизме патологического процесса; позднюю госпитализацию и тяжесть состояния больного; редкость некоторых заболеваний, болезни без выраженной симптоматики; отсутствие возможности проведения специальных исследований; невозможность получения консультации специалистов. К субъективным причинам относятся: недостаточная квалификация врача; неполнота собранного анамнеза; недостаточное или запоздалое обследование больного; отсутствие данных высокотехнологичных специальных методов исследования при возможности их получения; переоценка возможностей применения высокотехнологичных специальных методов исследования; абсолютизация диагноза специалиста-консультанта; отсутствие консультаций, когда они были необходимы и возможны [3]. Считают, что объективные факторы обусловливают 30-40% ошибок, субъективные –60-70%. К субъективным причинам ошибок относятся также те из них, которые являются следствием личных качеств врача. Неуверенный в своих знаниях врач назначает разные лекарства в средних дозах, на всякий случай. Слабое клиническое мышление может приводить к однотипному, неменяющемуся лечению. Врач, не знающий возможностей смежных специальностей, не использует их, лишая больного эффективного действия психотерапии, физиотерапии, лечебной физкультуры, диетотерапии и т. д. Сюда следует также отнести самоуверенность, зазнайство, отсутствие или недостаток знаний, опыта, умелости.

Медики ошибались всегда. Но еще Гиппократ писал: «Если мы будем требовательны к себе, то не только успех, но и ошибка станет источником знаний». Ошибки врача, особенно те из них, которые привели к тяжелым последствиям для больного, глубоко переживаются настоящими врачами. Известная поговорка «Врач умирает с каждым своим больным» имеет объективное подтверждение в том, что количество сердечно-сосудистых заболеваний, стенокардии и инфарктов у врачей больше, чем у представителей других специальностей. Ошибки всегда использовались истинными медиками в качестве важного источника знания. Недаром народная мудрость советует учиться на ошибках. Главный критерий врачебной ошибки — добросовестное выполнение профессиональных обязанностей при отсутствии признаков халатности, небрежности или самонадеянности. Поэтому врачебная ошибка не является преступлением независимо от тяжести неблагоприятных последствий. Но следует знать, что пациент может обратиться в суд с иском за причиненный вред согласно ст. 63 Основ законодательства РФ об охране здоровья и в случае врачебной ошибки. Возмещение вреда причинителем его в полном объеме предусмотрено Гражданским кодексом РФ [3]. Ригельман Р. отмечает, что врачебные ошибки неизбежны, но затрагивает проблему поведения врача при ее совершении. Он выделяет три линии неправильного поведения врача: отрицание, оправдание и отстранение. Признавая свои неудачи, некоторые врачи отрицают возможность их устранения («работа у нас такая»). Другие оправдываются, перекладывая ответственность на коллег или младших помощников или на системы

медицинской помощи («столько мелочной работы, что не остается времени на больного»). Наконец, некоторые врачи, оправдываясь, обвиняют больного («нытик», «мямля», «придурок»), который не изложил, как это требовалось врачу, анамнез и скрыл важные сведения. Отстраняясь от совершения ошибки, оправдываются: «Здесь медицина бессильна». Реже бывает наоборот, когда врач видит ошибку там, где ее не было, и занимается самобичеванием: «Почему я не заметил? Как же я не спросил?». Правильный подход, считает Р. Ригельман, включает три обязательных этапа: признание ошибки; исправление того, что может быть исправлено; разрешение ситуации (извинение за то, что свершилось, и стремление не повторять ошибки) [1]. Неверно связывать субъективные причины диагностических ошибок лишь с квалификацией врачей. Бесспорно, трудно переоценить значение знаний для правильной диагностики. Но знания - это не просто подготовка врача, это и способность к их накоплению, пониманию, использованию, во многом зависящая от индивидуальных особенностей, интеллекта и характера человека. То есть, условно, субъективный фактор выражается как в незнании, так и в недомыслии. По данным А.А. Дзизинского, на нелогичное осмысление полученных данных приходится 26% причин диагностических ошибок в поликлинике и 22% – в стационаре. Значительную опасность в плане неправильной диагностики представляют так называемые внушенные диагнозы, во многом также зависящие от характера врача. Речь идет о заведомом «настрое» на определенное заболевание, вызванном специальным к нему интересом врача, психологическим «давлением» заключения консультанта или авторитетного учреждения, влиянием эпидемиологической обстановки (в период эпидемии гриппа этот диагноз выставляют большинству пациентов с повышенной температурой, среди которых оказываются больные ангиной, плевритом, менингитом и др.) или увлечением недавно описанными нозологическими формами (в свое время часто немотивированно ставились диагнозы «коллагеноз», «диэнцефальный синдром» и т.п.). К этой категории ошибок примыкают и те, которые зависят от предвзятого, положительного или отрицательного, отношения к пациенту (вера, что врач не может заболеть СПИДом, трактовка бессознательного состояния у больного алкоголизмом как связанного только с алкогольной интоксикацией и т.п.). Большую роль играет присущая многим людям особенность психики, проявляющаяся в отборе фактов, подтверждающих, а не противоречащих сложившемуся мнению. В этих случаях врач попросту игнорирует не укладывающиеся в имеющуюся у него концепцию симптомы или данные исследований. Молодые врачи часто ошибаются из-за отсутствия опыта, более опытные – из-за его переоценки и снижения квалификации [3]. Использование новых технологий в диагностическом процессе, должно точно так же все время соотноситься с несколькими простыми психологическими постулатами: многие больные будут воспринимать эти новые технологии как форму магического воздействия, отсюда возможность возникновения так называемого «плацебо-эффекта». Врачу необходимо помнить о том, что при работе с аппаратными технологиями он может столкнуться с явлением плацебо-эффекта. И каждый раз он не будет знать, что исцелило его пациента: психологический фактор веры в новый аппарат или реальные терапевтические возможности. Необходимо помнить, что чем больше используется технологии в процессе лечения, тем сильнее разрыв во взаимодействии «врач–больной», которое является самой главной формой всего врачебного процесса, начиная от диагностики и кончая профилактикой. Вместо этого возникает другое взаимодействие – «больной и новая технология». Посредник между пациентом и врачом такой сильный, такой могущественный, что он забирает на себя весь процесс взаимодействия. Врач, работающий в системе новых технологий должен хорошо взаимодействовать со своим «я», со своей психикой, помня о наличии так называемой психологической защиты. У него может возникнуть чувство своей второсортности как просто обслуживающего персонала, может возникнуть чувство незаслуженного могущества, слуги Бога, находящегося в контакте с волшебным аппаратом. Врач должен уметь читать эти чувства и корректировать их [4].

