

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

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

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

12–16 апреля 2010 г.

В трех томах

Том 3

Томск 2010

УДК 62.001.001.5(063)

ББК 30.1л.0

C56

C56 **Современные техника и технологии:** сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3 т. Т. 3/ Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 442 с.

Сборник содержит статьи, разделенные по секциям: электроэнергетика; приборостроение; технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств; электромеханика; системы и приборы медицинского назначения; материаловедение; информатика и управление в технических системах; физические методы в науке и технике; контроль и управление качеством; теплоэнергетика; дизайн и технология обработки материалов; наноматериалы, нанотехнологии и новая энергетика; круглый стол «философия техники»; круглый стол «проблемы организации научно-технического творчества молодежи».

Представляет интерес для специалистов, исследователей в сфере материаловедения, машино- и приборостроения, энергетики, контроля и управления качеством, а также по проблемам НИРС в вузах.

(063)

УДК 62.001.001.5

ББК 30.1л.0

Материалы предоставлены в авторской редакции

© ГОУ ВПО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»,
2010

© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2010

СОСТАВ ПРОГРАММНОГО КОМИТЕТА КОНФЕРЕНЦИИ

1. Чубик П.С. д.т.н., профессор, ректор ТПУ, председатель оргкомитета
2. Власов В. А. д.ф.-м.н., профессор, проректор по НРИИ, сопредседатель оргкомитета
3. Дмитриенко В.П. к.т.н., доцент, зам. проректора по НРИИ, сопредседатель оргкомитета
4. Шепотенко Н.А. к.ф.-м.н., начальник УМАД НУ
5. Зольникова Л. М. начальник отдела ОНИР СиМУ УМАД НУ, председатель Круглого стола «Проблемы организации научно-технического творчества молодежи»
6. Негруль В.В. к.ф.-м.н., директор ИТЦ НУ
7. Сидорова О.В. эксперт отдела ОНИР СиМУ УМАД НУ
8. Кайрова Н.Н. эксперт отдела ОНИР СиМУ УМАД НУ
9. Сивков А.А. д.т.н., профессор кафедры ЭСПП ЭЛТИ, председатель секции № 1
10. Гусев А.С. д.т.н., профессор кафедры ЭСТ ЭЛТИ, сопредседатель секции № 1
11. Космынина Н.М. к.т.н., нач. отдела ОНИР СиМУ ЭЛТИ, сопредседатель секции № 1
12. Вотяков В. Ф. к.т.н., доцент кафедры ИИТ ЭФФ, председатель секции № 2
13. Темник А. К. к.т.н., зав. отделом НИИ ИН, сопредседатель секции № 2
14. Силушкин С.В. ст.преп. кафедры КИСМ ЭФФ, сопредседатель секции № 2
15. Мойзес Б. Б. к.т.н., доцент кафедры АРМ МСФ, председатель секции № 3
16. Ефременков Е.А. к.т.н., доцент кафедры ТАМП МСФ, сопредседатель секции № 3
17. Соколов А. П. к.т.н., доцент кафедры ТПМ МСФ, сопредседатель секции № 3
18. Муравлев О. П. д.т.н., профессор кафедры ЭМА ЭЛТИ, председатель секции № 4
19. Дементьев Ю.Н. к.т.н., доцент, зав. кафедрой ЭПЭО ЭЛТИ, сопредседатель секции № 4
20. Усачева Т.В. к.т.н., доцент кафедры ЭМА ЭЛТИ, сопредседатель секции № 4
21. Евтушенко Г.С. д.т.н., профессор, декан ЭФФ, председатель секции № 5
22. Пеккер Я. С. к.т.н., профессор, зав. кафедрой БМК СибГМУ, сопредседатель секции № 5
23. Аристов А.А. к.т.н., доцент кафедры ПМЭ ЭФФ, сопредседатель секции № 5
24. Зенин Б.С. к.т.н., доцент кафедры ММС МСФ, председатель секции № 6
25. Егоров Ю.П. к.т.н., зав. кафедрой ММС МСФ, сопредседатель секции № 6
26. Овечкин Б.Б. к.т.н., доцент кафедры ММС МСФ, сопредседатель секции № 6
27. Малышенко А.М. д.т.н., профессор., зав. кафедрой ИКСУ АВТФ, председатель секции № 7
28. Рудницкий В.А. к.т.н., доцент кафедры ИКСУ, сопредседатель секции № 7
29. Фадеев А.С. к.т.н., доцент кафедры АиКС АВТФ, сопредседатель секции № 7
30. Потылицын А.П. д.ф.-м.н., проф., зав. кафедрой ПФ ФТФ, председатель секции № 8
31. Вергун А.П. д.ф.-м.н., профессор кафедры ТФ ФТФ, сопредседатель секции № 8
32. Гоголев А.С. к.ф.-м.н., н.с. кафедры ПФ ФТФ, сопредседатель секции № 8
33. Кулешов В.К. д.т.н., профессор кафедры ФМПК ЭФФ, председатель секции № 9
34. Бразовский В.В. к.т.н., докторант НИИ ИН, зам. председателя секции № 9
35. Калининченко А.Н. ст. преподаватель кафедры ФМПК ЭФФ, зам. председателя секции № 9
36. Заворин А.С. д.т.н., доцент, зав. кафедрой ПГС ТЭФ, председатель секции № 10
37. Беляев Л.А. к.т.н., доцент, зав. кафедрой АТЭС ТЭФ, сопредседатель секции № 10
38. Тайлашева Т.С. к.т.н., ст. преп. кафедры ПГС ТЭФ, сопредседатель секции № 10
39. Кухта М.С. д.ф.н., профессор кафедры АРМ МСФ, председатель секции № 11
40. Гольдшмидт М.Г. к.т.н., доцент кафедры АРМ МСФ, сопредседатель секции № 11
41. Громов А.А. д.т.н., профессор кафедры ТСН ХТФ, председатель секции 12
42. Митина Н.А. к.т.н., доцент кафедры ТСН ХТФ, сопредседатель секции 12
43. Степанов А.А. д.ф.н., профессор кафедры философии ТГПУ, председатель Круглого стола «Философия техники»
44. Мещерякова Т.В. к.т.н., ст. преподаватель кафедры философии СибГМУ, сопредседатель Круглого стола «Философия техники»
45. Маслова С.В. к.ф.н., доцент кафедры СОЦ ГФ, куратор иногородних участников конференции

СОСТАВ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ ТРУДОВ КОНФЕРЕНЦИИ

1. Зольникова Л.М., нач. отдела ОНИР СиМУ УМАД НУ, ученый секретарь конференции
2. Сидорова О.В., эксперт отдела ОНИР СиМУ УМАД НУ
3. Сивков А.А., д.т.н., проф. кафедры ЭСПП ЭЛТИ, председатель секции № 1
4. Вотяков В.Ф., к. т. н., доцент кафедры ИИТ ЭФФ, председатель секции № 2
5. Мойзес Б.Б., к. т. н., доцент кафедры АРМ МСФ, председатель секции № 3
6. Муравлев О.П., д.т.н., профессор кафедры ЭМА ЭЛТИ, председатель секции № 4
7. Евтушенко Г.С., д.т.н., профессор, декан ЭФФ, председатель секции № 5
8. Зенин Б.Б., к. т. н., доцент кафедры ММС МСФ, председатель секции № 6
9. Малышенко А.М., д. т. н., профессор, зав. кафедрой ИКСУ АВТФ, председатель секции № 7
10. Потылицын А.П., д.ф.- м.н., профессор, зав. кафедрой ПФ ФТФ, председатель секции № 8
11. Кулешов В.К., д.т.н., профессор кафедры ФМПК ЭФФ, председатель секции № 9
12. Заворин А.С., к.т.н., профессор, зав. кафедрой ПГС ТЭФ, председатель секции №10
13. Кухта М.С., д.ф.н., профессор каф. АРМ МСФ, председатель секции № 11
14. Громов А.А., д.т.н., профессор каф. ТСН ХТФ, председатель секции 12
15. Степанов А.А., д.ф.н., профессор кафедры философии ТГПУ, председатель Круглого стола «Философия техники»

СЕКЦИЯ 8

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

ОСОБЕННОСТИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ ИЗОТОПНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ В ОБМЕННЫХ КОЛОННАХ

Балашков В. С., Вергун А. П.

Научный руководитель: Вергун А. П., д.т.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: balashkov_vit@mail.ru

Значительно меньше изучены условия работы каскадов, включающих обменные колонны при возникновении флуктуаций параметров. Между тем они имеют место и оказывают существенное влияние на отбор обогащенного продукта. Кроме того вопросы, связанные с управлением каскада, с разработкой автоматических систем управления, также требуют изучения параметры поведения каскада в условиях изменения его параметров.

Рассмотрим вопрос о влиянии колебаний потока фаз на обогащение и производительность при двухфазном разделении. Колебания потоков приводят к снижению степени разделения q , а если последняя фиксирована, то к снижению производительности. Исследование влияния колебаний связано с определенными математическими трудностями и значительным объемом вычислений, поэтому ограничиваются лишь анализом основных уравнений. Уравнение массопереноса будет иметь вид:

$$\frac{\partial X}{\partial Z} + wh \frac{\partial X}{\partial t} = \frac{\varepsilon X}{1 - \varepsilon X} - \frac{j - jMX}{G}$$

Функция $X = X(z,t)$ задает функцию извлекаемого компонента в момент времени T в ступени Z .

Это уравнение является общим уравнением процесса разделения изотопов при любом режиме работы разделительного каскада. Основное отличие нестационарного процесса заключается в том, что перенос массы колеблется и не равен внешнему отбору.

Разработана компьютерная модель. Было сделано допущение, что в колонне по какой-либо причине происходят П-образные колебания потока фазы пара с полупериодом 2ϕ и амплитудой ΔG . При переходе от плюсового полупериода ($\Delta G > 0$) к минусовому коэффициент обогащения меняется скачком от

$$\varepsilon^+ = \varepsilon - \frac{\Delta G}{L} = \varepsilon(1 - \beta) \quad \text{до}$$

$$\varepsilon^- = \varepsilon(1 + \beta)$$

Величину $\beta = \frac{\Delta G}{L\varepsilon}$ можно назвать относительной амплитудой колебаний, L - поток жидкости в колонне.

Работа программы основана на использовании следующих соотношений.

$$\bar{q}_p = \tilde{q}_p - 1 = \frac{2}{\frac{1}{q_p^+} + \frac{1}{q_p^-}} = \frac{2}{\frac{1-\beta}{q_0^{1-\beta}} - 1 + \frac{1+\beta}{q_0^{1+\beta}} - 1}$$

$$\frac{\Delta j}{j} = \frac{j - j_{i>51}}{j} = \left(\frac{\bar{q}_p}{q_0} - 1 \right) \left(\frac{1 - \theta_0}{\theta_0} \right) \approx ab^2 \frac{1 - \theta_0}{\theta_0}$$

Где $a = \frac{q_0}{q_0 - 1} eN \left(\frac{q_0 + 1}{q_0 - 1} eN - 1 \right)$, \tilde{q}_p - степень разделения, достигаемая при наличии колебаний,

$\frac{\Delta j}{j}$ - снижение роста производительности, q_0 - степень разделения в отсутствие колебаний,

$\theta_0 = \frac{j}{j_0}$ - относительный отбор при режиме без колебаний; j и $j_{колеб}$ - производительность в отсутствие и при наличии колебаний, e - коэффициент обогащения, N - число ступеней в колонне

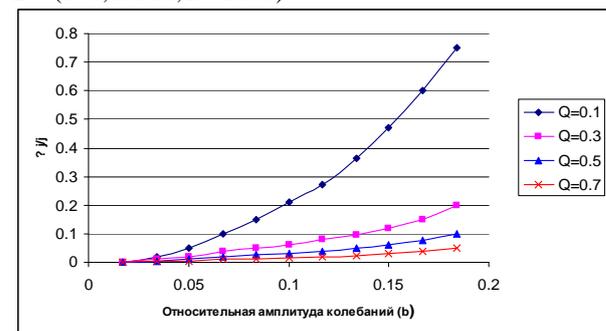
Исходными данными являются: коэффициент обогащения e , число ступеней в колонне N , значения относительного отбора в режиме без колебаний θ_0 и значения относительной амплитуды колебаний β . На выходе программы получаем значения обогащения q_p , достигаемого в колонне и относительное снижение производительности $\frac{\Delta j}{j}$ для различных относительных амплитуд колебаний и значений относительного отбора.

Для демонстрации результатов работы программы возьмем два варианта исходных данных:
1 - ($e=0,047, N=40$)
2 - ($e=0,00543, N=1500$)

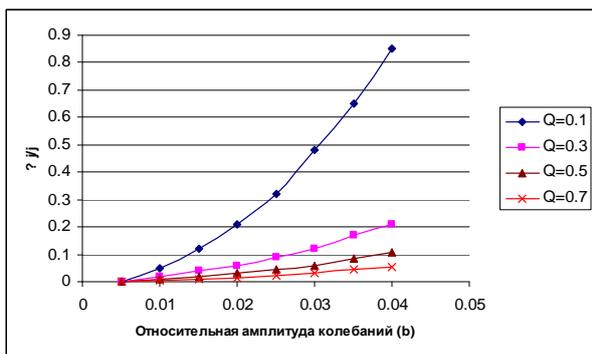
Для демонстрации результатов работы программы возьмем два варианта исходных данных:

1 - ($e=0,047, N=40$)

2 - ($e=0,00543, N=1500$)

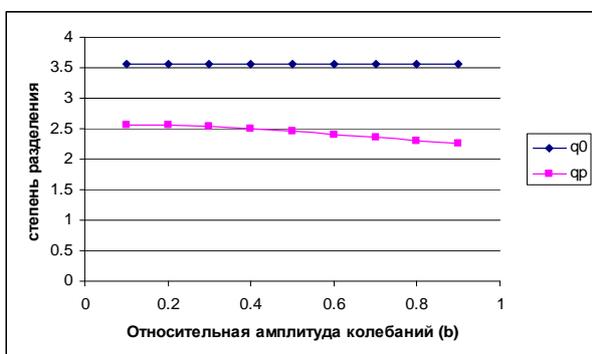


(a)

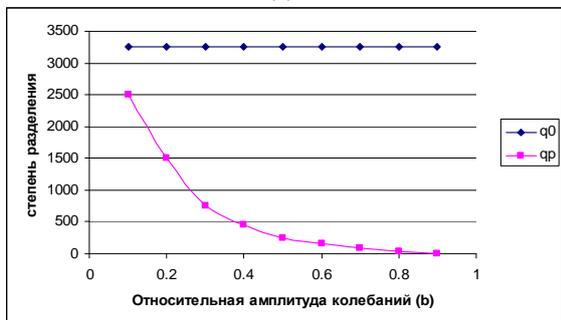


(б)

На рисунках 1(а) и 1(б) показано снижение производительности колонны для первого и второго вариантов исходных данных соответственно для различных значений относительного отбора u_0



(а)



(б)

На рисунках 2(а) и 2(б) для первого и второго вариантов исходных данных представлены степень разделения (q_p) в колонне при наличии колебаний потока для различных амплитуд колебаний и, для сравнения, степень разделения (q_0) в колонне для режима без колебаний.

Выводы:

1. При наличии колебаний потока фазы в колонне снижение производительности может быть весьма существенным. Оно растет с увеличением относительной амплитуды колебаний, но при работе с высоким относительным отбором потеря производительности уменьшается.

2. При сравнении рисунков 1(а) и 1(б) можно отметить, что снижение производительности колонны с увеличением относительной ампли-

туды колебаний происходит гораздо интенсивнее для колонн с высокой степенью разделения и принимает уже существенные значения при низких β .

3. Колебания потока фазы пара с большой относительной амплитудой ($\beta \sim 1$) приводят к весьма существенному снижению степени разделения, тем более сильному, чем выше эффективность колонны.

По второму направлению при изучении нестационарных процессов использовались методы системного анализа, предусматривающие разработку математической модели процесса разделения. Применение статистических методов рассматривается как средство получения математических моделей технологических процессов.

Математическая модель, получаемая в этом случае в виде уравнения регрессии, позволяет анализировать изменения функции отклика в условиях одновременного изменения факторов. Применительно к анализу процесса разделения изотопов в качестве факторов рассматриваются величины отбора и потока в каскаде. Функцией отклика является степень изотопного разделения.

Для получения математической модели использовался композиционный план второго порядка. Значения функции отклика рассчитывались по известным методикам. Используя уравнение

$$\bar{q}_p = \bar{q}_p - 1 = \frac{2}{\frac{1}{q_p^+} + \frac{1}{q_p^-}} = \frac{2}{\frac{1-\beta}{q_0^{1-\beta}-1} + \frac{1+\beta}{q_0^{1+\beta}-1}}$$

Заполняется факторная матрица R размерности. По известным формулам рассчитываются коэффициенты уравнения регрессии. Полученное уравнение регрессии напишется в виде:

$$= 3,47 + 0,19X1 - 0,054X2 - 0,0065X1^2 - 0,067X2^2$$

Где $X1$ – поток в каскаде; $X2$ – величина отбора.

Анализируя значения коэффициентов уравнения регрессии, можно прийти к выводу, то взаимное влияние факторов на процесс не существенно. Наибольший вклад в результат вносит фактор $X1$. Проведена проверка полученного уравнения регрессии и адекватность.

Литература:

1. Баранов В.Ю. «Изотопы, свойства, получение, применение» - М.: Издат. АТ., 2000
 2. Розен А.М. «Теория разделения изотопов в колоннах» - М.: Атомиздат., 1960
 3. Власов В.А., Вергун А.П., Орлов А.А. «Разделительные процессы с применением ионообменных материалов» - Томск: ТПУ, 2002
- Так же при написании работы использовался ресурс интернета.

ВЛИЯНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПАРАМЕТРЫ ДИФРАГИРОВАННОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Бегаев А.В., Попов Ю.А.