Таким образом, психологические причины действительно оказывают влияние на возникновение врачебных ошибок. Какими бы современными технологиями, какой бы совершенной аппаратурой не был бы вооружен врач любой профессии, он должен все время базироваться на системе межличностных отношений «врач–больной». Профессия врача была, есть и будет профессией человеческого взаимодействия.

Список литературы:

1. Ригельман, Р. Как избежать врачебных ошибок / Р. Ригельман. – М : Практика, 1994. – 208 с.
2. Врачебные ошибки и несчастные случаи в медицинской практике / Судебно-медицинская экспертиза [Электронный ресурс] – URL: http://danarat.com/2851/sudmed379.htm
3. Врачебная ошибка: морально-этическое и правовое значение [Электронный ресурс] – URL: http://rh-conflict.narod.ru/student/refer/vo.htm
4. Соложенкин, В. В. Психологические основы врачебной деятельности / В. В. Соложенкин. – М., 2003. – С. 21-23.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 8: ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ (MODERN PHYSICAL METHODS IN SCIENCE AND ENGINEERING)

М.М.Амани, Волегов Д.В.
МЕТОДИКА СЕЙСМОФАЦИАЛЬНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ПРИ МОРСКОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ …… 4
Блеко В.В., Соболева В.В.
ИЗЛУЧЕНИЕ ВАВИЛОВА-ЧЕРЕНКОВА И ДИФРАКЦИОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ
В ТЕФЛОНОВОЙ ПРИЗМЕ ……... 6
Варенцов А.В., Зяблицев Д.В., Пронин А.Н.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕМЕШИВАЮЩИХ ДИСТАНЦИОНИРУЮЩИХ РЕШЕТОК ТВС-КВАДРАТ РЕАКТОРА PWR НА ГИДРОДИНАМИКУ И МАССООБМЕН
ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ…….. 8
Волошин И.В., Лизунов А.И., Ивлев С.И.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УРАНА И ТОРИЯ С ТЕТРАФТОРОБРОМАТОМ КАЛИЯ……..….. 10
Головацкий А.В., Варлачев В.А., Солодовников Е.С.
УСТАНОВКА ДЛЯ НЕЙТРОННОГО ЛЕГИРОВАНИЯ КРЕМНИЯ НА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ЯДЕРНОМ РЕАКТОРЕ ИРТ-Т……..... 12
Губайдулин И.М., Беденко С.В., Яковлев М.В.
ОРГАНИЗАЦИЯ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА БАЗЕ СЕРИЙНОГО ЛЕГКОВОДНОГО РЕАКТОРА……... 14
Деева В.С.
САМООРГАНИЗАЦИЯ ДИССИПАТИВНОГО ПРОСТРАНСТВА ТОКОСЪЁМА……..... 16
Добижа А.В., Кайканов М.И., Хуснулина А.Л.
ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛУБИНЫ ПРОНИКНОВЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ПУЧКА В ВОДЕ СГЕНЕРИРОВАННОГО ИМПУЛЬСНЫМ УСКОРИТЕЛЕМ «АСТРА – М»…….. 18
Додонова И.В.
ЭЛЕВАТОРНЫЕ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЧАСТИЦ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПЕРЕРАБОТКИ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ……..... 20
Долецкая Ю.В.
ИЗУЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ АТМОСФЕРЫ Г. ТОМСКА С ПОМОЩЬЮ ЭПИФИТНЫХ МХОВ
И АТОМНО-ЭМИССИОННОГО АНАЛИЗА……..... 22
Добров А.А., Доронков Д.В., Легчанов М.А.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ ДИСТАНЦИОНИРУЮЩИХ РЕШЕТОК НА ГИДРОДИНАМИКУ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ТВС РЕАКТОРА КЛТ-40С…….. 24
Балашков В.С., Вергун А.П., Дрогалев А.С.
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОИОНИТНОГО ПРОЦЕССА ДЕИОНИЗАЦИИ ВОДЫ…….. 26
Едреев С.А.
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОГО ХРАНЕНИЯ И РАБОТЫ С ИСТОЧНИКАМИ НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ТПУ……..... 28
Емец Е.Г., Варлачев В.А., Солодовников Е.С.
НЕЙТРОННЫЕ ПОЛЯ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ КАНАЛЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КОНФИГУРАЦИЯХ ЗАМЕДЛИТЕЛЯ……...…. 30
Емец Е.Г., Валачев В.А., Солодовников Е.С.
ДЕТЕКТИРОВАНИЕ НЕЙТРОНОВ МОНОКРИСТАЛЛАМИ КРЕМНИЯ
С ОМИЧЕСКИМИ КОНТАКТАМИ……...… 32
Ермоленко Н.С., Ротарь С.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИЛЬНОТОЧНОГО ИМПУЛЬСНОГО УСКОРИТЕЛЯ В РЕЖИМЕ ГЕНЕРАЦИИ ТОРМОЗНОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ……..... 34
Ермоленко Н.С., Меринова Л.Р., Шиян Л.Н.
ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНОГО РАСТВОРА НИТРАТА КАЛИЯ ДЛЯ ДОЗИМЕТРИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ……..... 36
Жанкарашев Г.Б.
ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ПРОБОЯ ПРЕССОВАННЫХ ПОРОШКОВ ТЭНА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИМПУЛЬСОМ ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ НЕОДИМОВОГО ЛАЗЕРА……. 38
Хусаева, О.В., Зайкин А.Н.
РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИНЖЕКТОРОВ ДЛЯ ИНДУКЦИОННЫХ ЦИКЛИЧЕСКИХ УСКОРИТЕЛЕЙ…….. 40

Иванушкин Ю.С., Вергун А.П., Балашков В.С. РАЗДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПОВ В КАСКАДЕ ПРИ СОВМЕЩЕНИИ ПРОЦЕССОВ ИЗОТОПНОГО ОБМЕНА И ЭЛЕКТРОХРОМОТОГРАФИИ ……..... 42
Климков Я.О.
КАК САМОМУ СДЕЛАТЬ АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ……..... 44
Кованцев А. С., Спицын Б. В.
РОСТ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО АЛМАЗА НА КРЕМНИИ И МОЛИБДЕНЕ В ПЛАЗМЕ АНОМАЛЬНОГО ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА……..….. 46
Кривошеина В.В., Кудияров В.Н.
ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ И ОТЖИГА НА СВОЙСТВА ЦИРКОНИЕВОГО СПЛАВА ZR1NB……..…. 48
Азин А.В., Марицкий Н.Н., Пономарев С.А.
РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ……..... 50
Маркидонов А.В.
УКРУПНЕНИЕ ВАКАНСИОННЫХ ПОР ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УДАРНЫХ ВОЛН……... 52
Маркидонов А.В.
РАСТВОРЕНИЕ ВАКАНСИОННЫХ ПОР ВБЛИЗИ ПОВЕРХНОСТИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УДАРНЫХ ВОЛН……..…. 54
Мирошниченко А.В., Кулигина Е.И.
ИЗУЧЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЕМ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТОРФАХ, ГУМИНОВЫХ КИСЛОТАХ И ТОРФООБРАЗУЮЩЕЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ……..... 56
Назаренко С.Ю.
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ……..... 58
Нейман Д.А.
АНАЛИЗ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ СОСТОЯНИЙ ПОЗИТРОННЫХ ПУЧКОВ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ВЫХОДА АННИГИЛЯЦИОННЫХ ФОТОНОВ……..... 60
Николаева К.Н., Федотова М.А.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕСНЫХ ДЕФЕКТОВ АЛМАЗА С ПОМОЩЬЮ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ**…….....** 62
Орехов Д.В., Побережников А.Д., Савостиков Д.В.
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ КИНЕТИКИ СОРБЦИИ ГАЗОВ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ……..…… 64
Прудникова А.А., Орлов А.С.
АНАЛИЗ ПОЛИИЗОПРЕНОВЫХ КАУЧУКОВ МЕТОДОМ ИК- СПЕКТРОСКОПИИ НАРУШЕННОГО ПОЛНОГО ВНУТРЕННЕГО ОТРАЖЕНИЯ……. 66
Соболева В.В., Блеко В.В., Шевелёв М.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЛЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ С МЕТАМАТЕРИАЛАМИ……..…. 68
Сушко М.С., Лысык В.В.
СПЕКТРЫ ВЗРЫВНОГО СВЕЧЕНИЯ АЗИДОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ ИНИЦИИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ…….. 70
Тарасенко С.С.
ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗОНАНСА В ЭНЕРГЕТИКЕ……. 72
Хоютанова С.Е.
МАГИСТРАЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ……... 74
Хуснулина А.Л., Кайканов М.И., Меринова Л.Р.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ ДОЗИМЕТРА ФРИККЕ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ПОГЛОЩЁННОЙ ДОЗЫ, ПОЛУЧЕННОЙ С ПОМОЩЬЮ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА…….76
Шандарова О.Е.
СЕНСОРЫ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ……..…… 78
Шахматова О.Д., Михайлова Д.А., Каренгин А.Г.
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРЯМОЙ ПЛАЗМЕННОЙ УТИЛИЗАЦИИ ОБЕДНЕННОГО ПО ИЗОТОПУ УРАН-235 ГЕКСАФТОРИДА УРАНА……. 80
Шестак А.П., Маликов Е.Л., Сухих Л.Г.
ДИАГНОСТИКА ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ В БЕТАТРОНЕ……..... 82
Шеховцова А.П., Каренгин А.Г.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННОЙ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ВОДООЧИСТКИ…….. 84
Amanbayev D.D.
AMMONIUM TRICHLORIDOCOBALTATE THERMAL SUSTAINABILITY EXPLORATION……..... 86
Upenikova O.A.
THE DISPENSING CATHODE USED IN A COMPACT ELECTRONS ACCELERATOR……... 88

Baranov E.A., Miskun I.A., Lucenko Y.Y.
THE INFLUENCE OF RADIAL HETEROGENEITY OF HIGH-FREQUENCY TORCH DISCHARGE FILAMENT ON ITS ELECTRODYNAMIC CHARACTERISTICS……..... 90
Gubaydulin I.M., Ibraeva D.S., Knyshev V.V.
ANALYSIS OF NEUTRON-PHYSICAL CONDITIONS OF TECHNICAL SYSTEMS «DRY» STORAGE OF RBMK-1000 SPENT NUCLEAR FUEL……..….. 92
Kamirnaya E.N.
INVESTIGATION OF FUEL CELLS ELECTRICAL CHARACTERISTICS BY VOLTAMMETRY IN THE TEMPERATURE RANGE OF 550-800 °C ……..... 94
Kamytbaeva A. Y., Perminov C. V, Simonenko V.Y.
ELECTRODIALYSIS POWERED FROM A DIRECT CURRENT IN A MAGNETIC FIELD……..... 96
Miloichikova I.A.
THE MEASUREMENT OF THE CENTRAL-AXIS DEPTH-DOSE CURVE OF BETATRON ELECTRON BEAM IN THE PHANTOM……..... 98
Miskun I.A.
THE INFLUENCE OF THE ADDITIONAL RFQ ON RF-ONLY QUADRUPOLE MASS FILTER OPERATING PROCESS…….. 100
Nikiforov M.A., Gubaydulin I.M., Hazhidinov A.S.
OPTIMIZATION OF DISTRIBUTION SCHEME IN STORAGE SYSTEM OF SPENT NUCLEAR FUEL FOR MINIMIZATION OF INDUCED ACTIVITY IN CONSTRUCTION ELEMENTS OF THE SYSTEMS……..…… 102
Popov R.V.
LOW-ENERGY PULSED ELECTRON BEAMS FOR THE COATING DEPOSITION……..... 104
Ryabikina A.S.
MARANGONI CONVECTION DEPENDANCE ON TEMPERATURE DISTRIBUTION……... 106
Savostyanenko N.V.
CALCULATION OF A DANGEROUS APPROACH OF THE SPACECRAFT KAZSAT-2 TO OTHER OBJECTS IN THE GEOSTATIONARY ORBIT……... 108
Simonova A.V.
THERMAL PROCESSES ON A SUBSTRATE UNDER THE INFLUENCE OF HIGH-POWER PULSED ION BEAM……. 110
Ushakov I.A., Izhoykin D.A., Ramazanova K.M.
MEASUREMENT OF THERMAL CONDUCTIVITY OF GRAPHITE IN A MAGNETIC FIELD……..…… 112
Tsurkan M. V.
SURFACE MODIFICATION BY A HIGH POWER ION BEAM IN ACCELERATOR «TEMP-4M»……. 114
Shakhmatova O.D , Karengin A.G.
OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF PLASMA REPROCESSING OF LIQUID RADIOACTIVE WASTE ……..... 116

СЕКЦИЯ 9: КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ (QUALITY MANAGEMENT CONTROL)