Научный руководитель: Гоголев А.С.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: fishka.kz@sibmail.com

Многочисленные эксперименты демонстрируют преимущества использования монохроматического рентгеновского излучения высокой интенсивности для различных приложений в науке, технике, медицине. В работах [1,2] авторы продемонстрировали возможность управления интенсивности дифрагированного пучка при наложении объёмного акустического и неравномерного температурного поля на пьезокристаллические монохроматоры. Авторы работ [3-5] показали возможность управления пространственно-временными характеристиками дифрагированного излучения с помощью поверхностных акустических волн.

В настоящей работе представляются результаты экспериментов по возможности создания активных элементов рентгеновской оптики на основе пьезокристаллов с акустическим воздействием.

Схема установки приведена на рис. 1. В качестве источника рентгеновского излучения использовалась рентгеновская трубка РАП 160-5. Все измерения проведены при одинаковых параметрах трубки: напряжение и средний ток были 60 кВ и 1 мА, соответственно. Рентгеновский аппарат был помещен в свинцовый домик с толщиной стенки 5 см.

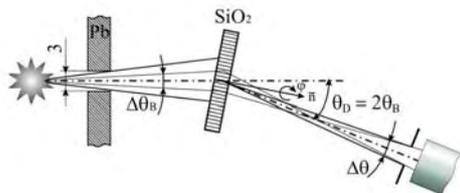


Рис. 1. Схема эксперимента. θ_B – угол Брэгга, θ_D – угол наблюдения, n – направление нормали к поверхности кристалла.

Излучение формировалось коллиматором диаметром 3 мм, расположенным на расстоянии 90 мм от выходного окна рентгеновской трубки, после чего падало на кристалл кварца, установленный в дистанционноуправляемом гониометре, на расстоянии 215 мм от коллиматора.

Гониометр имеет три поступательные и три вращательные степени свободы с точностью ориентации не хуже 0,5 мм и 10 мкрад, соответственно, что дает возможность устанавливать кристалл под углом Брэгга для любых семейств отражающих атомных плоскостей, так, чтобы детектор, находящийся в горизонтальной плоскости, мог регистрировать только пучки, распространяющиеся в этой плоскости. В эксперименте использовался кристалл кварца X-среза, диаметром 15 мм и толщиной 0,5 мм, с серебрянным напылением.

Исследовалось отражение от атомных плоскостей, ориентированных перпендикулярно к большой поверхности образца (10-11) с межплоскостным расстоянием

$d = 3,3429 \text{ \AA}$. Излучение регистрировалось в геометрии Лауэ сцинтилляционным детектором (NaI), работающим в токовом режиме, на расстоянии от кристалла-монохроматора 620 мм. Диаметр чувствительного объема был равен 30 мм с выходным окном из бериллиевой фольги толщиной 20 мкм, что обеспечивало эффективную регистрацию рентгеновского излучения в диапазоне от 8,5 до 50 кэВ. При измерениях дифрагированное излучение проходило через щелевой коллиматор с размером 30×3 мм, размещенный на расстоянии 615 мм от кристалла, что соответствует угловому захвату в плоскости дифракции 4,9 мрад. В качестве рабочей была выбрана $L_{\beta 1}$ -линия вольфрама с энергией 9,671 кэВ, для которой угол Брэгга составил величину $\theta_B = 11,09^\circ$ для рефлекса (10-11). Для возбуждения ультразвука в кварце использовался генератор электрических синусоидальных импульсов с возможностью плавного изменения амплитуды от 0 до 10 В и частоты от 1 Гц до 25 МГц.

Для нахождения рефлекса (10-11) проводилось сканирование по углам θ и ϕ , после чего были выбраны углы ориентации, соответствующие максимуму выхода дифрагированного излучения.

На рис.2 представлены результаты исследования зависимости интенсивности дифрагированного пучка от частоты подаваемого возбуждения. Частота пьезорезонансов по формуле

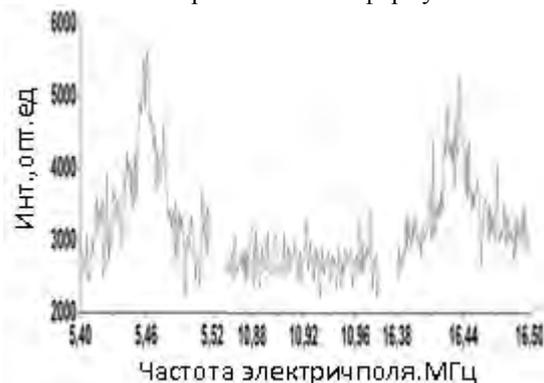


Рис. 2. Зависимость интенсивности дифрагированного пучка от частоты внешнего возбуждения, амплитуда э/м колебаний бала равна 10 В.

$f_n = nc/(2l)$, где n – нечётные целые числа, l – толщина кристалла, c – скорость распространения ультразвуковой волны в кварце порядка 5700 м/с [6]. Как видно из рис. 2 на частотах 5,46 и 16,42

МГц, соответствующие первому и второму пьезорезонансу распространения ультразвука, наблюдается увеличение интенсивности дифрагированного пучка, Ширина на полувысоте резонансов составила величину 28 кГц в обоих случаях.

На рис. 3 показаны ориентационные зависимости выхода дифрагированного излучения при напряжении $U = 10$ В для первого резонанса и в отсутствие внешнего поля.

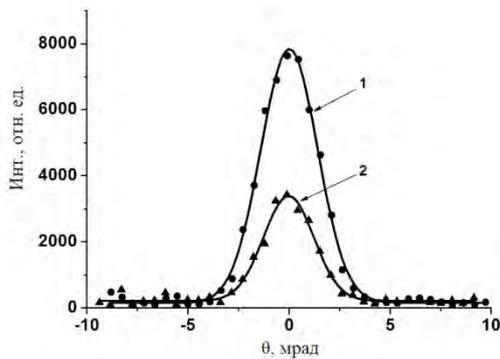


Рис. 3. Кривые качания, точками обозначены экспериментальные значения: 1 - с ультразвуком частотой 5,46 МГц в кристалле, ширина на полувысоте $(3,30 \pm 0,06)$ мрад; 2 - без внешнего воздействия на кристалл, ширина на полувысоте $(2,92 \pm 0,09)$ мрад.

На рис. 3 ноль соответствует углу ориентации кристалла $11,09^\circ$ относительно первоначального направления излучения. Из рисунка следует, что интенсивность дифрагированного излучения превышает интенсивность без внешнего воздействия в 2 раза, причем ширины кривых качания отличаются незначительно. Ширина кривой качания определяется, в первую очередь, за счёт расходимости пучка и угловым захватом детектора $\Delta\theta = 4,9$ мрад, что соответствует отклонению от угла Брэгга $\Delta\theta_B = 2,5$ мрад.

На следующем рисунке 4 представлены результаты исследования зависимости интенсивности дифрагированного пучка от амплитуды внешнего электромагнитного воздействия на кристалл-монохроматор. С увеличением напряжения электромагнитных колебаний линейно растёт интенсивность излучения в направлении дифракции.

Проведенные эксперименты показали возможность создания активных монохроматоров рентгеновского излучения на основе кристаллов кварца с возбуждением в них объёмных ультразвуковых колебаний. С помощью внешнего воздействия на кварцевый монохроматор осуществлено управляемое изменение и усиление интенсивности дифрагированного рентгеновского пучка в 16 раз.

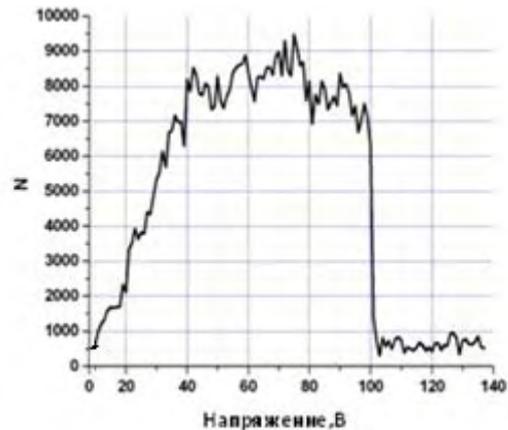


Рис. 4. Зависимость интенсивности дифрагированного пучка от величины внешнего воздействия.

На основе эффектов влияния деформационных полей на процесс рассеяния рентгеновского излучения могут быть построены новые элементы рентгеновской оптики. В частности, активные монохроматоры с акустическими волнами позволят увеличить светимость монохроматических источников и транспортировать пучки интенсивного монохроматического рентгеновского излучения практически без потерь. В работе [3] указывалось на возможность усиления дифрагированного излучения на порядок при увеличении напряжения поля.

Работа частично поддержана грантом ФЦП №П1202

1. Мкртчян А.Р., Навасардян М.А., Мирзоян В.К. Полная переброска рентгеновского излучения, дифрагированного монокристаллом от направления прохождения в направлении отражения под действием температурного градиента. // Письма в ЖТФ, 1982, Т.8, В.11, С.677-680.
2. Мкртчян А.Р., и др. Полное зеркальное отражение излучения ангстремных длин волн на ультразвуковой сверхрешетке в случае Лауэ-геометрии. // Письма в ЖТФ, 1983, Т.9, В.19, С.1181-1184.
3. Cerva H., Graeff W., Phys. Stat. Sol., 1984, V. (a) 82, P. 35.
4. Кочарян Л.А., Сукиасян Р.Р., Борназян А.С., Бегларян А.Г., Гаспарян Р.А.. Двойная модуляция дифрагированного в монокристалле кварца рентгеновского излучения поверхностными высокочастотными и низкочастотными акустическими волнами. //Изв. АН Арм. ССР. Физика.-1986.-Т.21.-В.6.-с.317-319
5. Rémi Tucoulou, François de Bergevin, Olivier Mathon, and Dimitry Roshchupkin. X-ray Bragg diffraction of LiNbO_3 crystals excited by surface acoustic waves. // Phys. Rev. B 64, 134108 (2001).
6. Красильников В.А. Введение в акустику: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 152 с.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ТПУ-ИМКЭС ПО ВЛИЯНИЮ ПОЧВЕННОГО РАДОНА НА АТМОСФЕРУ

Бескороваев В.В., Манаков А.С.

Научный руководитель: Яковлева В.С., Вуколов А.В.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: vbbs87@ya.ru

Интерес к радоновой проблеме вызван необходимостью оценки его роли в радиоэкологии, сейсмологии, физике приземного слоя атмосферы, строительстве. Процессы обмена почвенного воздуха и его составляющих с приземной атмосферой приводят к выносу в приземный слой атмосферы почвенных газов, в том числе и радона, и к поступлению в почву атмосферных газов. Вместе с тем оценка интенсивности источников радона в геологической среде, выявление определяющих механизмов и закономерностей его поступления в приземный слой атмосферы представляет собой сложную задачу. С одной стороны, возникающие в литосфере зоны растяжений и сжатий, приводят к изменению интенсивности потоков газов (в том числе и радона) из земных недр в атмосферу. С другой – заряженные продукты распада радона в пограничном слое атмосферы формируют аэроэлектрические конвективные структуры, эволюция которых приводит, в конечном итоге, к изменению режима облачности, и, в долговременной перспективе, к изменениям климата.

Актуальность настоящей работы продиктована потребностью в оборудовании станций мониторинга радона простыми, дешевыми и надежными средствами измерения плотности потока радона (ППР) с поверхности земли. Основная цель данной работы заключается в разработке измерительного комплекса, способного надежно работать в условиях резко континентального климата без участия оператора в течение длительного периода, порядка 1-2 месяца, от автономного источника питания, позволяющего получать временные ряды данных по ППР с большой частотой дискретизации. Дополнительное и немаловажное требование – низкая стоимость комплекса, обеспечивает возможность массового тиражирования.

Для экспериментального комплекса была разработана система проведения скоординированных экспериментов по измерению радоновых полей в принципиально различных геологических средах (Курило-Камчатская зона субдукции, Западно-Сибирская равнина), а также факторов, регулирующих его сток и концентрацию в приземной атмосфере регионов с морским и резко континентальными типами климата. Методология многофакторного эксперимента включает в себя методику проведения синхронных экспериментов, предназначенных для выявления глобальных внешних факторов, управляющих поведением радоновых полей, способ выбора из данных ско-

ординированного мониторинга измерений, проведенных в сходных метеорологических условиях в каждом пункте измерений.

Измерительные пункты скоординированного мониторинга, расположенные на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне и на восточной окраине г. Томска ИМКЭС (Институте Мониторинга Климатических Экологических Систем), включают в себя оборудование, позволяющее вести непрерывные автоматизированные измерения физических полей: радиометры радона и торона, газоразрядные и сцинтилляционные счетчики для измерения плотности потока альфа-, бета- и гамма-излучений, автоматизированную систему, измеряющую давление, температуру, влажность, суммарную радиацию, напряженность электрического поля, электропроводность атмосферы, характеристики атмосферной турбулентности, общее содержание озона.

На Рис. 1 представлена схема расположения детекторов излучений и метеопараметров в воздухе и в грунте.

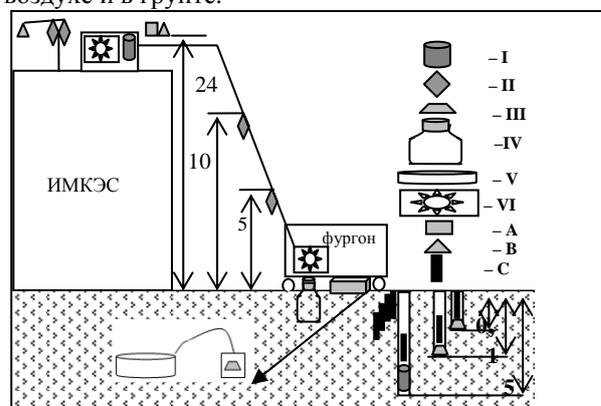


Рис. 1. Схема размещения датчиков ИМКЭС-ТПУ на экспериментальной площадке ИМКЭС.

- A – метео и актинометрические датчики, датчики электрических параметров,
- B – метеостанция АМК-3,
- C – датчики подповерхностной температуры,
- I – сцинтилляционный α -детектор ZnS,
- II – газоразрядный счетчик β -излучения СБМ-19,
- III – торцевой счетчик β -излучения СБТ-10,
- IV – полупроводниковый коаксиальный германиевый детектор ДГДК-100В γ -излучения с чувствительностью 100 м^2 , установленный в сосуд Дьюара;
- V – накопительная камера для измерения ППР;
- VI – пункт сбора и обработки данных.

Для измерения давления использовали дат-

чик Motorola MPX4115AP, для влажности и температуры – датчики Vaisala HMP-45D. В таблице представлены характеристики датчиков.

Наименование величины или характеристики	Единица измерения	Пределы измерений	Средство измерения
Атмосферное давление на уровне станции	гПа	800,0...1080,0	АМИИС, датчик давления Motorola MPX4115 AP
Температура воздуха	°С	-60,0...+50,0	АМИИС, датчик температуры и влажности Vaisala HMP-45D
Относительная влажность воздуха	%	10...100	АМИИС, датчик температуры и влажности Vaisala HMP-45D

Детекторы бета- и гамма-излучений производят непрерывные измерения каждые 8 секунд. Детекторы, для измерения давления, влажности и температуры ведут непрерывные измерения с тактом 30 секунд. Для проведения корреляционного анализа данные обрабатывали группами. Для каждой группы данных находили усредненные значения за 2 минуты. На Рис. 2-4 представлены данные измерений атмосферного давления, потоков бета- и гамма-излучений на высотах 5 и 10 метров от поверхности земли.

При исследовании взаимосвязи данных бета-счетчиков с данными давлению получены следующие коэффициенты корреляции:

- коэффициент корреляции между потоком бета- и гамма-излучений на 5м и давлением составляет 0,76;
- коэффициент корреляции между потоком бета- и гамма-излучений на 10м и давлением составляет 0,68;

Анализ экспериментальных данных выявил резкие всплески в динамике потоков бета- и гамма-излучений на двух высотах, длящиеся около половины суток. Было сделано предположение связи всплесков с резким изменением атмосферного давления, что хорошо видно из Рис. 1. Аналогичную связь резких всплесков объемной ак-

тивности радона в атмосферном воздухе с периодами быстрой смены давления, связанными с прохождением циклонов, обнаружили в работе [1]. В данной работе измеряли активность атмосферного радона на высоте 4 м в течение 4 лет. За период исследований эта величина изменялась на 4 порядка.

Эксперимент ТПУ-ИМКЭС длится в течение всего полугода и за это время относительные из-



Рис 2. Давление



Рис 3. Поток излучения на высоте 5 м



Рис 4. Поток излучения на высоте 10 м

менения объемной активности радона на высотах 5 и 10 м составили 2 порядка.

Список литературы

1. Evangelista H., Pereira E.B. Radon flux at King George Island, Antarctic Peninsula // Journal of Environmental Radioactivity. V.61, P.283-304, 2002.

МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОДУКТОВ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ТИОКАРБОМОИЛИРОВАННОГО ПОЛИСИЛОКСАНА

Голуб А.Я.

Научный руководитель: Неудачина Л.К., к.х.н., профессор; Горбунова Е.М., к.х.н.
Уральский государственный университет, 620083, Россия, г. Екатеринбург, пр. Ленина, 51.
E-mail: alegolub@yandex.ru

Полисилоксаны благодаря высокой термической стабильности находят широкое применение в современной промышленности в качестве смазочных масел, покрытий, адгезивов, в катализе и газовой хроматографии. Термическая устойчивость является важной характеристикой полисилоксановых сорбентов, поскольку определяет температурную область их возможного применения. В то же время исследование процессов термической деструкции играет важную роль как метод изучения строения полисилоксанов. Наиболее информативным является термогравиметрический анализ в сочетании с масс-спектрометрией, позволяющий оценить как саму термостабильность, так и последовательность разрушения сорбента.

В Институте органического синтеза УрО РАН впервые золь-гель методом синтезирован полисилоксан, модифицированный группами тиокарбонильными. Целью настоящей работы является изучение процесса термической деструкции тиокарбонильного полисилоксана и установления механизма его разложения.

Исследование выполнено с помощью газодатчик-масс-спектрометрической системы на основе квадрупольного масс-спектрометра Netzsch STA 409 Luxx/ QMS 403 C Aeolos в токе аргона при скорости нагрева 10 °/мин. Исходная масса образца – 13,8 мг.