Адамян Р.Г.
АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ И ВЫБОРА ПЛОЩАДКИ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛИГОНОВ ТОП В УСЛОВИЯХ АРМЕНИИ……..... 121
Арышева К.С.
СИСТЕМА ОЦЕНКИ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ИНСТИТУТА КИБЕРНЕТИКИ ТПУ……... 123
Буреева М.С, Редько Л.А.
КОРПОРАТИВНАЯ КУЛЬТУРА ОРГАНИЗАЦИИ – ОСНОВА ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА…….. 125
ДАВЛЕНИЯ
Волкова Д.В.
ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧНОСТИ СРЕДСТВ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЧАСТИЦ И ОБЕСПЫЛИВАНИЯ ВОЗДУХА В ТЕХНОЛОГИИ КОНФЕКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГРАНУЛИРОВАННОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ……...… 127
Даценко А.П.
ЛОКАЛЬНАЯ ОЧИСТКА ЛИВНЕВЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЕНТОВ – ОТХОДОВ СЕЛЬХОЗПРОИЗВОДСТВА…….. 129
Демихова А.А.
РАЗРАБОТКА МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА ПО ПАРАМЕТРАМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТКЛИКА НА УДАРНОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ…….…… 131

Едреев С.А. МУЛЬТИМЕДИЙНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ…….…… 133
Кашапова И.А.
КАРТА ПОТОКА СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТИ СВЕТОДИОДНОГО РАСТРОВОГО СВЕТИЛЬНИКА (НА ПРИМЕРЕ ЗАО «ФИЗТЕХ-ЭНЕРГО»)……..... 135
Краюшкина Т.В.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АЭРОЗОЛЬНОГО ОБЛАКА В ЗАМКНУТЫХ ОБЪЁМАХ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ С УЧЁТОМ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧАСТИЦ АЭРО……..……138
Кривцов А.В., Арбуз А.С.
МОДЕЛИРОВАНИЕ МАРШРУТОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВАЛКОВ СТАНОВ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ……..…… 140
Лебедева Л.О.
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ – ГАРАНТИЯ НАДЁЖНОСТИ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ……..... 142
Ляпчева Е.В., Савицкая С.А.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЯГОВОГО ХОМУТА ПУТЕМ КОМБИНИРОВАНИЯ АТРИБУТОВ ОСНАСТКИ МАГНИТОПОРОШКОВОГО И ФЕРРОЗОНДОВОГО МЕТОДОВ……..…… 144
Мингажева Ю.Г.
ОЧИСТКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВОДЫ……..…… 146
Миннигалиева Ж.Ф.
ПОДХОД К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ……..…… 148
Никитенко М.С.
ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ СЕКЦИЙ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ……..… 150
Новосёлов П.А., Тимошенков Н.А.
ПРИБОРЫ ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ДАВЛЕНИЯ, ИНТЕГРИРОВАННЫЕ В АСУ ТП……... 152
Пилюгин Г. А.
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ ЖЕЛЕЗО-НИКЕЛЬ, ЖЕЛЕЗО-ЦИНК, ЖЕЛЕЗО-КОРУНД……..... 154
Пилюгин Г. А.
ЭФФЕКТИВНАЯ ПРОГРАММА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ…..... 156
Ротарь С.В., Ермоленко Н.С., Меринова Л.Р.
ИМПУЛЬСНО-ПУЧКОВОЕ ОКИСЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ВОДЕ……..... 158
Терёхина Ю.В.
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НА КИРПИЧНОМ ЗАВОДЕ……..… 160
Тимошенков Н.А., Новосёлов П.А.
ПРИБОР КОНТРОЛЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ИЗОЛИРУЮЩИХ РЕСПИРАТОРОВ…… 162
Филонина Е.А.
ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ АВТОМОБИЛЬНЫХ СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ……..….. 164
Хакимуллина А.С., Макарушкин Д.В., Халлыев И.А.
МОБИЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РУКОВОДСТВ…….. 166
Хапова Е.С., Халдина Е.А.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ РАЗРЫВОВ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВЕРХОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ……... 168
Чеховских С.И.
ВЛИЯНИЕ МАСШТАБНОГО ФАКТОРА НА ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТКЛИКА ПРИ УПРУГОМ УДАРНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ БЕТОНА…… 170
Шлякова Н.Н.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА УГЛЯ НА ПРИМЕРЕ ОАО «ВАХРУШЕВСКИЙ УГОЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ» Г. КИСЕЛЕВСКА……172
Evsevleev S.G., Mishurova T.A.
EXPEREMENTAL DETERMINATION OF IMAGE PLATE FOR COMPUTED RADIOGRAPHY ALUMINIUM ALLOY……..... 174
Zharkaya V.V.
THE MODERN METHODS OF QUALITY ASSURANCE……..... 176
Medvedeva K.V.
STANDARDIZED WORK OF PRODUCTION PROCESS OF LED LAMPS (ON THE EXAMPLE OF JSC “FIZTEHENERGO”)……..…….. 178
Kolesnikova M.A., Khasenova A.B.

A NEW APPROACH TO ESTIMATE CUSTOMER SATISFACTION……... 180
Mihailenko M.A.
IMAGING PLATES APPLICATION AS ALTERNATIVE TO FILM RADIOGRAPHY……... 182
Stadnyuk E.I.
MAGNETIC NONDESTRUCTIVE TESTING. SENSITIVITY OF MAGNETIC PARTICLE INSPECTION……... 184
Fomintseva J. V.
THE IMPLEMENTATION OF THE THERMAL WAVE TECHNIQUE IN PRODUCTS FROM COMPOSITES……..... 186
Frianova K., Gerbel D.
THE STUDY OF AIR POLLUTION EXHAUST CAR FUMES IN TOMSK……... 188

СЕКЦИЯ 10: ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА (HEAT AND POWER ENGINEERING)

Абдрафиков Е.Ш., Долгов С.В.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ГОРЕЛОЧНОГО УСТРОЙСТВА ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ БЕСПЛАМЕННОГО ГОРЕНИЯ……. 191
Афанасьев К.Ю.
РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ……... 193
Болтунов А. Е., Матвеев А. С.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СХЕМЫ КОЛЬСКОЙ АЭС……..... 195
Быков Н.В.
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ С КОНИЧЕСКИМ КАНАЛОМ……. 197
Васильев А.А., Дубровин С.П., Н.В. Визгавлюст
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА ПРИ СТУПЕНЧАТОЙ ПОДАЧЕ ТОПЛИВА В ТОПКУ КОТЛА БКЗ-320-140……..... 199
Войтенко А.И.
СРАВНЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОВОДНИКОВ ИЗ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ……..... 201
Воронцова Е.С.
РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ОСНОВНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ОТ ТЕПЛОИСТОЧНИКОВ «МАЛОЙ» ЭНЕРГЕТИКИ……..... 203
Горешнев М.А.
КОЭФФИЦИЕНТА ПАРООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ВАКУУМНОЙ СУШКЕ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ……... 205
Гренадёров А.С., Грибенников М.В.
ВЛИЯНИЕ БАРЬЕРНЫХ СЛОЁВ НИЗКОЭМИССИОННОГО ПОКРЫТИЯ НА ЕГО ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА……..... 207
Шишкевич М.П.
MECHANICAL TREATMENT MODELING……... 209
Дьяченко А.С., Кучерина А. Н.
ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БУРЫХ УГЛЕЙ ШИВЭ-ОВООСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МОНГОЛИИ……..…… 211
Закиров А.О., Власов С.М.
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС БАШЕННОЙ ИСПАРИТЕЛЬНОЙ ГРАДИРНИ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ……..... 213
Захарушкин Н.А., Хаустов С.А.
АНАЛИЗ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА ЖАРОТРУБНЫХ КОТЛОВ С РЕВЕРСИВНОЙ ТОПКОЙ……... 215
Иванова Е.А., Колесникова А.В.
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА……... 217
Кацюба А.В.
АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ ПЕРЕГРЕВА ГЕТЕРОСТРУКТУР GE/SI В ПРОЦЕССЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВОЙ ЭПИТАКСИИ……. 219
Койков К. И., Шилин А. А., Букреев В. Г.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НЕЛИНЕЙНОЙ ТЕПЛООБМЕННОЙ СИСТЕМЫ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ……. 221
Колесникова Е. А.
РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПО МЕТОДУ ВЫРАВНИВАНИЯ ТЕМПЕРАТУР И СРАВНЕНИЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ЭКСПЕРИМЕНТА……..... 223
Костриба А.П., Малинникова Т.П., Михеев В.Н.
ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ПОЛУЧЕНИЯ ШАХТНЫХ ЗАКЛАДОЧНЫХ РАСТВОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНОГО АНГИДРИТА……... 225

Кравченко Е.В.
О РАСЧЕТЕ КОЭФФИЦИЕНТА ГОТОВНОСТИ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ…….. 227
Кривошеин Ю.О., Одинцов А.В.
КОНТРОЛЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ОБЪЕКТАМИ ТГАСУ, ОХВАЧЕННЫМИ СИСТЕМОЙ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ……..... 229
Кривошеин Ю.О.
СИСТЕМА ДИСПЕТЧЕРСКОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ОБЪЕКТАМИ С ФУНКЦИЕЙ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА……..… 231
Курьянов А.А.
РАЦИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ПГУ С ФРЕОНОВОЙ ТУРБИНОЙ……. 233
Ларионов К.Б, Калугин Б.Ф.
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПОДОГРЕВА ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТУРБОУСТАНОВКИ……..... 235
Максименков А.А., Калугин Б.Ф.
РЕОРГАНИЗАЦИЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ НА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТУРБОУСТАНОВКАХ……..… 237
Минибаев А.И., Власов С.М.
СПОСОБ ОЧИСТКИ СТЕНОК ОТОПИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ ТВЕРДЫХ ОТЛОЖЕНИЙ…….....… 239
Ни А.Э.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИЯХ, ОБОГРЕВАЕМЫХ ГАЗОВЫМИ ИНФРАКРАСНЫМИ ИЗЛУЧАТЕЛЯМИ……..... 241
Рыжков Д.Н., Котин А.В., Соборнов А.Е.
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕНТОЧНЫХ ЗАВИХРИТЕЛЕЙ В КАНАЛАХ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ТЕПЛООТДАЧИ…….. 243
Сафронов А.В.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОБЛОКА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО – ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ……. 245
Седов М.К., Виноградов А.Л., Рязапов Р.Р.
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТНЫХ КОДОВ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ГИДРОДИМНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА В МОДЕЛИ КОЛЛЕКТОРНОГО УЗЛА ОБОРУДОВАНИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТВАНОВКИ…….. 247
Сладков С.О., Пащенко С.Э., Саломатов Вас.В.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЧ-НАГРЕВА ПЛОСКОГО УГОЛЬНОГО СЛОЯ.
II. ТЕМПЕРАТУРНАЯ И ТЕРМОУПРУГАЯ ЗАДАЧИ……... 249
Сладков С.О., Пащенко С.Э., Саломатов Вас.В.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЧ-НАГРЕВА ПЛОСКОГО УГОЛЬНОГО СЛОЯ.
I. ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА……... 251
Слюсарский К.В, Беспалов В.И.
РАСЧЕТ ВЫДЕЛЕНИЯ ТЕПЛА ПРИ КАВИТАЦИИ ЖИДКОСТИ В РОТОРНОМ АППАРАТЕ…….. 253
Смоляров А.С., Ромашова О.Ю.
СРАВНЕНИЕ ВЫРАБОТКИ ХОЛОДА В СХЕМАХ ТЭС И АЭС……..… 255
Тыченгулова А.Ж.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕМНОЙ КОНДЕНСАЦИИ ГАЗА В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР ……..…... 257
Фиотович Ю.А.
ТЕРМОСИФОННЫЙ ТЕПЛООБМЕННЫЙ АППАРАТ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА В НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ И НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ…….. 259
Францева А.А.
КОМБИНИРОВАННОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ С ФРЕОНОВЫМИ ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРАМИ……... 261
Цветков Д.Н.
ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ СТЕН ЗДАНИЙ ИЗ ДЛИННОМЕРНЫХ СОСТАВНЫХ АНИЗОТРОПНЫХ ТЕЛ С ПОПЕРЕЧНЫМИ НЕСКВОЗНЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ…… 263
Цибульский С.А.
ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЕЙ ДЛЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ТЭС……..…… 265
Шайхутдинов Р.А., Фазуллина А.И.
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЕЕ РОЛЬ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ……..... 267
Яганов Е.Н., Томилов В.Г.
СОВРЕМЕННЫЕ ПУТИ ОБНОВЛЕНИЯ КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПЫЛЕУГОЛЬНЫХ ТЭС……. 269

Яганов Е.Н., Томилов В.Г.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ТОПЛИВА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ В УСЛОВИЯХ ЗАДАЧИ ИЗМЕНЕНИЯ ТОПЛИВНОГО БАЛАНСА ТЭС……..…. 271

СЕКЦИЯ 11: ДИЗАЙН И ТЕХНОЛОГИЯ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ (DESIGN AND TECHNOLOGY OF ART PROCESSING OF MATERIALS)