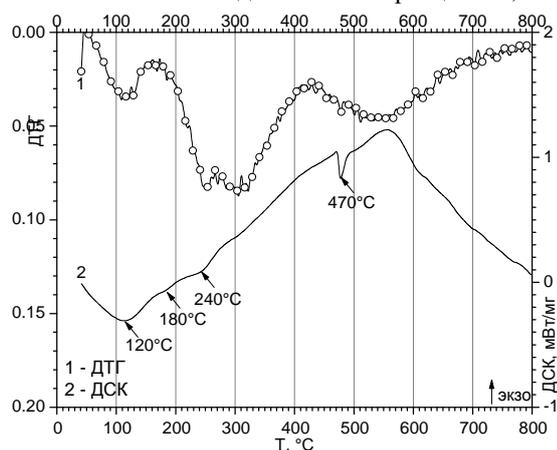


Рис.1. ТГ(1)- и ДСК(2)-кривые сорбента.

Кривая ДТГ (рис. 1) регистрирует 3 участка убыли массы сорбента: 46,20 – 153,70 °С; 181,20 – 428,70 °С и 443,70 – 798,70 °С. Суммарная потеря массы составляет 27,28 % и хорошо соотносится с убылью массы (27,05 %), рассчитанной из данных элементного анализа сорбента (Si – 30,71%; С – 12,02%; Н – 3,06%; N – 6,12%; S – 5,85%) в предположении, что при нагревании разрушаются связи между силоксановой матрицей и привитыми

тиокарбамидными группами. Элиминирование и разрушение тиокарбамидных групп подтверждается также исчезновением полос колебаний соответствующих связей в ИК-спектрах сорбента, снятых до и после термической обработки образца (рис.2).

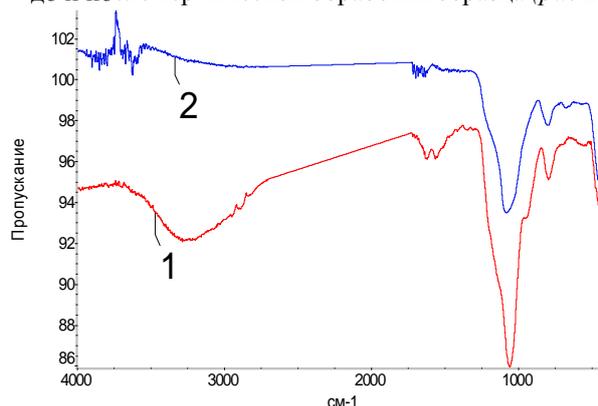


Рис.2. ИК-спектры сорбента до (1) и после (2) термической обработки при 800 °С.

Зависимости ионного тока от температуры (рис. 3) фиксируют образование молекулярных ионов:

Результаты масс-спектрометрического анализа сорбента

m/e	Молекулярный ион	T, °C	-log(I)
17	NH ₃ ⁺	147,56	9,88
		267,56	9,70
		380,06	9,71
18	H ₂ O ⁺	226,22	10,05
26	C ₂ H ₂ ⁺	563,72	11,48
27	C ₂ H ₄ ⁺	563,72	11,16
30	NO ⁺	275,06	11,22
		472,56	10,22
41	CH ₂ =CH-CH ₃ ⁺	563,72	11,52
42	CH ₂ =CH-CH ₃ ⁺	548,72	11,98
44	CO ₂ ⁺	350,06	9,92
		> 500,06	9,73
46	NO ₂ ⁺	342,56	11,98
64	SO ₂ ⁺	197,56	11,68
		340,06	10,56
		455,06	11,32
28	CO ⁺	Интенсивный фоновый сигнал	

При этом не отмечается наличие в газовой смеси низших силанов, аминов и аминопропилсиланов, что свидетельствует о разрыве связей Si-C и C-N.

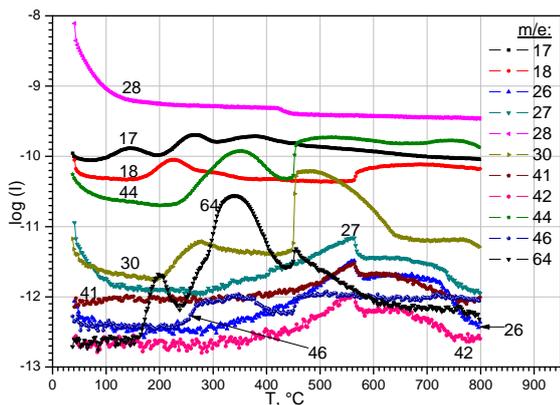


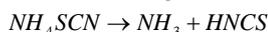
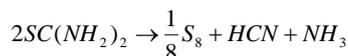
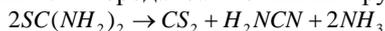
Рис.3. Результаты масс-спектрометрического анализа выделяющихся газов.

Присутствие в масс-спектрах сигналов оксидов углерода, азота и серы, очевидно, доказывает протекание процесса термического окисления привитых групп образцов.

Потеря массы при 100 °С, сопровождающаяся эндотермическим эффектом на кривой ДСК, может быть связана с удалением остатков сорбированной воды с поверхности сорбента. Небольшая убыль массы (порядка 2,5 %) приводит к отсутствию сигнала с $m/e = 18$ на масс-спектрограмме.

При 180 °С на кривой ДСК отмечается второй эндотермический пик. Из термограммы видно, что при данной температуре убыль массы практически отсутствует. Тепловой эффект, по-видимому, обусловлен изомеризацией привитой тиомочевины в тиоцианат аммония.

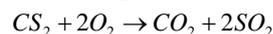
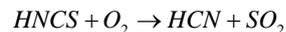
В отличие от второго, третий эндотермический эффект при 240 °С сопровождается существенной убылью массы сорбента, обусловленной, с одной стороны, десорбцией воды из пор, а с другой, началом разрушения остаточных тиомочевинных и образовавшихся тиороданоаммонийных групп:



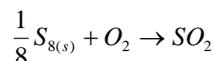
Следует отметить, что в данном интервале температур в масс-спектрах отсутствует сигнал с

$m/e=42$ (H_2NCN^+). Некоторые авторы [1] считают, что H_2NCN , полимеризуется в меламина, в дальнейшем превращающийся в мелем, и таким образом не дает ожидаемого сигнала в масс-спектре. HNCS масс-спектрометрически также обнаружить не удается, хотя ТГ/ДТА/ИК-спектроскопия позволяет доказать наличие данного продукта в газовой смеси.

В дальнейшем продукты распада подвергаются окислению:



При 450 °С небольшое количество SO_2 образуется, возможно, за счет окисления твердого серо-содержащего остатка:



Здесь же протекает окисление HCN (пики выделения NO , NO_2 , CO_2), хотя выход воды масс-спектрометрия не фиксирует.

Третий участок убыли массы (выше 400 °С) обусловлен выгоранием оставшейся органической части, что подтверждается удалением продуктов пиролиза пропильных групп. Кроме того, при температуре выше 560 °С на масс-спектрограммах наблюдается слабый сигнал H_2O^+ , что соответствует процессу конденсации силанольных групп поверхности и ведет к образованию силоксановых связей.

Таким образом, термическая деструкция тиокарбонилированного полисилоксана протекает в несколько стадий, включающих изомеризацию, разложение, элиминирование и окисление фрагментов привитых групп. Данный механизм, в целом, соответствует механизму разложения свободной тиомочевины [1, 2].

Литература:

1. Wang S., Gao Q., Wang J. //J. Phys. Chem. B. 2005, V. 109. P. 17281 – 17289.
2. Madarász J., Bombicz P., Okuya M. et al. //Solid State Ionics. 2004. V. 172. P. 577 – 581.

ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАЗМЫ МАГНЕТРОННОГО РАЗРЯДА В УСЛОВИЯХ ОСАЖДЕНИЯ ОКСИДОВ И ОКСИНИТРИДОВ ТИТАНА

И.А. Гребнева, Н.С. Морозова, И.М. Ермолович

Томский Политехнический Университет, 634050 г. Томск, пр. Ленина, 30

Научный руководитель: к.ф.-м.н. В.П.Яновский

E-mail: avenberg@vtomske.ru

Развитие науки в Х веке сделало возможным модифицирование поверхности материалов и формирование тонких пленок и покрытий с помощью экологически чистых ионно-плазменных технологий. Применение тонких пленок и покрытий охватывает космос и быт, медицину и микроэлектронику, промышленность и сельское хозяйство. В XXI веке чрезвычайно привлекательной перспективой становится овладение технологиями синтеза наноструктурных пленок и покрытий с уникальными, и даже экзотическими, для современного мира свойствами. Это касается применения тонких пленок и покрытий в медицине, и прежде всего, пленок оксидов и оксинитридов титана. Среди большого количества разнообразных покрытий, применяемых в медицине, бинарные соединения титана (оксиды и оксинитриды) занимают заметное место, благодаря своей высокой гемосовместимости [1]. Кроме того, они широко применяются в полупроводниковых технологиях, микро- и нанозлектронике, технологиях получения оптических низкоэмиссионных покрытий. Поэтому оксиды и оксинитриды титана имеют большие перспективы использования в биоэлектронных устройствах будущего.

Распылительные системы магнетронного типа являются одними из самых распространенных для получения высококачественных пленок и покрытий. Как правило, слои бинарных соединений титана получают с использованием вакуумно-плазменных технологий. Одним из методов получения таких пленок является реактивное напыление в магнетронном разряде. Известно [2], что состав покрытия зависит от режимов магнетронного напыления, поэтому исследования состава плазмы при напылении имеет большое значение.

Настоящая работа посвящена исследованию условий для напыления оксидов и оксинитридов титана с использованием современной оптической методики контроля параметров плазмы в режиме реального времени.

Нанесение покрытий проводилось на вакуумной установке магнетронного распыления УВН-200МИ [3], оптические спектры в режиме реального времени измерялись спектрометром AvaSpec-7.2 в диапазоне длин волн 200-1100 нм. На рис.1 приведена схема экспериментальной вакуумной установки магнетронного распыления УВН-200МИ [2].

Установка состоит из вакуумной камеры, со столом для образцов с приводом вращения, магнетроном и газовым имплантером, источником пи-

тания магнетрона и газового имплантера, трехканальной системы подачи газа.

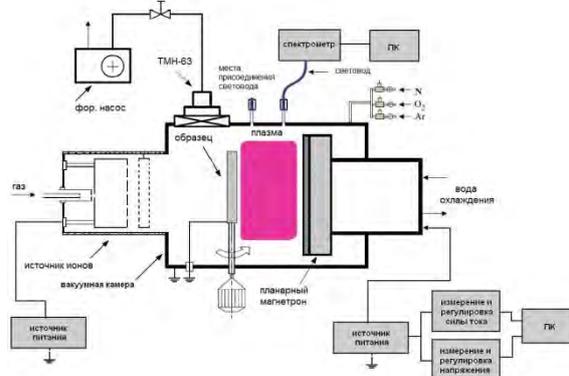


Рис. 1 Схема экспериментальной вакуумной установки магнетронного распыления.

Высоковакуумная система состоит из низковакуумного 2НВР5ДМ и высоковакуумного турбомолекулярного насоса ТМН-63. Источник питания магнетрона с частотой 60 кГц работает в режиме стабилизации мощности.

В качестве плазмообразующего газа используется аргон (Ar), реактивными газами являются азот (N₂) и кислород (O₂).

Управление вакуумной установкой и регулировка параметров напылительной системы производится с персонального компьютера (ПК).

Измерение оптических спектров плазмы магнетронного разряда проводилось спектрометром AvaSpec-7.2 собранный по классической схеме Черни–Тернера. Отбор излучения плазмы, осуществлялся через кварцевые окна в вакуумной камере. Спектрометр соединялся с персональным компьютером. Регистрация оптических спектров проводилась в режиме реального времени в диапазоне 200–1000 нм с разрешением 1.5 нм и временем записи спектра 50ms. Обработка спектров осуществлялась программой AvaSoft v.7.2. Идентификация линий оптических спектров осуществлялась согласно базе данных [4].

Типичные спектры излучения плазмы с содержанием 0,1Ag+3O₂ представлены на рис.2. В спектре присутствуют линии титана 336–520 нм. В диапазоне длин волн 600 – 1000 нм наблюдается группа пиков, принадлежащих аргону с доминирующей линией при 811 нм.

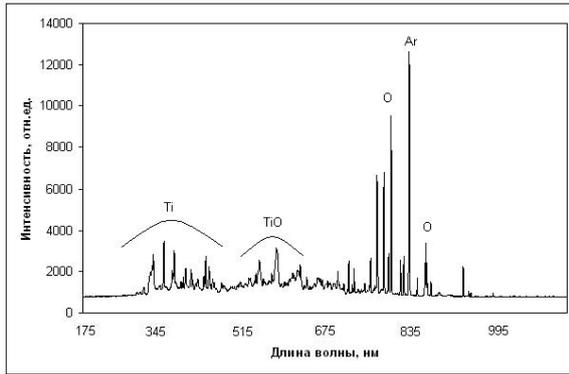


Рис.2 Оптические спектры плазмы магнетронного распыления Ti в газовой среде Ar+O₂

В спектре плазмы при распылении титана в среде Ar+N₂ наблюдаются линии титана (336–520 нм) и 3 линии азота, из которых линия 391 нм доминирует по интенсивности [4]. Линии в интервале 425–470 нм могут принадлежать молекуле нитрида титана [4].

Оптический спектр плазмы при магнетронном распылении титана в среде чистого кислорода характеризуется наличием 3-х групп линий атомов кислорода с доминирующей по интенсивности линией 778 нм (рис.2), хорошо согласующейся с данными [2]. Линии атомов титана на спектре проявляются слабо, в тоже время появились 4 группы линий (520–650 нм), которые могут быть идентифицированы как принадлежащие молекуле TiO [5]. Данная группа присутствует во всех оптических спектрах, полученных при разной концентрации кислорода.

На рис. 3 показаны спектры излучения плазмы в среде O₂ + N₂ в равных долях.

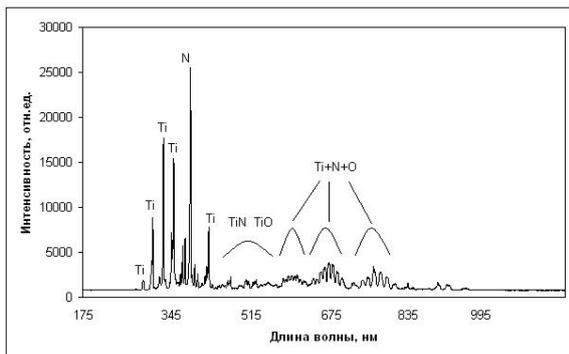


Рис.3 Оптические спектры плазмы магнетронного распыления Ti в газовой среде O₂ + N₂.

В спектрах (рис. 3) в диапазоне 650 – 800 нм появляются три группы пиков, которые имеют одинаковые вид, количество и чередование пиков в группе. Набор спектральных линий в группах принадлежат, вероятно, комплексам Ti+N+O. В тоже время, в спектрах присутствуют линии TiO и TiN, которые имеются в спектрах, полученных

при распылении титана в среде однокомпонентного газа.

Полученные результаты измерения оптических спектров позволяют оценить вероятность формирования в плазме магнетронного разряда соединений титана с кислородом и азотом. В наших экспериментах молекулы оксида и нитрида титана, а также оксинитридов титана образуются непосредственно в плазме магнетронного разряда. Это подтверждается отсутствием в спектрах излучения линий титана при формировании плазмы в среде кислорода или азота и появлением линий, ответственных за линии соединений титана с кислородом или азотом. Этот вывод противоречит результатам работы [6], в которой автор утверждает, что оксиды титана, получаемые реактивным распылением титана в магнетроне с постоянным питающим напряжением, формируются на поверхности образца.

Таким образом, состав плазмы импульсного магнетронного разряда и постоянного магнетронного разряда отличаются в силу различия принципа и условий существования стабильного разряда и не объясняют физический принцип формирования оксидов титана в магнетронной плазме.

Авторы благодарят проф. В.Ф. Пичугина за постановку задачи и помощь в проведении исследований.

Литература

1. N. Huang, P. Yanga, Y.X. Leng, et.al. Hemocompatibility of titanium oxide films// *Biomaterials* 24 (2003) 2177–2187
2. И.В. Блонский, А.А. Гончаров, А.В. Демчишин, и др. Исследование оптических характеристик цилиндрического газового разряда магнетронного типа в условиях синтеза пленок нитрида титана// *ЖТФ*, 2009, том 79, в.7
3. Yermolovich I.M., Tseunov A.P., Yanovskiy V.P., Pichugin V.F. Properties of thin TiO₂ Films Prepared by Method of a Magnetron Sputtering Deposition and Perspective of their Using in Medicine // 19th International Conference on Ion-Surface Interactions 2009 (ISI-2009). August 21-25, 2009. Zvenigorod, Russia. P 341-344.
4. NIST Atomic Spectra Database <http://physics.nist.gov/>
5. Пирс Р, Гейдон А. Отождествление молекулярных спектров // Пер. с англ. Под редакцией С.Л. Мандельштама и М.Н. Аленцева. Изд. Иностранной литературы, Москва. 1949. 240 стр.
6. Шаповалов В.И. Пленочные структуры оксидов переходных металлов: технология, контроль, оборудование// Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. С.-П.Гос. электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург-2008. 226 стр.

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ ЭРОЗИИ

Демшин К.А.

Научный руководитель: Финников К.А., к.ф.- м. н.
Сибирский федеральный университет, 660074 г. Красноярск ул. Киренского 26
E-mail: d.const@mail.ru

Введение

При течении жидкости в различных агрегатах могут возникать такие режимы, когда давление в некоторых областях падает ниже давления насыщения, вследствие чего происходит образование паровой фазы. Подобный процесс называется кавитацией. Следствия кавитации многообразны и, как правило, нежелательны: снижение эффективности работы различного рода гидравлического оборудования, изменение характеристик силового взаимодействия с жидкостью движущихся в них тел, кавитационная эрозия.

Предсказание скорости развития кавитационной эрозии в гидравлическом оборудовании является актуальной задачей. Существующие методики оценки скорости эрозии, применяемые в инженерной практике, создаются на основе обобщения экспериментальных данных для конкретных типов оборудования и не обладают универсальностью.

На сегодняшний день существуют апробированные модели, которые позволяют описать нестационарные кавитационные течения, корректно предсказывая распределения полей скорости, давления и характеристик двухфазного состояния среды [2]. Надежно установленным является тот факт, что кавитационная эрозия – результат воздействия на материал микроструек жидкости, образующихся при коллапсе паровых пузырьков вблизи обтекаемого тела. Давление, развивающееся при столкновении микроструек с поверхностью, может достигать величин $\sim 10^8$ Па. Воздействие множественных импульсов на поверхность материала вначале приводит к появлению вмятин; данная стадия развития эрозии называется инкубационной и не сопровождается уносом материала. В дальнейшем многократная деформация, которой подвергается приповерхностная область материала, приводит образованию трещин и разрушению с уносом материала [1]; подобная стадия кавитационной эрозии называется стадией ускорения и сопровождается ростом скорости уноса материала. За стадией ускорения, следует стадия замедления и стадия стационарной скорости эрозии, сопровождающейся установлением скорости эрозии. Прямое моделирование этого процесса в настоящее время требует несоразмерных вычислительных ресурсов. Приемлемым подходом к решению данной проблемы является использование качественных полуэмпирических моделей изменения состояния материала под действием множественных, случайным образом прикладываемых к поверхности микроимпульсов нагружения. Количество микроимпульсов, прикладываемых к единице поверхности в данный интервал

времени, их амплитуда и пространственный масштаб могут быть определены в результате численного расчета кавитационного течения.

Целью данного исследования является реализация двух моделей развития кавитационной эрозии и сравнение их предсказаний по скорости этого процесса.

Модель на основе накопления остаточной деформации в материале.

Скорость эрозии может быть определена путем рассмотрения накопления деформации материала в последовательных актах нагружения микроимпульсами давления и разрыва материала по достижению предела текучести.

В результате последовательных актов нагружения микроимпульсами давления, создаваемых коллапсом пузырьков, в материале распространяются волны сжатия, приводящие к накоплению остаточной деформации. В результате развития неупругой деформации материалом поглощается энергия равная работе не упругих сил. Считаем [4], что повреждение поверхности определяется двумерным полем остаточной деформации ε . Напряжение и остаточная деформация, которую оно вызывает, связаны соотношением

$$\sigma = \sigma_y + K \varepsilon^n$$

σ_y , K , n являются характеристиками материала. В процессе развития неупругой деформации происходит поглощение энергии. В единице объема при изменении остаточной деформации от ε_1 до ε_2 поглощается энергия

$$\Delta w = \int_{\varepsilon_1}^{\varepsilon_2} \sigma(\varepsilon) d\varepsilon$$

Если амплитуда давления p_c , создаваемого коллапсом, меньше предела упругости σ_y , воздействия не происходит. В противном случае будем считать, что определенная доля начальной потенциальной энергии кавитационного пузырька $U = V_b \Delta P_s$ определенным образом (например, равномерно) распределяется по поверхности в пределах окружности с диаметром, равным диаметру пузырька d и переходит в энергию деформации

При выполнении условия, что энергия, поглощенная единицей объема материала, стала равна энергии разрушения материала, происходит откол материала. Такую модель будем называть моделью достижения предела текучести (ДПТ).

Модель усталостного разрушения материала.

В процессе изучения разрушения материалов, стало известно, что материал так же может быть подвержен и другому виду разрушения – усталостному [5]. Металлы могут разрушаться, если они подвергаются множественным циклическим нагружением, даже тогда, когда эти нагрузки ниже предела текучести метала и даже упругости. Моделью предполагалось, что единица объема материала может выдержать конкретное число воздействий определенного напряжения. Такую модель в дальнейшем нами будет называться усталостной моделью кавитационной эрозии (УМКЭ).

Статистическое моделирование кавитационной эрозии

Поскольку приложение нагрузки к поверхности происходит случайным образом, целесообразно прибегнуть к методам статистического моделирования. Размеры воздействия на много порядков меньше чем размеры расчетных сеток гидродинамических задач, поэтому моделирование воздействия кавитации проводится на пробных площадках малого размера, представляющих различные участки поверхности. Площадка разбивается на малые прямоугольные ячейки, в пределах каждой из которых характеристики деформации поверхности считаются постоянными. В процессе моделирования рассматривается воздействие импульсов давления, имеющих рассчитанную амплитуду и радиус действия и случайным образом выбранные координаты, на ячейки пробной площадки. Количество импульсов соответствует рассчитанной поверхностной частоте коллапсов.

Используя данный подход в моделях кавитационной эрозии, были получены следующие результаты: скорость уноса материала представлена на рисунке 1 и 2.

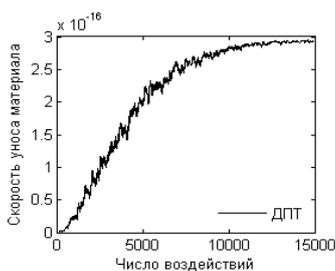


Рис.1. Унос массы материала SS316 L с единичной поверхности, $r=100$ мкм, $dP=50$ МПа, модель ДПТ

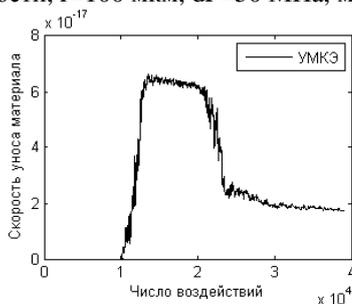


Рис.2. Унос массы материала SS316 L с единичной поверхности, $r=100$ мкм, $dP=60$ МПа, УМКЭ.

Особенностью УМКЭ модели составляет достаточно выраженный стадией замедления, а также существенное отличие в стационарной скорости эрозии.

Применимость моделей кавитационной эрозии.

Изученные модели имеют разную скорость достижения стационарной стадии развития кавитационной эрозии, а значит, различную скорость статистического расчета.

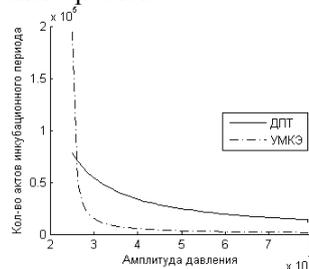


Рис.3. Скорость достижения стационарной эрозии уноса материала от амплитуды давления.

На рисунке 3 представлены графики достижения стационарной скорости эрозии различными методами. Отсюда видно что, ДПТ метод обладает ярко выраженной асимптотой - пределом упругости, т. е. пределом применимости. Для усталостного метода время инкубационного периода значительно больше, что приводит к существенному увеличению времени расчета.

Заключение

Были построены две статистические модели кавитационной эрозии, которыми можно описать скорость уноса материала и время ее установления. Так же возможно, использования моделей совместно с моделями кавитационных течений, с целью более глубокого изучения данного процесса и их применения. Для дальнейшего исследования моделей, требуется адаптация их к эксперименту.

Литература

1. Ю. Л. Левковский, Структура кавитационных течений: науч. изд. – Л.: Судостроитель, 1978. – 224с.
2. А. А. Гаврилов, А. А. Дектерёв, К. А. Финников. Моделирование кавитационных течений с использованием RANS подхода [Электронный ресурс]: – Красноярск. Институт Теплофизики СО РАН.
3. Шестой международный симпозиум по кавитации CAV 2006. [Электронный ресурс]
4. J. Franc, M. Riondet. Incubation time and cavitation erosion rate of work-hardening materials.
5. Шестой международный симпозиум по кавитации CAV 2006. [Электронный ресурс]
6. T. Choffat, R. Fortes Patella, S. Barre. Comparison between two approaches to simulate the mass loss in cavitation.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КООРДИНАТ ПРОЛЕТА ЧАСТИЦЫ В КРУПНОГАБАРИТНЫХ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ДЕТЕКТОРАХ

Дусаев Р. Р.

Научный руководитель: Тропин И. С.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: dusaev@interact.phtd.tpu.ru

Задача исследования внутренней структуры массивных тел на сегодняшний день решается при помощи источников жесткого рентгеновского излучения. В подавляющем большинстве случаев для этого применяются различные виды рентгено-телевизионных установок, основанных на применении метода компьютерной томографии (КТ) [1].

С другой стороны, известно, что атмосфера Земли непрерывно подвергается бомбардировке потоком высокоэнергетических космических частиц, энергетический спектр которых на уровне моря составляет $\sim 0.1-10$ ГэВ, со средней энергией ~ 2 ГэВ, состоящего в основном из мюонов [2]. Это природное излучение применимо для целей компьютерной томографии, в которой регистрация сквозного космического излучения осуществляется детектором большой площади, с последующим восстановлением координат проходящих частиц. Указанным критериям соответствуют широко применяемые в физическом эксперименте крупногабаритные сцинтилляционные счетчики (КСС) с объемами рабочего вещества от m^3 до km^3 [3].

Такой счётчик представляет собой сцинтилляционный кристалл с расположенными по его геометрическим углам фотоэлектронными умножителями (ФЭУ). Заряженная частица, проходя через слой сцинтиллятора вызывает световую вспышку в точке пересечения. Количество испущенных световых фотонов пропорционально энергии частицы, а их число, достигших фотокатода и, следовательно, амплитуда сигнала ФЭУ зависит от расстояния между ФЭУ и точкой пересечения частицей пластины сцинтиллятора. Анализируя соотношение амплитуд всех ФЭУ на пластине можно восстановить координату вспышки. Таким образом, можно найти плотность потока во всех точках на пластине. Очевидно, что плотность потока во всех точках пластины в среднем будет одной и той же. Если же поместить две пластины одну под другой, то по разности плотностей потока через верхнюю и нижнюю пластину можно получать изображение предмета, находящегося между пластинами [1, 4].

Измерение пространственного распределения плотности потока по площади сцинтиллятора, можно рассматривать как задачу аппроксимации зависимости амплитуд ФЭУ от

координаты точки пролета частицы сквозь сцинтилляционный слой. Амплитуды случайны, основными факторами, которыми обусловлены флуктуации амплитуд ФЭУ являются: условия светосбора (спектр высвечивания вещества сцинтиллятора, условия распространения световой волны в кристалле), а также собственные шумы аппаратуры. Подобные задачи, в которых характер зависимости заранее неизвестен, или может изменяться под действием нескольких сторонних факторов, могут быть разрешены применением методов корреляционного анализа или методами искусственных нейронных сетей (ИНС) (см. напр. [5, 6]).

ИНС нашли широкое применение в статистике, информатике, кибернетике, распознавании образов, классификации и кластеризации данных. В отличие от методов корреляционного анализа, метод ИНС позволяет решать задачи с плохой статистической обусловленностью и неизвестным заранее характером зависимости аппроксимируемых данных.

ИНС в общем представляют собой

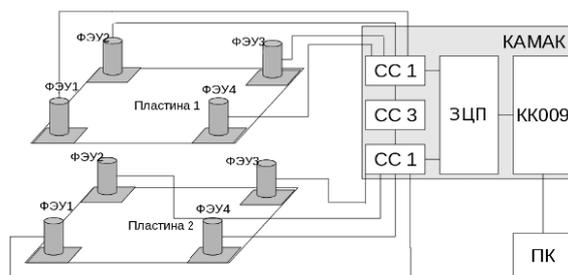


Рисунок 1: Телескоп КСС

совокупности элементарных вычислительных единиц – нейронов, каждый из которых выполняет относительно простое преобразование входного сигнала, однако будучи объединенными, такие совокупности способны выполнять довольно сложные функциональные преобразования.

В качестве начального этапа реализации предлагаемого метода была выбрана простейшая архитектура ИНС – перцептрон [5, 6]. Такой тип ИНС вполне обеспечивает структурную основу для других типов сетей и результаты его обучения могут служить показателем применимости методики в целом. Структура такой сети приведена на рис. 2. Сеть

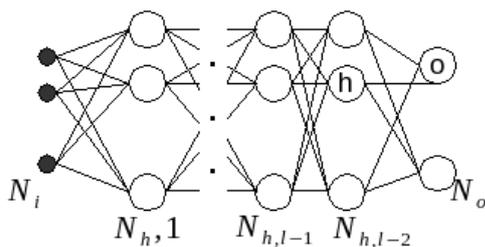


Рисунок 2: ИНС типа многослойный персептрон

представлена совокупностью слоев, состоящих из нескольких нейронов – каждый нейрон слоя $N_{h,k}$ соединен с каждым нейроном предыдущего слоя $N_{h,k-1}$ (или N_i). Сигнал, распространяется от входных нейронов N_i к

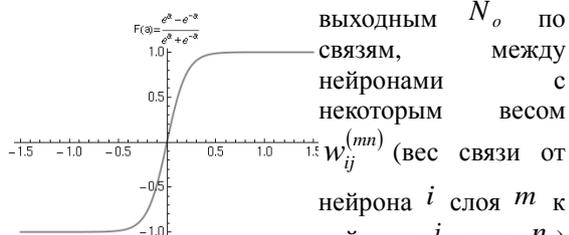


Рисунок 3: Функция активации скрытых нейронов ИНС

каждый нейрон вычисляет сумму сигналов со всех своих входов и выдает отклик – значение некоторой вычисляемой нейроном функции, называемой функцией активации. Пример функции активации, изображен на рис. 3.

Процесс обучения такой нейронной сети представляет собой итеративный процесс и сводится к последовательной коррекции весов $W_{ij}^{(mn)}$ на величину, пропорциональную ошибке

отклика нейронной сети на пример из некоторой обучающей выборки. При этом с ростом пройденных итераций (эпох) обучения может происходить плавное изменение некоторых параметров сети или параметров алгоритма – коэффициента пропорциональности между ошибкой и корректирующей величиной, например.

В ходе работы, под конкретную задачу было разработано ПО, реализующее эту архитектуру нейронных сетей, а также обеспечивающее необходимый уровень быстродействия.

Об успешности предлагаемого метода вполне можно судить по спектру отклонений отклика сети от желаемых значений координат. Особенный интерес представляет собой динамика такого спектра с ростом эпох обучения, которая приведена на рис. 4. Эпохи на графике отложены в псевдологарифмическом

масштабе (1, 2, ... 10, 20, ... 100, 200 ...), а спектр нормированного отклонения приведен в условных единицах в интервале (-1; +1 → 0; 100).

Минимальное разрешение которого удалось добиться на сегодняшний день для установки с

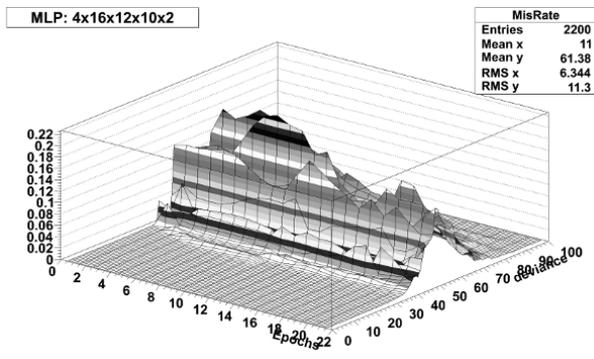


Рисунок 4: Динамика спектра отклонений

двумя пластинами 140x160x3 см составляет 15 см.

Ведутся работы над улучшением результата – в частности за счет снижения аналитической нагрузки на нейронную сеть. Усредненная показания амплитуд детекторов нормированных на их сумму, можно добиться гладкой кривой ослабления световой волны в кристалле. Аппроксимация этой зависимости (например при помощи более сложной архитектуры или полиномиальной функцией) позволяет определить расстояние от вспышки до фотокатода ФЭУ. Имея, таким образом, несколько геометрических интервалов вероятной точки прохождения можно, по их пересечениям, определить координаты события. ИНС производит статистическую оценку наиболее вероятной координаты и позволяет, таким образом, не учитывать влияния условий светосбора в кристалле.

Литература:

1. Наттерер Ф. «Математические аспекты компьютерной томографии», М. Мир, 1990.
2. Гончаров А. И., «Пространственные характеристики электронно-фотонных ливней в атмосфере земли» : диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук; Томский политехнический институт; Науч. рук. А. М. Кольчужкин. — Томск, 1991. — 145 л.
3. Ангерер А. «Техника физического эксперимента», М., Физматлит (1962).
4. Вайсенберг А. «Гамма-спектроскопия с помощью сцинтилляционных счетчиков». УФН, т. XLIV, вып.3, с.453-457 (1951).
5. С. Хайкин. «Нейронные сети : полный курс» : пер. с англ. / С. Хайкин. — 2-е изд., испр. — М. [и др.] : Вильямс (2006).
6. В. Кросе, Р. Смагт, «An introduction to neural networks», The University Of Amsterdam, 1996.

ИМПУЛЬСНАЯ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КРИСТАЛЛОВ LiF-W

Елисеев А.Е., Лисицына Л.А., Корепанов В.И.

Научный руководитель: Корепанов В.И., д.ф.-м. н., профессор

Томский национальный исследовательский политехнический университет,

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: korepanov@tru.ru

Активированные кристаллы LiF широко используются в радиобиологии и медицине в качестве термолюминесцентных и термоэмиссионных дозиметров, в приборах ночного видения, а также в качестве активных сред для лазеров. Поиск новых активаторов с высоким выходом свечения в кристаллах LiF остается актуальным и в настоящее время.

В работе представлены результаты исследования спектрально-кинетических характеристик импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) кристаллов LiF, активированных вольфрамом. Исследуемые кристаллы, выращенные методом Киропулоса в НИИ монокристаллов (Харьков), имеют границу прозрачности около 6 эВ.

ИКЛ возбуждалась наносекундным импульсом электронов с энергией 400 кэВ и объемной плотностью энергии за импульс – 0.001 Дж/см³.

Исследовалось так называемое зеленое свечение в спектральном диапазоне 3...2эВ во временном интервале 10⁻⁷-10⁻¹ с после окончания воздействия возбуждающего импульса (ВИ) в интервале температур 15-300К на импульсном оптическом спектрометре. Методика измерения ИКЛ описана в [1].