Акентьева О.Е.
УСТРАНЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ МЕТАЛЛА В ДИЗАЙНЕ…… 274
Антипина Е.В.
РОБОТ КАК ДИЗАЙН-ПРОДУКТ……. 276
Богачева Ю.М., Молдавский С.Н.
ТЕХНОЛОГИЯ РУЧНОГО ПЛЕТЕНИЯ БРАСЛЕТА…….…… 278
Бурякова А. С., Черевкова Я.В.
РАЗВИТИЕ СТЕНОВОЙ КЕРАМИКИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ…… . 280
Бурцев Д.С.
ВЛИЯНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ КЛАССИЧЕСКОЙ КОЛОКОЛЬНОЙ БРОНЗЫ……282
Григоренко Е.Р.
ХУДОЖЕСТВЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННОГО БУЛАТА И ДАМАСКА ……... 284
Гуделайтис А.К., Жукова Л.Т.
ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕСС-ФОРМ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ФИЛИГРАННОГО ОРНАМЕНТА В ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЯХ ИЗ МЕТАЛЛА……..….. 286
Денисова М.В., Соколов А.П.
СТЕКЛЯННЫЙ СТОЛ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОПОРОЙ…….....288
Дерябина Т .Ю.
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕРКОВНОГО ТЕКСТИЛЯ …….....… 290
Жукова Н.В.
ВЛИЯНИЕ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ НА ФОРМУ ПРОМЫШЛЕННОГО ИЗДЕЛИЯ……... 292
Жукова Н.М.
СОЗДАНИЕ ДЕКОРАТИВНОЙ ПОДСТАВКИ ДЛЯ КОЛЕЦ…….. 294
Зайцева В.Н.
ЗНАЧЕНИЕ ЦВЕТА В АРХИТЕКТУРЕ КИРПИЧНЫХ ЗДАНИЙ…… 296
Зуев А.В.
ОЦЕНКА ФАКТОРОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИЗАЙНА……..... 298
Иванова И.М., Петров С.М.
УСТОЙЧИВОСТЬ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ КРЕМНЕЗОЛЕЙ…….... 300
Калинина А.А.
ДЕКОРАТИВНАЯ КИРПИЧНАЯ КЛАДКА В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ……. 302
Каллас Ю. О.
ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКТАЛОВ В ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОМ ИСКУССТВЕ ……... 304
Каллас Ю. О.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ДИЗАЙНА С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕМАНТИЧЕСКОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА КАК ИНСТРУМЕНТА ИСКУССТВОВЕДЧЕСКОГО АНАЛИЗА……..... 307
Катрич О.И.
ВАКУУМНАЯ ФОРМОВКА В ХУДОЖЕСТВЕННОМ ЛИТЬЕ…….. 310
Кодзаева М. Б.
АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ БРОНЗЫ В ИСКУССТВЕ ДРЕВНЕЙ ОСЕТИИ……..…… 312
Кожевникова А.А.
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭСТЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ИЗ ПВХ ИЗДЕЛИЙ…….. 314
Крайняя Р.Г., Селиванова А.И.
КОНЦЕПЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ БУДУЩЕГО КАК КОМПЛЕКСА АРХИТЕКТУРНЫХ СООРУЖЕНИЙ……..…… 316
Куликовская В.Л., Коломейцев С.Т.
ФАКТУРНЫЙ ЛИЦЕВОЙ КИРПИЧ…….... 318
Литвинова Л. В.
ДИЗАЙН УЧЕБНОЙ ПРЕЗЕНТАЦИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРАКТИКАХ……..... 320

Лукьянченко А.А.
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЖИДКОТЕКУЧЕСТИ СИЛУМИНА
ОТ СВОЙСТВ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА И СПОСОБА ЗАЛИВКИ……..…… 322
Маслова М.Ю.
РАЗВИТИЕ КЕРАМИЧЕСКОЙ ЧЕРЕПИЦЫ В РОССИИ И СТРАНАХ ЕВРОПЫ…….. 324
Михаленков А.И., Писклаков П.В.
СОЗДАНИЕ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ТАКТИЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ……..... 326
Моисеенко М.Е., Арьков Н.М., Швелидзе Р.Э.
ГИДРОРЕЗАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ СОВРЕМЕННОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ……..... 328
Мухина Т.С., Петрова С.Г.
ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВАКУУМНО-ДУГОВЫХ УСТАНОВОК НА СВОЙСТВА
ТОНКИХ ПЛЕНОК……..... 330
Нивзорова Д.В.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЛЬЕФА В ХУДОЖЕСТВЕННОМ ОБРАЗЕ УКРАШЕНИЙ……..... 333
Новикова А.С.
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СТЕНОВОЙ КЕРАМИКИ…… 335
Оболенская Т.Н.
ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АМУЛЕТА ПО МОТИВАМ КУЛАЙСКОЙ КУЛЬТУРЫ…….. 337
Петрова В.А.,Наумова О.Д.
РЕСТАВРАЦИЯ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗА……..... 339
Пономарев А.А., Попова А.А.
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭСТЕТИЧЕСКИХ, КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
НА ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМЫ ПОДВЕСА КОЛОКОЛА…… 341
Пугачёва А.Е., Старцев К.
ЭРГОНОМИКА ПРОСТРАНСТВА ПОМЕЩЕНИЙ…… 343
Пустозерова О.Л., Кухта М.С.
ЮВЕЛИРНАЯ БИЖУТЕРИЯ ИЗ ВОЙЛОКА И СЕРЕБРА В ЭТНОСТИЛЕ…… 345
Романов А.Р.
ИСТОРИЧЕСКАЯ ТИПОЛОГИЯ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ СХЕМ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ…… 347
Силаева Е.М., Серяков В.А.
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ МОДУЛЬНЫЙ ШКАФ КАК СРЕДСТВО
ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВА……. 349
СоболеваЛ.И.
ТЕХНОЛОГИЯ ДРЕВЕСНОЙ ФИЛИГРАНИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ…….. 351
Сорока А.А.
АБСТРАКТНЫЕ ФОРМЫ В ДИЗАЙНЕ…….. 353
Тимофеев Е.С., Шарипов А.В., Швелидзе Т.Э.
НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИЗГОТОВЛЕНИИ ВИТРАЖЕЙ В СТИЛЕ «ТИФФАНИ»…….. 355
Топорова В.С., Петрова С.Г.
ОБЗОР ХИМИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ РЕЦЕПТУР ДЛЯ РЕСТАВРАЦИИ
ХУДОЖЕСТВЕННОГО ЛИТЬЯ ИЗ МЕДНЫХ СПЛАВОВ……. 357
Топорова В.С., Петрова С.Г.
ФАНТАЗИЙНЫЕ ЦВЕТА ПАТИН ДЛЯ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ЛИТЬЯ ИЗ МЕДНЫХ СПЛАВОВ…… 359
Троянов К.В.
СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ КАК МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ
ИНСТРУМЕНТОВ……..... 361
Тузовская А.В., Денисова М.В.
СОЗДАНИЕ НОВЫХ ОБРАЗОВ АТРИБУТИКИ КУЛАЙСКОЙ КУЛЬТУРЫ…… 363
Тузовская А.В., Серяков В.А.
ЗНАЧЕНИЕ ОСТАНОВОЧНОГО КОМПЛЕКСА В СОВРЕМЕННОЙ
КОММУНИКАЦИОННОЙ СРЕДЕ……..... 365
Тутова С.А., Черевкова Я.В.
КЕРАМИЧЕСКАЯ ПЛИТКА С МЕТАЛЛИЗИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ИЗ ПОРОШКОВЫХ
ПОЛИМЕРНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ…… 367
Федоренко Е.В.
ВТОРИЧНЫЙ ДИЗАЙН В МЕТАЛЛЕ…… 369
Федотов А.Е., Жукова Л .Т
ТЕХНОЛОГИЯ ДЕКОРИРОВАНИЯ РОГОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ВНЕДРЕНИЕМ МЕТАЛЛА
ПОД ДАВЛЕНИЕМ…… 371
Фролкова Л.В., Воробьева Е.И.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЛИТЬЯ В СОЗДАНИИ ХУДОЖЕСТВЕННО-ДЕКОРАТИВНЫХ ИЗДЕЛИЙ