Получены следующие результаты

1. Импульс потока ускоренных электронов возбуждает свечение активатора, спектры которого при температуре 300К, измеренные через 100нс и 30 мкс после окончания импульса возбуждения, представлены на рис.1.

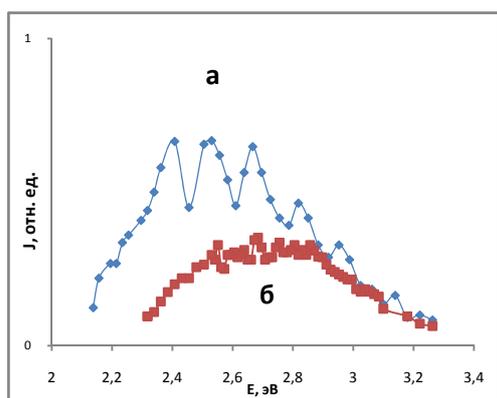


Рис.1 Спектры активаторного свечения в кристалле LiF-W, измеренные через 100нс (а) и 50мкс (б) после окончания действия импульса возбуждения при 300К.

Как следует из представленных результатов, спектр свечения состоит из серии узких эквиди-

стантных полос в интервале 3.2-2.2эВ, огибающая которых имеет максимум в области 2.5эВ. Смещение со временем после окончания действия импульса возбуждения (ИВ) положение максимума спектра свечения в коротковолновую область свидетельствует о зависимости величины характеристического времени затухания от энергии излучательного перехода: об увеличении времени жизни центра в излучательном состоянии с увеличением энергии излучательного перехода. Подобный эффект для U-O излучательных комплексов в кристаллах LiF наблюдался в [2].

Нами установлено, что закон затухания активаторной ИКЛ в кристаллах LiF-W может быть описан двумя экспонентами с значениями характеристического времени затухания $\tau_1 \sim 30$ нс и τ_2 , величина которого зависит от температуры. Как следует из представленных на рис.2 результатов, величина характеристического времени длинновременного компонента затухания свечения на 2.75эВ (τ_2) уменьшилась с 150мкс при 15К до 20мкс при 300К. Большие значения величины τ_2 свидетельствуют о том, что переход из возбужденного в основное состояние излучательного центра является запрещенным. (Время жизни разрешенных дипольных переходов $\sim 10^{-8}$ с и по порядку величины совпадает с значением τ_1).

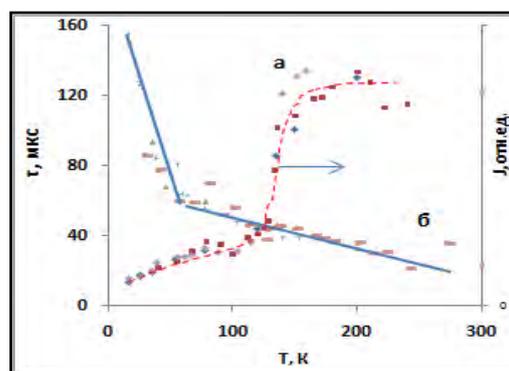


Рис.2. Температурная зависимость интенсивности наносекундного компонента разгорания активаторного свечения на 2.75 эВ (а), инициированного импульсом электронов, и величины характеристического времени затухания длинновременного компонента этого свечения (б). Величина интенсивности измерялась через 1 мкс после окончания действия ИВ при соответствующей температуре.

Таким образом, нами установлено, что величина характеристического времени затухания свечения (τ_2) комплекса, содержащего вольфрам, в

кристаллах LiF зависит от двух параметров – энергии излучательного перехода (рис.1) и температуры кристалла при облучении (рис.2).

2. При исследовании кинетических параметров процессов разгорания ИКЛ было установлено, что кинетические кривые разгорания активаторного свечения на любой длине волны в диапазоне 3.2-2.2эВ имеют две стадии: безынерционную по отношению к действию импульса возбуждения и инерционную, пострадиационную. Безынерционный по отношению к ИВ компонент разгорания присутствует при любой температуре кристалла в исследуемом диапазоне, тогда как микросекундный компонент разгорания появляется только в области $T > 250\text{K}$. Величина характеристического времени разгорания активаторной ИКЛ равна 4мкс при 300К. Спектры обоих компонентов разгорания активаторного свечения совпадают.

Для примера на рис.3 представлена кинетическая кривая ИКЛ активатора на 2.75 эВ при температуре 300К и 15К.

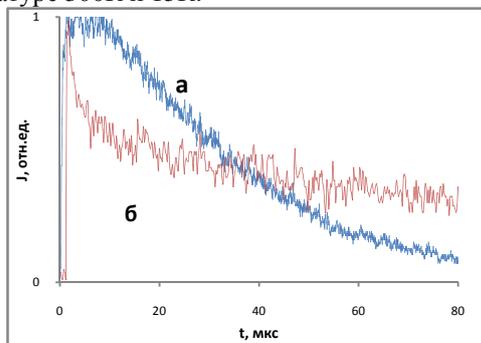


Рис.3 Кинетика активаторного свечения на 2.75 эВ, возбуждаемого импульсом электронов при 300К(а) и 15К(б) в кристалле LiF-W

3. Нами исследовано влияние температуры на интенсивности активаторной ИКЛ. Результаты исследований, представленные на рис.2 для перехода на 2.74 эВ, свидетельствуют о том, что с ростом температуры имеет место одновременно увеличение интенсивности свечения (J) и уменьшение значения характеристического времени затухания (τ_2). В области делокализации автолокализованных дырок в кристалле LiF (140К [3]) наблюдается резкое увеличение интенсивности ИКЛ, величина которой не изменяется при дальнейшем росте температуры в области 150-300К. При этом спектральный состав свечения не зависит от температуры кристалла при возбуждении.

Полученные нами результаты свидетельствуют, во-первых, об отсутствии температурного тушения активаторного свечения в исследованном температурном диапазоне 15-300К, что является свидетельством внутрицентрального характера из-

лучательного перехода и о сильной пространственной локализации возбужденного состояния, и, во-вторых, о значительном вкладе дырочных процессов в передаче энергии центру свечения.

4. При облучении кристалла серией импульсов электронов в области интегральных поглощенных доз $D \leq 104$ Гр вид спектра активаторного свечения не изменяется, что свидетельствует об отсутствии перезарядки шестивалентных ионов вольфрама в составе центров свечения под действием радиации. Участие дырок в процессах передачи энергии активатору в области $T > 140\text{K}$ также не привело к изменению спектрального состава активаторной ИКЛ. Переход активатора в излучательное состояние без изменения его зарядового состояния при доказанном участии дырок в процессе передачи энергии излучательному центру свидетельствует о том, что возбуждение свечения активатора происходит при последовательном захвате дырки и электрона на активаторном центре с последующим поглощением активатором энергии, высвобождаемой в результате электрон-дырочной рекомбинации.

5. Известно, что ион вольфрама ($4f^{14}5d^46s^2$) при нагревании на воздухе в процессе выращивания кристалла окисляется до WO_3 и входит в решетку в шестивалентном состоянии. По-видимому, локальная компенсация избыточного заряда вольфрама осуществляется за счет образования излучательных комплексов W-O, с различным расположением и количеством ионов кислорода в его составе.

Неизменное и равное 0.15эВ расстояние между соседними полосами в спектре свечения W-O комплексов при 300К (рис.1а) может свидетельствовать о том, что наблюдаемое свечение обусловлено внутрицентровыми электронно-колебательными переходами в W-O комплексе. Однако, к настоящему времени нет достаточных результатов для описания структуры этого излучательного комплекса и природы отдельных излучательных переходов. Дальнейшие исследования планируются.

Список литературы

1. Лисицын В.М., Корепанов В.И., Яковлев В.Ю. Изв.вузов.Физика. **11**, 57 (1996).
2. Лисицына Л.А., Путинцева С.Н., Лисицын В.М., Олешко В.И. Неорг. матер. **44**. 1 (2008).
3. Алукер Э.Д., Лусис Д.Ю., Чернов С.А. Электронные возбуждения и радиолуминесценция щелочно - галоидных кристаллов, Рига, Зинатне, 1979, 249 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПЛАЗМЕННОГО МОДУЛЯ В РЕЖИМЕ АВТОНОМНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Жуков А.А., Каренгин А.А.

Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф.-м.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: karenjin@tpu.ru

На кафедре «Техническая физика» Томского политехнического университета в рамках выполнения инновационной образовательной программы 2007÷2008г.г. создан плазменный модуль, на котором ведётся отработка технологии и оборудования для экологически безопасной утилизации нефтяных и других горючих промышленных отходов в условиях неравновесной воздушной плазмы высокочастотного факельного разряда.

В состав плазменного модуля входит высокочастотный генератор ВЧГ8-60/13-01 с колебательной мощностью $P_{\text{кол}}=60\text{кВт}$ и рабочей частотой $f_{\text{раб}}=13,56\text{ МГц}$, проточный высокочастотный факельный плазмотрон, плазмокаталитический реактор, узел «мокрой» очистки и охлаждения отходящих из реактора газов, узел подготовки и дозированной подачи в реактор горючих промышленных отходов, высоконапорный вытяжной вентилятор ВР 240-26 (№4), а также узел автономного водоснабжения для охлаждения теплонапряженных элементов плазменного модуля (анод генераторной лампы, сеточная и анодная индуктивности генератора ВЧГ8-60/13-01, электрод и корпус факельного плазмотрона), включающий бак (200 л) с насосом марки АР12.50.11.3 и два последовательно соединённых трехходовых калорифера Кск3 с мощностью теплосъёма до 50 кВт, установленных на герметичном кожухе плазмокаталитического реактора.

При работе плазменного модуля холодный воздух с помощью вытяжного вентилятора всасывался через калориферы и охлаждал протекающую через них оборотную воду. Далее воздух попадал в кварцевую разрядную камеру плазмотрона через шибер с постоянной входной площадью 25см^2 , в зазор между разрядной камерой и корпусом плазмотрона для охлаждения разрядной камеры через радиальные отверстия с постоянной входной площадью 7см^2 , а также в реактор через шибер с переменной входной площадью $S_{\text{шп}}=165\dots1155\text{см}^2$ с шагом 165см^2 .

На рис.1 показано влияние анодного тока (мощности разряда) на скорость нагрева оборотной охлаждающей воды при постоянной площади шибера реактора $S_{\text{шп}} = 825\text{см}^2$.

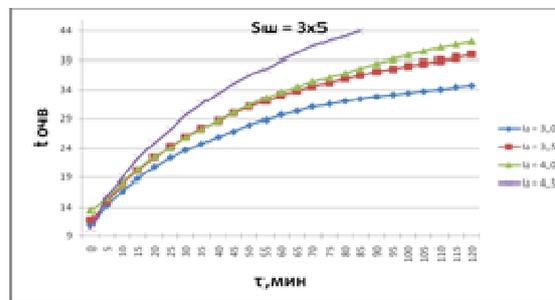


Рис.1. Влияние $S_{\text{шп}}$ на скорость нагрева воды.

Из представленных графических зависимостей следует, что увеличение анодного тока с 3,0А (11,0 кВт) до 4,5А (18,3 кВт) приводит к существенному повышению скорости нагрева охлаждающей воды.

Так при $I_a=4,5\text{А}$ (18,3 кВт) нагрев охлаждающей воды до предельной конечной температуры 40°C происходит с большой скоростью в течение 60...65 минут. В тоже время при $I_a=3,0\text{А}$ (11,0 кВт) скорость нагрева воды значительно ниже и имеет тенденцию к выходу на постоянный уровень.

С учётом этого для обеспечения непрерывной и длительной работы плазменного модуля можно рекомендовать следующие технологические режимы. Работу плазменного модуля необходимо начинать в режиме «Розжиг» ($I_a \geq 4,5\text{А}$), при котором происходит быстрый разогрев реактора (5...10 мин) и повышение температуры отходящих из реактора газов до температуры вспышки горючих отходов.

После вывода плазменного модуля на заданный технологический режим утилизации горючих отходов его работу необходимо перевести в режим «Работа» ($I_a \leq 3,0\text{А}$), при котором обеспечивается поддержка непрерывной и длительной работы плазменного модуля на заданном технологическом режиме.

На рис.2 показано влияние на скорость нагрева оборотной охлаждающей воды площади шибера реактора при постоянном анодном токе $I_a=4,5\text{А}$ (18,3 кВт).

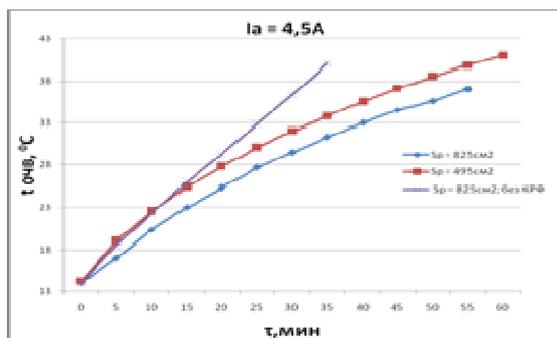


Рис. 2. Влияние $S_{\text{ш}}$ на скорость нагрева воды.

Из представленных графических зависимостей следует, что уменьшение площади шибера реактора с 825 см^2 до 495 см^2 приводит к дальнейшему существенному повышению скорости нагрева охлаждающей воды.

На рис.3 показано влияние на скорость нагрева обратной охлаждающей воды площади шибера реактора при постоянном анодном токе $I_a = 4,0 \text{ A}$ (16,5 кВт).

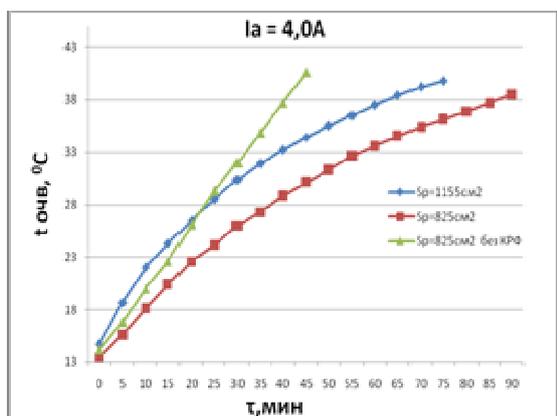


Рис. 3. Влияние $S_{\text{ш}}$ на скорость нагрева воды.

Из представленных графических зависимостей следует, что уменьшение площади шибера реактора с 1155 см^2 до 825 см^2 также приводит к дальнейшему существенному повышению скорости нагрева охлаждающей воды. Следовательно, для режима «Розжиг» может быть рекомендован более жесткий режим работы плазменного модуля при меньшей площади шибера реактора $S_{\text{шр}} = 495 \text{ см}^2$.

На рисунке 4 показано влияние на скорость нагрева обратной охлаждающей воды площади шибера реактора при постоянном анодном токе $I_a = 3,5 \text{ A}$ (13 кВт).

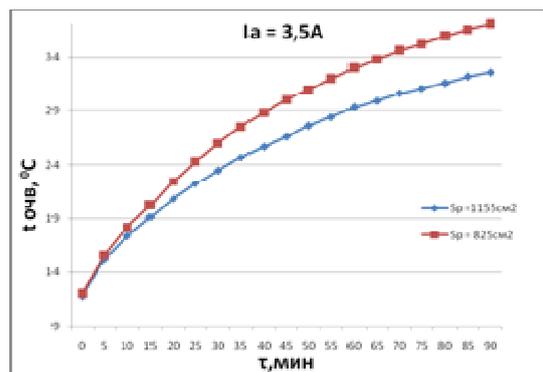


Рис. 4. Влияние $S_{\text{ш}}$ на скорость нагрева воды.

Из представленных графических зависимостей видно, что увеличение площади шибера реактора с 1155 см^2 до 825 см^2 также приводит к существенному снижению скорости нагрева охлаждающей воды.

На рисунке 5 показано влияние на скорость нагрева обратной охлаждающей воды площади шибера реактора при постоянном анодном токе $I_a = 3,0 \text{ A}$ (11 кВт).

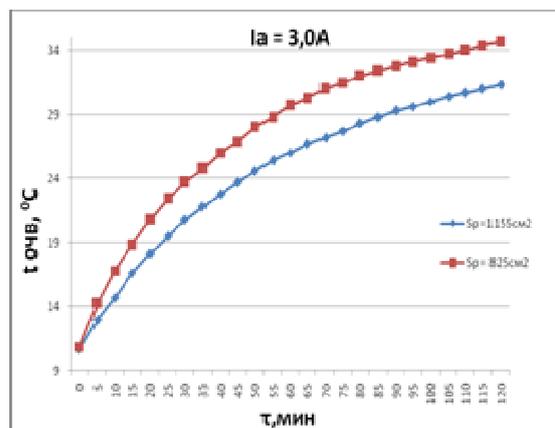


Рис. 5. Влияние $S_{\text{ш}}$ на скорость нагрева воды.

Из представленных графических зависимостей следует, что уменьшение площади шибера реактора с 1155 см^2 до 825 см^2 также приводит к дальнейшему существенному повышению скорости нагрева охлаждающей воды. Следовательно, для режима «Работа» ($I_a \leq 3,5 \text{ A}$) также может быть рекомендован более мягкий режим работы плазменного модуля при площади шибера реактора $S_{\text{шр}} = 1155 \text{ см}^2$.

Результаты исследований были использованы при проведении пуско-наладочных работ на промышленной установке плазмокатализической утилизации нефтяных шламов, размещённой на накопителе нефтяных отходов на Крапивинском нефтяном месторождении ОАО «Томскнефть»ВНК..

РАЗДЕЛЕНИЕ СОЛЬВАТИРОВАННЫХ КАТИОНОВ ЦЕРИЯ И СВИНЦА В ВОДНОМ РАСТВОРЕ СМЕСИ НИТРАТОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ АСИММЕТРИЧНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Занин М.К., Долгополов С.Ю., Ломов И.В.

Научный руководитель: Долгополов С.Ю.

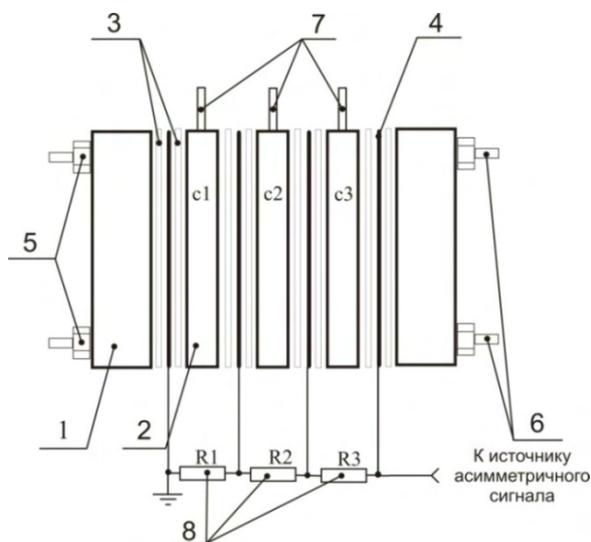
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: dsu@tpu.ru

На сегодняшний день количество накопленного в мире облученного ядерного топлива (ОЯТ) превысило 200 тыс.т. Считается, что ежегодно количество ОЯТ увеличивается на 3,0 - 3,5 тыс. т. Уже через несколько лет многие страны, где работают АЭС, могут столкнуться с проблемой их размещения. По мнению специалистов, Россия может рассчитывать на 10% мирового рынка переработки ОЯТ, т.е. на размещение примерно 20 тыс. т.

В настоящее время основной технологией переработки ОЯТ является экстракция, однако существенным недостатком данного процесса является активация и дальнейшее разложение экстрагента. Традиционный способ очистки экстрагента от продуктов радиолитического распада и их соединений с продуктами деления, приводит к образованию значительного (основного) количества среднеактивных отходов. Вследствие этого,

Рисунок 1. Экспериментальная ячейка: 1- боковые крышки; 2-полая секция; 3- резиновые



прокладки; 4- потенциальные сетки высокой прозрачности; 5 стяжные гайки; 6-стальные шпильки; 7-пластиковые патрубки для подачи, отбора раствора; 8-резистивный делитель напряжения, 200Мом

актуальной является задача извлечения из растворов, поступающих на экстракцию, наиболее активных нуклидов – источников гамма-излучения. Данная мера позволит снизить радиационное воздействие на химические реагенты и растворители в процессе переработки облученного ядерного топлива.

В работе была поставлена задача изучить возможность использования селективного дрейфа в технологии переработки облученного ядерного топлива (ОЯТ).

После трехлетней выдержки активность облученного топлива определяется долгоживущими продуктами деления: Zr, Nb, Sr, Се и другие РЗЭ, Ru и α-активные трансурановые элементы. Таким образом для проведения экспериментов был выбран модельный раствор $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$ и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

С помощью УФ–спектрометра были исследованы пробы растворов после экспериментов с параметрами:

- концентрация Се, г/л 0,1
- концентрация Pb, г/л 0,1
- частота электрического поля, Гц 100 и 200
- температура окр. среды, °С 22
- давление, мм рт.ст. 247–252
- амплитуда первого(положительного) полупериода, В/см 78,9–98,7
- коэффициент асимметрии электрического сигнала 0,2; 0,5
- время воздействия электрического поля, ч 2^{15} ; 4^{30} , 8, 20

Чтение и обработка полученных спектров производилась с помощью программы VISION-pro. По кривым для растворов с известной концентрацией строился калибровочный график, исходя из которого определялись концентрации катионов церия.

Экспериментальная установка включает в себя трехсекционную ячейку (рис. 1). Габаритные размеры ячейки: длина:ширина:высота – 102:10:10 см. Полезный (внутренний) объем – 320 мл. Ячейка состоит из трех секций с1 – с3 (рис. 1, поз. 2).

Отбор проб производился после 2^{15} ; 4^{30} , 8, 20 часов действия асимметричного поля высокой частоты на водный раствор $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$ и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

Ранее в численных экспериментах было показано, что в случае действия на раствор соли электрического поля с равными амплитудами напряженности в положительном и отрицательном полупериодах (“симметричное поле”) селективный дрейф сольватированных ионов не

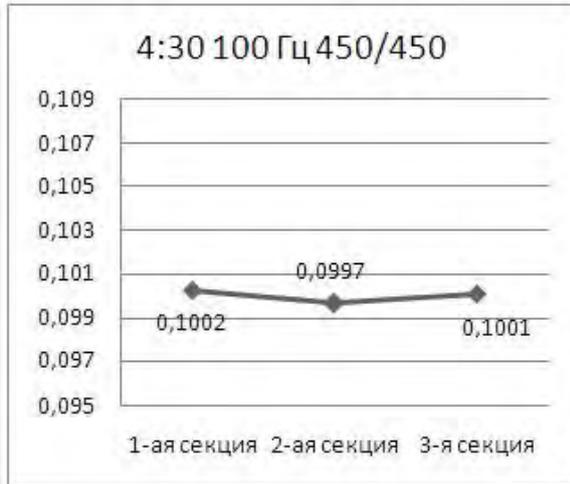


Рис. 2. Концентрации катионов церия (г/л) в экспериментальной ячейке после воздействия поля в течение 4 ч. 30 мин. 100 Гц, 450/450 В

При воздействии на раствор “симметричного” поля, т.е. с коэффициентом асимметрии электрического сигнала равным единице, изменения концентраций по секциям не превысили 0,4% (рис. 2). Данные незначительные изменения можно объяснить погрешностью измерений.

При воздействии на раствор поля с частотой 200 Гц и коэффициентом асимметрии 0,5, при амплитуде положительного полупериода 600 В намечается тенденция к увеличению концентраций сольватированных катионов церия в первой и третьей секциях при обеднении раствора в центральной (второй) секции. Коэффициент разделения (при отборе в первой секции) составляет 1,0147. При действии поля в течение 4:30 тенденция имеет неустойчивый характер.

При снижении частоты до 100 Гц, при неизменных остальных параметрах поля, тенденция к увеличению концентрации у заземленного электрода становится более отчетливой. В первой секции наблюдается заметный рост концентрации катионов церия, также менее значимый рост заметен во второй секции, при обеднении раствора сольватированными катионами в третьей секции.

возбуждается. Только при наличии асимметрии электрического сигнала следует ожидать возбуждения эффекта селективного дрейфа.

На рис. 2 приведены экспериментальные результаты для случая действия “симметричного” поля.

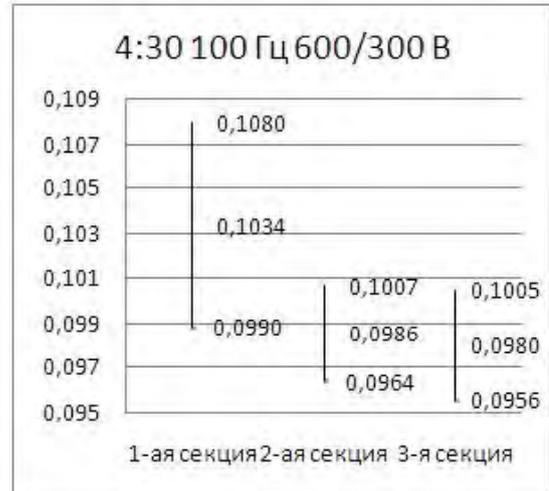


Рис. 3. Концентрации катионов церия (г/л) в экспериментальной ячейке после воздействия поля в течение 4 ч. 30 мин. 100 Гц, 600/300 В.

При этом длительность воздействия поля 4ч. 30мин. близка к оптимальному значению, так как коэффициент разделения (при отборе в первой секции) на этот момент составляет 1,0540 (рис. 3), а при увеличении времени действия поля до 8-ми часов коэффициент разделения снижается до 1,0260. Уменьшение времени воздействия поля до 2 ч. 15 мин. также снижает коэффициент разделения до 1,0166.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные эксперименты доказывают возможность использования ранее обнаруженного явления электроиндуцированного селективного дрейфа сольватированных ионов в растворах солей под действием асимметричного электрического поля для организации технологического процесса обогащения растворов по целевому металлу. Электроды, создающие поле, электроизолированы от раствора, поэтому технология обогащения может быть отнесена к энергосберегающим. Напряженность поля в межэлектродном пространстве не превышает 20 В/см.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ИРИДИЯ С ФТОРОКИСЛИТЕЛЯМИ НА ОСНОВЕ ТРИФТОРИДА БРОМА

В.И. Зюбанова, Е.В. Гребенюк, К.В. Бобровская

Научный руководитель: В.В. Шагалов, ассистент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: valentina321@sibmail.com

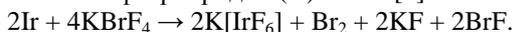
Одной из проблем определения благородных металлов в твердых природных и технологических материалах является пробоподготовка, эффективность которой определяется полнотой и скоростью перевода металлов в раствор, расплав или иное гомогенизированное состояние. В аналитической практике описано несколько способов растворения иридия.

Иридий нерастворим в царской водке, однако при очень тонком измельчении или в составе сплава с платиной в малых количествах реагирует с ней, образуя хлоридные комплексы.

Для растворения благородных металлов известно применение фторокислителей – F_2 , ClF_3 , BrF_3 , IF_3 , XeF_2 , XeF_4 , а также тетрафторобромата калия.

Целью данной работы являлось исследование условий и характера взаимодействия раствора тетрафторобромата калия в трифториде брома, а также расплава тетрафторобромата калия с металлическим иридием.

Взаимодействие металлического иридия с тетрафтороброматом калия протекает с образованием гексафториридата(V) калия [1]:



Трифторид брома при нормальных условиях – почти бесцветная светло-желтая жидкость, является сильнейшим фторокислителем, ионизирующим растворителем и комплексообразователем с температурой кипения 125,75 °С. Он использовался в качестве растворителя тетрафторобромата калия, который представляет собой белый, сыпучий, кристаллический порошок, устойчивый в воздухе с температурой плавления ~330 °С и давлением пара <12 кПа [2].

Исследования проводились в изотермических условиях, показания снимались с помощью хромель-алюмелевой термопары и прибора для сбора информации «сFP-2100», точность регулирования температуры составляла $\pm 0,25$ К. В качестве реактивов использовалась проволока иридия чистотой 99,9 %, трифторид брома с содержанием примесей менее 0,2 % и тетрафторобромат калия с содержанием примесей менее 0,5 %.

Для разложения пробы Ir навеска массой до 0,5 г помещалась в тефлоновый реактор с раствором тетрафторобромата калия в трифториде брома. Определение степени превращения α Ir в зависимости от времени растворения τ проводилось в изотермических условиях при 373, 388, 398 и 403 К и выдерживали в течение заданного времени (до 6 ч).

Для математической обработки полученных результатов с целью определения зависимости, связывающей степень превращения вещества от времени и температуры, использовались уравнения: сокращающейся сферы $1-(1-\alpha)^{1/3}=k\cdot\tau$, Яндера $(1-(1-\alpha)^{1/3})^2=k\cdot\tau$ и Гинстлинга-Брунштейна $1-(1-\alpha)^{2/3}=k\cdot\tau$.

Уравнения составлены таким образом, что если правую часть принять за значение функции, а время за аргумент, то получится график прямой линии, тангенс угла наклона которой будет численно равен константе скорости k [3].

Кинетическая кривая наиболее точно линейризуется в координатах уравнения сокращающейся сферы (рис. 1), т. е. именно уравнение сокращающейся сферы наиболее точно описывает кинетику рассматриваемого процесса растворения Ir с использованием раствора тетрафторобромата калия в трифториде брома.

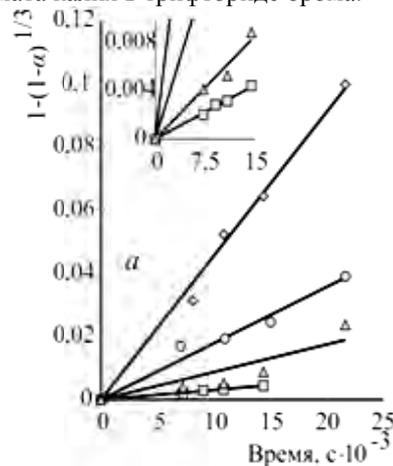


Рис. 1. Линейризация кинетических данных процесса растворения Ir в смеси фторокислителей согласно уравнению сокращающейся сферы.

□ – 373 К, ▲ – 388 К, ○ – 398 К, ◆ – 403 К

На рис. 2 представлен график зависимости скорости растворения иридия от температуры в координатах уравнения Аррениуса

$$\ln k_T = \ln k_0 - E_a/RT,$$

где k_T – температурная константа скорости, k_0 – истинная константа скорости, E_a – энергия активации.

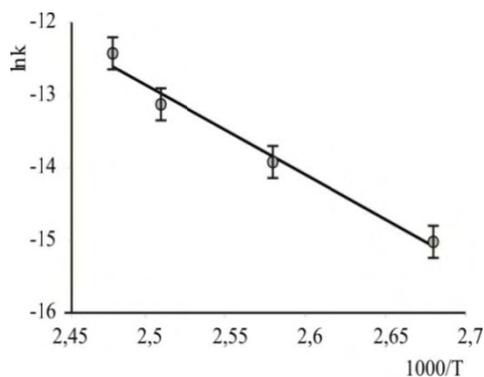


Рис. 2. Температурная зависимость константы скорости реакции растворения Ir в растворе $\text{BrF}_3 - \text{KBrF}_4$

Из графика (рис. 2) следует, что $\ln k_0 = 12,05$, а $k_0 = 0,17 \cdot 10^6 \text{ c}^{-1}$. Определив тангенс угла наклона прямой, можно выразить кажущуюся энергию активации реакции растворения иридия в среде фторокислителей на основе трифторида брома ($E_a = 107 \text{ кДж/моль}$). Это указывает, что процесс растворения иридия протекает в кинетической области реагирования, т. е. лимитируется химической реакцией. Интенсифицировать процесс в кинетической области можно увеличением температуры.

Зависимость степени превращения от времени для данного процесса описывается уравнением:

$$\alpha = 1 - (1 - \exp(-10700/RT) \cdot \tau)^3.$$

Применение растворов на основе BrF_3 ограничивается его температурой кипения, поэтому дальнейшие исследования процесса растворения иридия при более высоких температурах проводилось в расплаве только тетрафторобромата калия.

С этой целью вещества смешивались в массовом соотношении $\text{Ir}:\text{KBrF}_4 = 1:10$, и проводилось растворение в стеклоглеродном реакторе при температуре 673 К в атмосфере аргона.

Полученные данные подвергались математической обработке по методике, описанной выше. Результаты представлены на рис. 3. Кинетическая кривая наиболее точно линейризуется в координатах уравнения сокращающейся сферы (рис. 3).

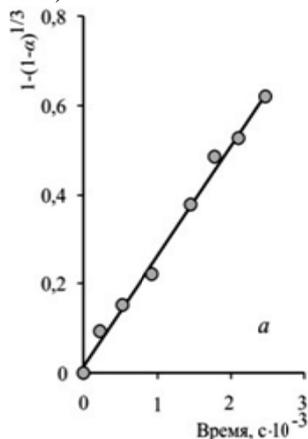


Рис. 3. Линейризация кинетических данных процесса растворения Ir в расплаве KBrF_4 при 673 К согласно уравнению сокращающейся сферы.

На рис. 4 представлено сопоставление зависимостей констант скоростей реакций растворения иридия от температуры для обоих экспериментов (растворение в растворе $\text{BrF}_3 - \text{KBrF}_4$ и в расплаве KBrF_4). Видно, что в расплаве KBrF_4 скорость растворения иридия выше, чем в растворе $\text{BrF}_3 - \text{KBrF}_4$.

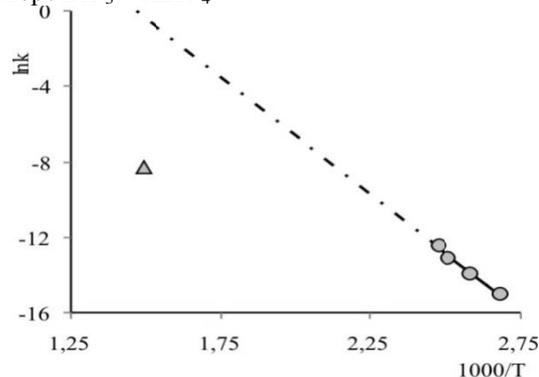


Рис. 4. Температурная зависимость константы скорости растворения иридия в $\text{KBrF}_4 - \text{BrF}_3$ (точки). Для сравнения приведены данные для расплава KBrF_4 (треугольник)

Анализ влияния температуры показывает, что значение константы скорости растворения иридия в расплаве лежит далеко за пределами экстраполяционной температурной зависимости константы скорости процесса растворения иридия в системе $\text{BrF}_3 - \text{KBrF}_4$. Это указывает на изменение механизма растворения металлического иридия с переходом от раствора к расплаву тетрафторобромата калия.

По полученным результатам определены кинетические закономерности процесса растворения Ir в растворе BrF_3 в температурном интервале 373...403 К. Установлено, что лимитирующей стадией процесса является химическая реакция – энергия активации реакции составляет 107 кДж/моль. Растворение иридия в расплаве KBrF_4 при 673 К происходит со значительно меньшей скоростью, чем экстраполяционно предполагаемая скорость. Это различие указывает на изменение механизма реакции при переходе от раствора к расплаву.

Список литературы:

1. Mitkin V.N. Fluorination of Iridium Metal and its Application Possibilities in the Synthesis, Analysis and Recovery Technology for Secondary Raw Materials // Iridium: Proc. of Intern. Symp. TMS-2000. – P. 377–390.
2. Николаев Н.С., Суховерхов В.Ф. и др. Химия галоидных соединений фтора. – М.: Наука, 1968. – 348 с.
3. Барре П. Кинетика гетерогенных процессов. – М.: Мир, 1976. – 399 с.

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОТОПНООБОГАЩЕННОГО РЬ ИЗ $Pb(CH_3)_4$

Индык Д.В., Цыденова Э.Д.

Научный руководитель: Жерин И.И., д.х.н., профессор
Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
e-mail: ego@phtd.tpu.ru

Стабильные изотопы, применявшиеся ранее в основном для решения научных задач, с недавнего времени широко используются для нужд электроники (германий, кремний и др.), медицины (бор, углерод и др.), а также экологии и биологии (сера, азот, кислород и др.). В настоящее время, по оценкам специалистов, мировой оборот стабильных изотопов составляет несколько десятков миллиардов долларов в год, который в перспективе будет только увеличиваться.