С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ……..…….... 373
Хмызникова В.А., Осипова Г.Ю.
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИЗГОТОВЛЕНИИ ОБЪЕКТОВ ДИЗАЙНА - ВИЗУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И МОДУЛЕЙ (ВИСМ) МАЛОЙ АРХИТЕКТУРНОЙ ПЛАСТИКИ…… 375
Черных Н.В.
ЗВЕРИНЫЙ СТИЛЬ В ЭТНОДИЗАЙНЕ МЕДНО-БРОНЗОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ДРЕВНИХ НАРОДОВ ЗАБАЙКАЛЬЯ…… 378
Шадрин З.А.
ПОИСК ОБРАЗА КАК ЭТАП СОЗДАНИЯ ПРОИЗВЕДЕНИЯ ОРУЖЕЙНОГО ИСКУССТВА В ТРАДИЦИЯХ ЗЛАТОУСТОВСКОЙ ШКОЛЫ…… 380
Шишова А. А., Оголь И. И.
СОЗДАНИЕ АВТОРСКИХ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ПОДВЕСОК «РЫБЫ»…… 382
Шулаков А.Ю.
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ГАЛЬВАНИЗАЦИИ В ЗЛАТОУСТОВСКОЙ ГРАВЮРЕ НА МЕТАЛЛЕ…… 384
Zuev A.
FRACTAL GRAFICS AS A TOOL OF SHAPING IN DESIGN……..... 386
Sharmanova A.E.
MODERN METHODS AND TECHNIQUES OF WOOD ARTISTIC TREATMENT……. 388

СЕКЦИЯ 12: НАНОМАТЕРИАЛЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ И НОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА (NANOMATERIALS, NANOTECHNOLOGIES AND NEW ENERGETICS)

Ilyin A.P., Root L.O., Tolbanova R.I.
SMALL PARTICLES ENERGY IN SOLID PHASE PROCESSES…… 391
M. Fassina, L.T. De Luca
EXPERIMENTAL COMPARISON OF SOLID ROCKET PROPELLANTS WITH LOW AND HIGH ALUMINUM CONTENT…… 393
Grekova A.D., Veselovskaya J.V
COMPOSITES “A BINARY SALT SYSTEM INSIDE A POROUS MATRIX”: NANOTAILORING OF THE ADSORBENTS FOR PARTICULAR APPLICATIONS……. 395
Sidelev D.V.
OPTICAL PROPERTIES OF DIOXIDE TITANIUM THIN FILMS……. 397
Usoltseva N.V.
NONEQUILIBRIUM COPPER AND ALUMINIUM ELECTROCHEMICAL OXIDATION AS AN EFFECTIVE WAY OF COPPER-ALUMINIUM OXIDE SYSTEM PRODUCTION…… 399
Yazykov D.K., Khasanov A.O., Kachaev A.A.
OBTAINING OF Li1.3Al0.3Ti1.7(PO4)3 SOLID LI-ION CONDUCTIVE CERAMICS BY SPARK PLASMA SINTERING…….. 401
Алмаев А.В., Сергейченко Н.В, Рудов Ф.В.
СЕЛЕКТИВНЫЕ СЕНСОРЫ ВОДОРОДА В РЕЖИМЕ ТЕРМОЦИКЛИРОВАНИЯ…… 403
Анисимов А.В., Турищев С.Ю., Нежданов А.В.
ЭЛЕКТРОННАЯ И АТОМНАЯ СТРУКТУРА НАНОСЛОЕВ КРЕМНИЯ НА ВЫСОКООРИЕНТИРОВАННОМ ПИРОЛИТИЧЕСКОМ ГРАФИТЕ…… 405
Асташова Т. А.
ПОРОШКИ ZrO2(Y2O3), ПОЛУЧЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИМ ОСАЖДЕНИЕМ И ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМ СИНТЕЗОМ, И МАТЕРИАЛЫ НА ИХ ОСНОВЕ…… 407
Баронский М.Г., Костюков А.И.
ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ CR3+ В НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ АЛЮМОХРОМОВЫХ МАТЕРИАЛАХ…….. 409
Белозерова Н.М.
ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ АЛМАЗОВ ДЕТЕКТОРНОГО КАЧЕСТВА…….. 411
Березовская В. Р.
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОСТРУКТУРНЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ AL-CR-SI-TI-CU-N В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРЯЖЕНИЯ СМЕЩЕНИЯ…… . 413
Богданов О.А, Власов. И.В.
ВЛИЯНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ НА УСТАЛОСТНУЮ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СТАЛИ 30ХГСН2А……. 415
Высоцкий Д.В., Чувенкова О.А., Попов А.Е.
ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ НИТЕВИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ ДИОКСИДА ОЛОВА СИНХРОТРОННЫМИ МЕТОДАМИ……..... 417