Одним из перспективных материалов для атомной энергетики является свинец, обогащенный по изотопу ^{206}Pb , который предложено использовать в качестве малоактивируемого теплоносителя в быстрых реакторах и в электроядерных установках [1].

Из всех металлоорганических соединений ($Pb(CH_3)_4$, $Sn(CH_3)_4$, $Cd(CH_3)_2$, $Zn(CH_3)_2$, $Ga(CH_3)_3$), используемых в настоящее время для разделения изотопов металлов $Pb(CH_3)_4$ наименее устойчив, что связано с меньшей термодинамической стабильностью связей углерод-металл вследствие увеличения их межатомных расстояний. Поэтому $Pb(CH_3)_4$ подвержен термическому и фотохимическому разложению, а также способен к деалкилированию в присутствии галогенов или их содержащих соединений [2]. Термические и фотохимические свойства $Pb(CH_3)_4$ достаточно подробно изучены в работах [3, 4]. Использование галогенов для деалкилирования $Pb(CH_3)_4$ с технологической точки зрения более пригодно, чем использование для этих целей пиролиза и фотолиза, вследствие возможности получения химически чистого свинца при его максимальном выходе.

В настоящей работе описан один из возможных химических вариантов получения металлического свинца из $Pb(CH_3)_4$ - соединения, используемого в качестве рабочего вещества в центробежном процессе разделения стабильных изотопов свинца.

В экспериментальной работе использовали: тетраметилсвинец ($Pb(CH_3)_4$, 99,5 %); бром (Br_2 , чда); четыреххлористый углерод (CCl_4 , осч), боргидрид калия (KBH_4 , 98 %), водород (H_2 , 99,995 %).

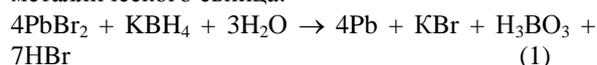
Расчеты термодинамических функций производились при помощи программного обеспечения: HyperChem 7.1 Professional методом PM3, Gaussian 03W с использованием функционала V3LYP и базисов LANL2DZ(df), 6-31G(d).

Химическую чистоту полученного свинца определяли на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой PHILIPS PV 8490.

Для получения изотопнообогащенного металлического свинца из изотопнообогащенного $Pb(CH_3)_4$ была разработана следующая методика.

Первоначально из транспортировочной емкости $Pb(CH_3)_4$ перекидывается в химический реактор, с механической мешалкой и обратным холодильником, охлаждаемый жидким азотом. Затем при перемешивании к охлажденному льдом с солью $Pb(CH_3)_4$ по каплям прибавляют с 20% избытком от стехиометрического раствор Br_2 в CCl_4 в соотношении 1:3. Раствор брома подается из воронки с обводной трубкой через обратный холодильник для предотвращения выноса $Pb(CH_3)_4$ с отходящими газами. По окончании раствор нагревают и кипятят с обратным холодильником в течении 1 часа. После этого холодильник меняют на прямой и растворитель отгоняют. Остаток извлекают и подвергают перегонке из керамической или кварцевой лодочки в токе водорода или инертного газа в кварцевой трубе, обогреваемой трубчатой печью при температуре 750-850 °С. Дибромид свинца конденсируется в холодной части трубы и легко от нее отделяется. При этом удаляются летучие примеси из $PbBr_2$, происходит разложение остаточных металлоорганических соединений свинца и отделяются твердые не летучие примеси.

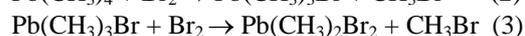
Далее измельченный $PbBr_2$ добавляют небольшими порциями при интенсивном перемешивании к 20 % водному раствору KBH_4 . При этом протекает химическая реакция восстановления $PbBr_2$ до металлического свинца:

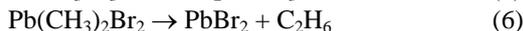


Полученный раствор, содержащий свинец, нагревают для коагуляции свинца и удаления газобразных продуктов реакции. Далее свинец отфильтровывают, отмывают водой, сушат и плавят в токе водорода при температуре 600-650 °С.

Полученный таким образом свинец имеет химическую чистоту не менее 99,9%. Выход свинца составляет не менее 97%.

Как указывалось выше, наблюдаемым конечным продуктом при деалкилировании $Pb(CH_3)_4$ бромом является $PbBr_2$, что также согласуется с данными работы [5]. Его образование может быть следствием последовательного замещения метильных групп бромом и конечным распадом промежуточных метилбромидов свинца. При этом возможно протекание следующих химических реакций:





Для нахождения наиболее вероятного пути реакции взаимодействия $\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$ с Br_2 был проведен расчет термодинамических характеристик и определены значения энергии Гиббса предполагаемых химических реакций (реакции 2-6). Исходные данные, используемые для расчета, были взяты из известных источников или рассчитаны с использованием квантово-химических программ (табл. 1). Все расчеты были выполнены для соединений, находящихся в газовой фазе и при температуре 298,15 К.

Таблица 1. Термодинамические характеристики, используемые для расчета энергии Гиббса реакций бромирования $\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$

Соединение	$\Delta H_{298,15}^0$, кДж/моль	$S_{298,15}^0$, Дж/моль·К
$\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$	136,1 [6]	455,55
$\text{Pb}(\text{CH}_3)_3\text{Br}$	27	440,05
$\text{Pb}(\text{CH}_3)_2\text{Br}_2$	-46	415,77
PbCH_3Br_3	-88	457,64
CH_3Br	-34,3 [7]	245,77 [7]
PbBr_2	-104,39 [8]	339,39 [8]
C_2H_6	-84,67 [7]	229,49 [7]
Br_2	0 [7]	245,46 [9]

Таблица 2. Рассчитанные значения энергии Гиббса для предполагаемых реакций деалкилирования $\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$ бромом

Реакция	2	3	4	5	6
$\Delta G_{298,15}^0$, кДж/моль	-138,8	-100,1	-88,8	-88,6	-188,7

Как видно из данных табл. 2 в системе $\text{Pb}(\text{CH}_3)_4\text{-Br}_2$ возможно образование $\text{Pb}(\text{CH}_3)_3\text{Br}$, $\text{Pb}(\text{CH}_3)_2\text{Br}_2$ и PbCH_3Br_3 . В то же время образование PbBr_2 – экспериментально установленного конечного продукта процессов бромирования – более вероятно по реакции 6.

Образование C_2H_6 в системе $\text{Pb}(\text{CH}_3)_4\text{-Br}_2$ подтверждается данными масс-спектрометрии. В составе газовой фазы присутствуют ионы с массовыми числами: 14, 15, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 80, 160. Данные пики относятся к осколочным ион-радикалам: CH_2^+ , CH_3^+ , C_2H^+ , C_2H_2^+ , C_2H_3^+ , C_2H_4^+ , C_2H_5^+ , C_2H_6^+ , Br^+ и Br_2^+ . Присутствие C_2H_6 в продуктах разложения $\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$, также наблюдалось в работах, посвященных исследованию термолитиза и фотолитиза $\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$ [3, 4].

Таким образом, согласно полученным расчетным и экспериментальным данным можно утвер-

ждать, что деалкилирование $\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$ бромом с образованием PbBr_2 происходит в результате последовательного замещения метильных групп бромом в $\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$ до промежуточного соединения $\text{Pb}(\text{CH}_3)_2\text{Br}_2$ по реакциям 2, 3 и его последующим разложением по реакции 6.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы: 1) предложена методика получения изотопнообогатленного металлического свинца из изотопнообогатленного $\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$ с выходом не менее 97% и химической чистотой не менее 99,9%; 2) на основании рассчитанных величин ΔG^0 и экспериментальных данных показано, что бромирование $\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$ протекает в две стадии с последовательным образованием $\text{Pb}(\text{CH}_3)_3\text{Br}$ и $\text{Pb}(\text{CH}_3)_2\text{Br}_2$; 3) образование PbBr_2 происходит в результате разложения $\text{Pb}(\text{CH}_3)_2\text{Br}_2$.

Работа выполнена при финансовой поддержке Аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы», проект 2.1.1/734.

Список литературы

- Хорасанов Г.Л., Иванов А.П., Блохин А.И., Прусаков В.Н., Чельцов А.Н., Соснин Л.Ю. Пути снижения затрат на утилизацию свинцового теплоносителя быстрого реактора за счет его обогащения свинцом-206 // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Ядерные константы. – 2001. – № 2. – С. 80-85.
- Кочешков К.А., Землянский Н.Н., Шевердина Н.И., Панов Е.М. Методы элементорганической химии. Германий, олово, свинец. – М.: Наука, 1968. – 704 с.
- Philip A. R., Raymond A. M. The photolysis of lead tetramethyl and lead tetraphenyl // J. Am. Chem. Soc. – 1936. – V. 58. – P. 448 – 454.
- Pratt G. L., Purnel J. H. Pyrolysis of tetraethyl lead // Trans. Faraday Soc. – 1964. – V. 60. – P. 519 – 526.
- Griffing M. E., Rozek Adele., Snyder L. J., Henderson S. R. Determination of trace amounts of lead in gasolines and naphthas // Anal. Chem. – 1957. – V. 29. – P. 190–195.
- Cox J. D.; Pilcher G. Thermochemistry of organic and organometallic compounds. – Academic Press: London, 1970. – 643 p.
- Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. –Л.: Химия, 1977. – 392с.
- Chase M.W. NIST-JANAF. Thermochemical Tables. Fourth Edition. J. Phys. Chem. Ref. Data. Monograph 9. – 1998. – P. 1-1951.
- Cox J.D., Wagman D.D., Medvedev V.A. CODATA Key Values for Thermodynamics. – New York: Hemisphere Publishing Corp., 1987. – 271 p.

ПЛАЗМЕННЫЙ ГЕНЕРАТОР ТЕПЛА

Побережников А.Д., Каренгин А.А.

Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф.-м.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: karengin@tpul.ru

Ежегодно только в России образуются миллионы тонн горючих промышленных отходов (нефтяные и угольные шламы, отработанные масла и т.п.), которые представляют серьёзную угрозу для окружающей среды, а традиционно применяемые технологии для утилизации таких отходов (в основном, термические) требуют специального оборудования и химических реагентов и связаны с получением вредных и токсичных веществ [1,2].

В то же время эти отходы могут служить топливом для получения дешевой тепловой и даже электрической энергии [3,4].

Данная работа посвящена расчету и оптимизации режимов процесса сжигания жидких горючих отходов в реакторе плазменного генератора тепла (ПГТ) в виде диспергированных горючих композиций оптимального состава (ДГК), имеющих адиабатическую температуру горения не менее 1200 °С [5]. Схема реактора представлена на рисунке 1.

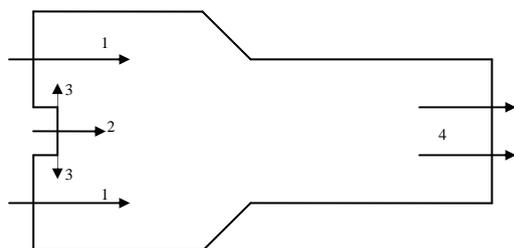


Рис.1 Схема реактора ПГТ:

1 – воздушный поток; 2 – воздушная плазменная струя; 3 – диспергатор; 4 – отходящие газы.

Ввод воздуха в реактор ПГТ осуществляется через импеллер для достижения определенного угла закрутки, которая необходима для равномерного распределения по объему реактора ПГТ подаваемых на сжигание ДГК и стабилизации формы факела их горения.

Расчеты реактора ПГТ проведены для горючей композиции следующего состава, имеющую адиабатическую температуру горения около 1200°С (35% масло б/у ВМ4 : 65% вода).

Исходные параметры для расчета реактора ПГТ представлены в таблице 1.

Таблица 1. Исходные параметры для расчёта реактора ПГТ

Параметр	Диапазон значений	Шаг дескриптации
Скорость воздушного потока	30...100 м/с	10 м/с

ка на входе в реактор, $V_{вп}$		
Угол закрутки воздушного потока на входе в реактор, φ	30...60°	15°
Скорость воздушной плазменной струи на входе в реактор, $V_{пс}$	5...20 м/с	5 м/с
Температура воздушной плазменной струи на входе в реактор, $T_{пс}$	2000...4000 К	500 К
Размер капель ГВТК на входе в реактор, $V_{ГВТК}$	10 ⁻⁶ ...10 ⁻⁵ м	2·10 ⁻⁶ м
Скорость капель ГВТК на входе в реактор, $V_{ГВТК}$	1...10 м/с	1 м/с
Температура капель ГВТК на входе в реактор, $T_{ГВТК}$	300...600 К	100 К
Расход ГВТК на входе в реактор, $W_{ГВТК}$	500...1500 л/ч	500 л/ч

Для расчета реактора ПГТ использовался программный комплекс ANSYS FLUENT 6.3, имеющий большую базу данных по газообразным, жидким и твердым топливным материалам и позволяющий рассчитывать многофазные ламинарные и турбулентные течения, процессы теплопередачи, химические реакции.

Для построения геометрии и расчетной сетки модели реактора ПГТ использовалась программа Gambit 2.4 (рис. 2).

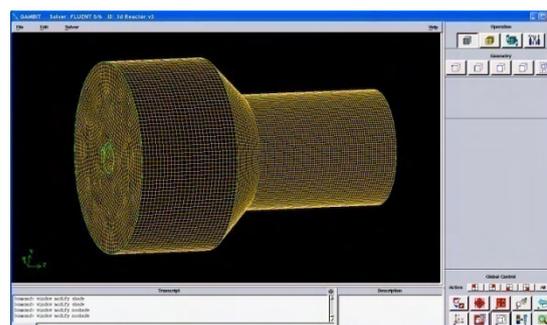


Рис.2. Расчетная сетка модели реактора ПГТ в программе Gambit 2.4.

Для расчета реактора ПГТ была выбрана модель горения без предварительного смешения (non-premixed combustion model).

Движение капель диспергированных горючих композиций в реакторе ПГТ рассчитывалось с помощью модели дискретных фаз (discrete phase model).

Обмен импульсом, теплотой, и массой между газом и каплями включался в расчет, чередуясь с расчётом траекторий капель и уравнений непрерывной газовой фазы.

Начальные условия ввода в реактор ПГТ диспергированных горючих композиций задавались поверхностью диспергатора с равномерно распределенным на нём конечным количеством точечных источников.

На рисунках 3...5 представлены характерные температурные профили горения диспергированных горючих композиций по длине реактора ПГТ при различных начальных параметрах его работы.

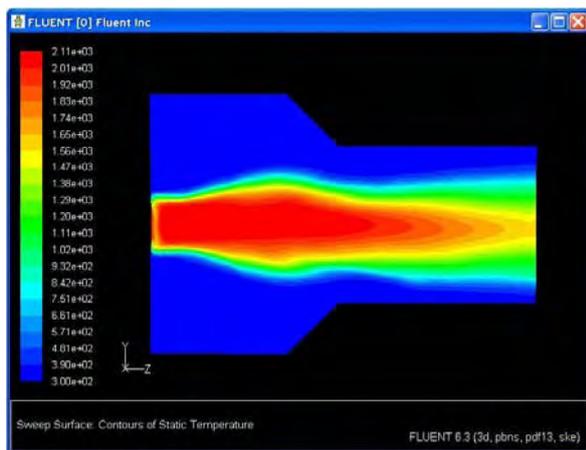


Рис.3. Температурный профиль горения диспергированных горючих композиций при: $T_{ПС}=2000$ К; $V_{ПС}=20$ м/с; $V_{ВП}=80$ м/с; $T_{ДГК}=600$ К; $W_{ДГК}=1000$ л/ч; $V_{ДГК}=3$ м/с; $\varphi=60^0$.

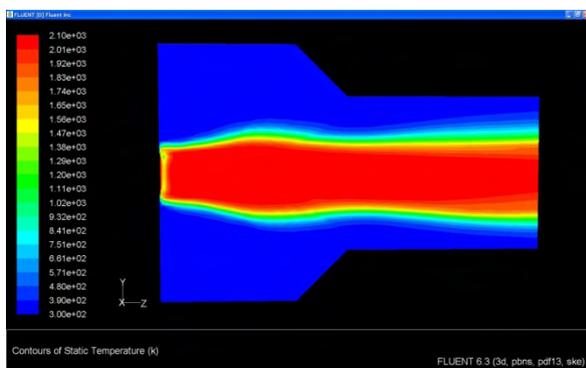


Рис.4. Температурный профиль горения диспергированных горючих композиций при:

$T_{ПС}=4000$ К; $V_{ПС}=20$ м/с; $V_{ВП}=80$ м/с; $T_{ДГК}=600$ К; $W_{ДГК}=1000$ л/ч; $V_{ДГК}=3$ м/с; $\varphi=60^0$.

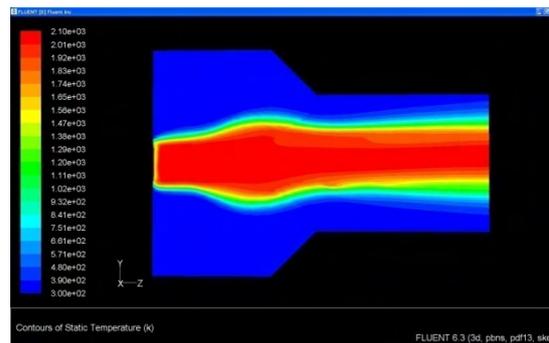


Рис.6. Температурный профиль горения диспергированных горючих композиций при: $T_{ПС}=4000$ К; $V_{ПС}=20$ м/с; $V_{ВП}=0$ м/с; $T_{ДГК}=600$ К; $W_{ДГК}=1000$ л/ч; $V_{ДГК}=3$ м/с; $\varphi=30^0$.