Долинина А.С.
ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ КАДМИЯ И МЕДИ В РАСТВОРАХ NH4CL, NACL…… 419
Евдокимов А.А., Герасимов Д.Ю., Усиков А.И.
ВВЕДЕНИЕ МЕДИ В СОСТАВ ШИХТЫ НИТРИДА ТИТАНА МЕТОДОМ ВСТРЕЧНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ СТРУЙ……..… 421
Евдокимов А.А., Герасимов Д.Ю., Усиков А.И.
О ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПОЛНОГО ЦИКЛА ПОЛУЧЕНИЯ ОБЪЕМНОГО ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО НИТРИДА ТИТАНА С СУБМИКРОННОЙ СТРУКТУРОЙ ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ…….. 423
Ефремов А.В., Попов В.И.
ПОЛУЧЕНИЕ МУЛЬТИГРАФЕНА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАССЛОЕНИЯ ГРАФИТА И ПОСЛЕДУЮЩЕГО ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ……. 425
Жантуаров С. Р., Умирзаков А. Г., Мартемьянов Д. В.
ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ГЛАУКОНИТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОВОЛОКНАМИ ОКСИГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ…….. 427
Зубрилкина Ю.Л.
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕТЕРОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ НИТРИДА ГАЛЛИЯ ДЛЯ БЕЛЫХ СВЕТОДИОДОВ…… 429
Карепина Е.Е., Сенатова С.И.
ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА И МОРФОЛОГИИ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ В СУСПЕНЗИЯХ НАНОПОРОШКОВ АЛЮМИНИЯ В ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ РАСТВОРЕ……... 431
Кенжин Р.М., Коскин А.П.
ИССЛЕДОВАНИЕ КИСЛОТНЫХ ЦЕНТРОВ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ TiO2 И ВОЛОКНИСТОГО УГЛЕРОДА МЕТОДОМ СПИНОВЫХ ЗОНДОВ…… 433
Козубова М.А., Горина С.Г., Бабкина Е.И.
СТИМУЛИРОВАННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ СИЛЬНОТОЧНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ……..... 435
Костюков А.И., Баронский М.Г.
ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ АЛЮМОХРОМОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ…… 437
Коюда Д.А., Турищев С.Ю, Домашевская Э.П.
СИНХРОТРОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОКРИСТАЛЛОВ И КЛАСТЕРОВ КРЕМНИЯ В МНОГОСЛОЙНЫХ НАНОСТРУКТУРАХ AL2O3/SIO*X*/AL2O3/SIO*X*/…/SI(100)…… 439
Криницын М. Г.
ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МЕХАНОКОМПОЗИТОВ МЕДЬ-УГЛЕРОД…… 441
Нуждин А.Л., Мороз Б.Л., Заикин П.А.
ХЕМОСЕЛЕКТИВНОЕ ГИДРИРОВАНИЕ п-НИТРОХЛОРБЕНЗОЛА В ПРОТОЧНОЙ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ H-CUBE PRO В ПРИСУТСТВИИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО КАТАЛИЗАТОРА Au/Al2O3…… 443
Паринова Е.В., Турищев С.Ю.
ДИАГНОСТИКА МАССИВОВ СТОЛБИКОВ НИКЕЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ В МАТРИЦЕ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ…….. 445
Савостьяненко М. А., Герасимов Д. Ю., Евдокимов А.А.
ПОЛУЧЕНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОРОШКООБРАЗНОГО ДИОКСИДА ТИТАНА МЕТОДОМ ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА……... 447
Смирнов И.В., Гриняев К.В., Дитенберг И.А.
ВЛИЯНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ СИСТЕМЫ V-Cr-Zr-W……... 449
Титов Ю.В., Кисель А.Г., Реченко Д.С.
ПОЛУЧЕНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА ФЕРРОМАГНЕТИКОВ НА МЕЛЬНИЦЕ ТОНКОГО ПОМОЛА……..… 451
Усиков А.И., Герасимов Д.Ю., Евдокимов А.А.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОДА КОАКСИАЛЬНОГО УСКОРИТЕЛЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ШИХТЫ СВЕРХТВЕРДОГО МАТЕРИАЛА…… 453
Усиков А.И., Герасимов Д.Ю., Евдокимов А.А.
ДИНАМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ НАНОДИСПЕРСНЫХ ФАЗ В СИСТЕМЕ TI-SI-N…….. 455
Цхе А.А., Грязнова Е.Н.
ВЛИЯНИЕ ИОНОВ MN2+ НА ПРОТЕКАНИЕ РЕАКЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАНОПОРОШКА АЛЮМИНИЯ С ЖИДКОЙ ВОДОЙ……... 457

Цыбенко А.О., Ковальчук А.Н., Ионов И.В.
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ NiO/YSZ АНОДНОГО СЛОЯ ТВЕРДООКСИДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА……... 459
Чебодаева В.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ МОДЕЛЬНЫХ ПОДЛОЖЕК……..... 461
Чернышев А.В.
XPS ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЖАТОМНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В МНОГОСЛОЙНЫХ НАНОСТРУКТУРАХ (CO45FE45ZR10/A-SI)40 И (CO45FE45ZR10/SIO2)32…… 463
Шадрин В.С., Попова Т.А., Дедова Е.С.
ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ПРИ СИНТЕЗЕ ВОЛЬФРАМАТА ЦИРКОНИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНОМ МЕТОДОМ……. 465
Шаненков И.И., Колганова Ю.Л., Пак А.Я.
О ВОЗМОЖНОСТИ СИНТЕЗА ГРАФИТОПОДОБНОГО НИТРИДА УГЛЕРОДА В СИСТЕМЕ С МЕЛАМИНОМ……..... 467
Швец И.А., Денисов К.И.
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ И УПРОЧНЕНИЕ ТАНТАЛА В ПРОЦЕССЕ КОМБИНИРОВАННОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ……..... 469
Исакова А.А.
ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НОВОГО НАНОСТРУКТУРНОГО ОБЪЕКТА-ИМПАКТНЫХ АЛМАЗОВ ИЗ ПОПИГАЙСКОЙ АСТРОБЛЕМЫ…….. 471

КРУГЛЫЙ СТОЛ «ФИЛОСОФИЯ ТЕХНИКИ» («TECHNICS PHILOSOPHY»)

Калашникова Т. В.
ИЗОМОРФИЗМ ТРАДИЦИОННОГО ТКАЧЕСТВА И КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ……... 474
Корелина Е.В.
НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕЧЕНИИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПСИХИКУ РЕБЕНКА……. 476
Миньковский В.В., Соколов А.П.
СЕТЕВЫЕ СТРУКТУРЫ В ОБЩЕСТВЕ И БИОЛОГИИ……..... 478
Родин М.А.
ПРОБЛЕМА «ЛИЧНОСТЬ И ТРУД» В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ…… 480
Шайхутдинова Л. К.
ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВРАЧЕБНЫХ ОШИБОК В ЭПОХУ БИОМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ…….. 482

Научное издание

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

СБОРНИК ТРУДОВ
XIX МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

В трех томах

Том 3

Компьютерная верстка Голубева К.А.

Дизайн обложки Петелин А.М.

Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета

Подписано к печати 00.06.2011. Формат 60x84/8. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 57,46 Уч.-изд. л. 51,97
Заказ 000-13. Тираж 150 экз.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел/факс: +7 (3822) 56-35-35, www.tpu.ru