По результатам проведенных расчетов и анализа полученных результатов определены и могут быть рекомендованы для практической реализации следующие оптимальные режимы работы реактора ПГТ для экологически безопасного сжигания горючей композиции оптимального состава (35% масло б/у ВМ4 : 65% вода):

- $T_{ПС}=3000$ К
- $V_{ПС}=20$ м/с
- $V_{ВП}=80$ м/с
- $T_{ДГК}=600$ К
- $W_{ДГК}=1000$ л/ч
- $V_{ДГК}=3$ м/с
- $\varphi=30^0$

Литература

1. Экология нефтегазового комплекса/ т.1 под редакцией А.И. Владимирова М: Нефть и газ, 2003г.
2. Бернадинер М.Н., Шурыгин А.П. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. М.: Химия, 1990.
3. Каренгин А.Г, Ляхова В.А., Шабалин А.М. Установка плазмокаталитической утилизации нефтяных шламов // Журн. Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. №4, 2007, С. 10-12.
4. Анисимова С. Проблема сгорит в плазменном факеле // Журн. Недра и ТЭК Сибири. №3 (40), 2009, С. 20-21.
5. Каренгин А.Г, Шабалин А.М. Патент РФ на изобретение №2218378. Способ утилизации нефтяных шламов и плазмокаталитический реактор для его осуществления. Заявлено 09.12.2002; Опубл. 10.12.2003, Бюл. № 34. – 14 с.

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АНАЛИЗАТОРА «РЕТРАН»

Карпов Д. А., Стрежнева Т. Н.

Научный руководитель: Антропов Н.А., к.ф.-м.н., Крючков Ю.Ю., д. ф.-м. н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 43

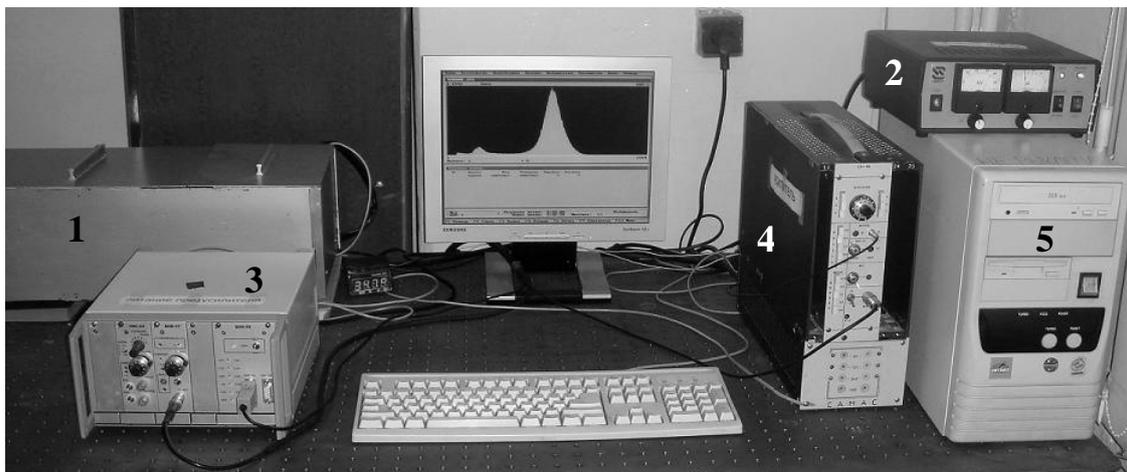
E-mail: hardrijam@gmail.com

В рамках проектного обучения студентов ЭТО на кафедре Общей физики ЕНМФ ТПУ разрабатывается рентгеноанализатор для определения плотности и концентрации серы в нефти и нефтепродуктах, при финансовой поддержке мэрии города Томска и программы УМНИК.

Разрабатываемый прибор основан на методе двухэнергетичной рентгеновской абсорбциометрии, которая заключается в облучении пробы излучением, содержащим две энергетические линии. Данный метод позволяет с высокой точностью определять плотность жидкой пробы.

При прохождении рентгеновского излучения через вещество (рентгеновская трансмиссия) ослабление первичного излучения подчиняется закону Бугера):

$$J = J_0 \cdot e^{-\mu \cdot \rho} \quad (1)$$



где J_0 – интенсивность падающего на пробу излучения; J – интенсивность излучения, прошедшего через пробу; ρ – плотность пробы; μ – массовый коэффициент ослабления излучения [1].

Тогда, для двух энергий и геометрии тонкого луча справедливы следующие выражения:

$$\begin{aligned} N'' &= (N_0'' - N_{\phi}'') \cdot e^{-\mu'' \cdot \rho \cdot x}, \\ N' &= (N_0' - N_{\phi}') \cdot e^{-\mu' \cdot \rho \cdot x}, \end{aligned} \quad (2)$$

где μ', μ'' – массовые коэффициенты ослабления ХРИ серебра и элемента периодической системы элементов Д.И. Менделеева с атомным номером от 42 до 57 (далее выбранного элемента), полученные для многокомплекс-

ной среды, N_0', N_{ϕ}' и N_0'', N_{ϕ}'' – число импульсов в отсутствие и присутствии пробы в измерительной кювете при облучении кюветы ХРИ серебра и ХРИ выбранного элемента соответственно, N_{ϕ}' , N_{ϕ}'' – число импульсов фона при облучении кюветы ХРИ серебра и ХРИ выбранного элемента.

Для нахождения плотности из уравнений (1) введем линейное уравнение связи в общем виде:

$$\mu' = a + b \cdot \mu'', \quad (3)$$

где a и b – коэффициенты линейного уравнения [2].

Система уравнений 1,2 позволяет однозначно определить плотность среды с переменным составом [3]. Которая определится как составом [3]. Которая определится как

$$\rho = K_3 \cdot \ln \frac{N_0' - N_{\phi}'}{N' - N_{\phi}'} - K_4 \cdot \ln \frac{N_0'' - N_{\phi}''}{N'' - N_{\phi}''}, \quad (4)$$

где K_3 и K_4 – калибровочные коэффициенты, значение которых определяют из измерений стандартных образцов с известной плотностью.

На данном этапе изготовлен рабочий макет лабораторного анализатора «РЕТРАН», общий вид которого, показан на рисунке 1, и начались рабочие испытания.

Рис. 1. Лабораторная установка «РЕТРАН»

Рентгеновская трубка тип БХ-10 максимальное напряжение - 50 кВ, ток – 1 мА находится в закрытом металлическом корпусе 1.

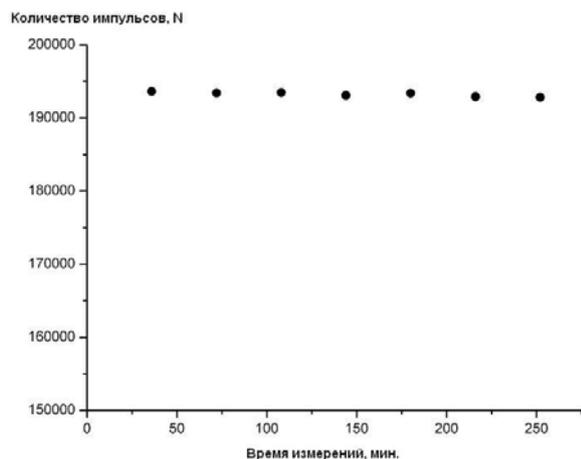


Рис. 2. Зависимость количества импульсов измерений от времени

Блок питания рентгеновской трубки БХ-10-БПУ отмечен на рисунке цифрой 2.

Блок детектирования пропорциональный БДП-2 находится в закрытом металлическом корпусе 1 и состоит из счетчика рентгеновского пропорционального отпаянного СИ 12-Р и преусилителя импульсов.

Спектрометрическое устройство СУ-05П обозначено на рисунке цифрой 3 и состоит из спектрометрического усилителя УИС-04, блока напряжения высоковольтного БНВ-07 и блока напряжения низковольтного БНН-03.

Широкополосный усилитель отмечен на рисунке цифрой 4.

Спектрометрический амплитудно-цифровой преобразователь АЦП-8К-2М выполнен в виде платы и находится в корпусе персонального компьютера 5.

Начаты рабочие испытания прибора. На этой стадии испытаний необходимо было подобрать оптимальные (с точки зрения стабильности работы прибора и максимально возможной статистики) режимы измерения трубки по току и напряжению. И оценить для этих режимов аппаратную погрешность прибора.

Как следует из выражения (1) при неизменных условиях измерений, а именно плотности пробы, массового коэффициента ослабления и геометрических размерах пробы. Стабильность пучка прошедшего через пробу J будет зависеть от стабильности пучка J_0 , падающего на пробу. Который в свою очередь будет зависеть от стабильности параметров рентгеновской трубки и спектрометрического тракта. Следовательно, оценивая зависимость интенсивности пучка прошедшего через пробу от времени можно судить о стабильности работы аппаратуры, то есть оценить аппаратную погрешность.

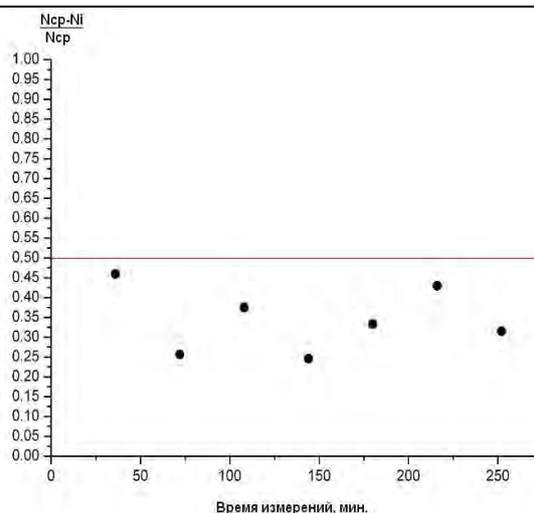


Рис. 3. Зависимость погрешности в пике от времени

Для оценки стабильности аппаратуры достаточно провести измерения для одной энергетической линии в нашем случае энергия линии серебра – 22 кэВ.. Для оценки аппаратурной погрешности проводились серии по 12 измерений. Для каждой серии рассчитывалось среднее значение и вычислялось наибольшее отклонение от среднего значения по серии. Результаты измерений представлены на рисунках 2 и 3.

На рисунке 2 представлены средние значения из каждой серии измерений. Измерения проводились сутки при токе 0.6 мА и напряжении 36 кВ. Время одного измерения 3 минуты. На рисунке 3 представлены максимальные отклонения результатов измерений площади пиков N_i в серии от среднего значения N_{cp} в серии. Из рисунка видно, что при стабильном режиме работы отклонения от среднего не превышает 0.5 %.

Режим стабилизации очень большой на следующем этапе сокращение режима стабилизации и прогрева прибора до 2 часов. Есть неустановившаяся систематическая погрешность когда результаты плывут, ее вклад в общую погрешность составляет – 0.2 %, ее устранение позволит снизить общую погрешность до 0.3 %. Следующим этапом будет оценка погрешности метода.

Список литературы:

1. Беспалов В. И. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008, С. 369
2. Немец О.Ф., Гофман Ю.В. Справочник по ядерной физике. – Киев: Наукова думка, 1975, С. 315
3. RU №2367933"Способ определения концентрации серы в нефти и нефтепродуктах.

О МЕХАНИЗМЕ УСТАНОВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА ЭЛЕКТРОННОГО КОЛЛЕКТОРА В ФОРВАКУУМНОМ ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ

Климов А.С., Гореев А.К.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40

E-mail: kas3501@rambler.ru

Представлены результаты исследования влияния параметров электронного пучка, размеров электронного коллектора на величину установившегося на нем потенциала. Показано, что уменьшению отрицательного потенциала изолированного коллектора по абсолютной величине способствует повышение давления газа, увеличение площади коллектора, а также снижение ускоряющего напряжения и тока электронного пучка. Наиболее резкая зависимость потенциала коллектора наблюдается от давления газа и напряжения, ускоряющего электронный пучок.

1. Введение

Использование электронного пучка для воздействия на диэлектрические материалы до последнего времени было затруднительным ввиду отсутствия простого способа нейтрализации накапливаемого на обрабатываемом изделии отрицательного заряда, приносимого электронным пучком. Создание плазменного электронного источника функционирующего в диапазоне давлений 5-15 Па [1] позволило производить обработку непроводящих материалов, в частности, высокотемпературной керамики [2]. Поскольку при этом не происходило отражения пучка, то это означало отсутствие заметного потенциала на обрабатываемом изделии [3]. Вместе с тем, механизм компенсации отрицательного заряда оставался не выясненным. Простой расчет показал, что концентрации ионов плазмы, образованной электронным пучком при распространении от экстрактора до мишени оказывается недостаточно для нейтрализации отрицательного заряда приносимого пучком на мишень. Цель настоящей работы состояла в установлении параметров влияющих на величину потенциала электронного коллектора и выработке представлений о механизме компенсации заряда на изолированной мишени.

2. Техника эксперимента

Эксперименты по изучению механизма установления потенциала изолированного коллектора, помещенного на пути распространения электронного пучка, проводился на вакуумной установке, схема которой приведена на рис. 1. В экспериментах электронный пучок создавался плазменным электронным источником [1] с цилиндрическим полым катодом 1 и плоским анодом 2. Эмиссионное окно в аноде перекрывалось мелкоструктурной сеткой. Извлечение и ускорение электронов осуществлялось путем приложения постоянного напряжения U_a между анодом и заземленным

экстрактором 3. Ускоренный электронный пучок попадал на коллектор 7, потенциал которого измерялся с помощью делителя TESTEC TT-HVP 15HF и высокоомного вольтметра M-890D. Коллектор представлял собой металлический диск диаметром d , равным 17 мм либо 25 мм, укрепленном на керамическом держателе 8, который, в свою очередь, размещался на заземленной металлической платформе 5 диаметром 250 мм. Конструкция держателя позволяла изменять расстояние от коллектора 7 до платформы 5. Для управления диаметром пучка d_b вблизи коллектора использовалась магнитная фокусирующая катушка 4, с помощью которой можно было плавно изменять диаметр пучка от 5 до 100 мм. При условии $d_b < d$ пучок целиком попадал на коллектор, а при $d_b > d$ - частично.

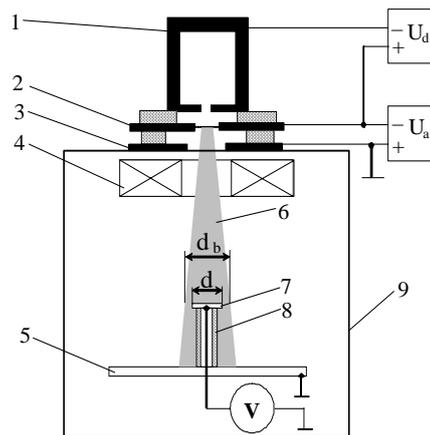


Рисунок 1 – Схема эксперимента.

Для откачки вакуумной камеры 9 использовался механический форвакуумный насос АВЗ-20. Изменение давления газов в интервале 6-8 Па обеспечивалось напуском воздуха непосредственно в камеру.

3. Результаты эксперимента и обсуждение результатов

Измерения показали, что при облучении электронным пучком изолированного коллектора, он приобретает отрицательный потенциал относительно заземленных стенок вакуумной камеры, рис. 2. Этот потенциал заметно снижается по абсолютной величине при увеличении давления газа и при уменьшении ускоряющего напряжения (рис. 2 и 3). Потенциал коллектора уменьшается по абсолютной величине с увеличением диаметра электронного пучка. При превышении диаметром пучка диаметра коллектора наблюдается изменение угла наклона кривых $\phi(d)$ – потенциал изменяется

более плавно. Увеличение диаметра коллектора до 24 мм приводит к уменьшению значения потенциала по абсолютной величине, характер же зависимости от диаметра пучка остается прежним (рис.4).

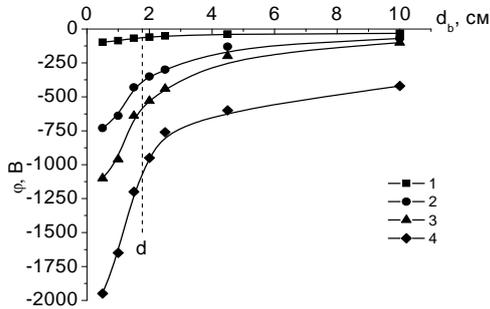


Рисунок 2 – Зависимость потенциала коллектора от диаметра пучка, для ускоряющих напряжений: 1 – $U_a=3$ кВ, 2 – $U_a=4$ кВ, 3 – $U_a=5$ кВ, 4 – $U_a=7$ кВ. Давление 6.5 Па, диаметр коллектора $d=17.5$ мм, расстояние до заземленной платформы 35 мм.

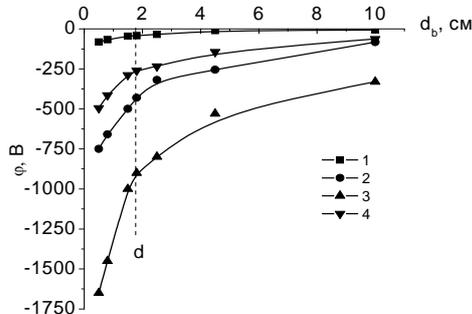


Рисунок 3 – Зависимость потенциала коллектора от диаметра пучка, для ускоряющих напряжений: 1 – $U_a=3$ кВ, 2 – $U_a=4$ кВ, 3 – $U_a=5$ кВ, 4 – $U_a=7$ кВ. Давление 8 Па, диаметр коллектора $d=17.5$ мм, расстояние до заземленного диска 35 мм.

Полученные результаты позволяют представить механизм установления потенциала электронного коллектора в форвакуумном диапазоне давлений. При облучении электронным пучком на изолированном коллекторе устанавливается потенциал, достаточный для зажигания разряда между коллектором 7 и заземленным диском 5 (рис. 1). Зажигание разряда наблюдается визуально в виде усиления свечения плазмы, расположенной над коллектором при изолировании его от заземленного электрода. Зажигание разряда сопровождается ростом концентрации плазмы вблизи коллектора и, соответственно, снижением абсолютной величины потенциала.

Величина ионного тока из плазмы определяется следующим выражением:

$$I_i = 0.4env_iS \quad (1),$$

где n – концентрация плазмы, v_i – скорость ионов, S – площадь коллектора.

Согласно выражению (1) увеличение площади коллектора приводит к повышению величины ионного тока из плазмы на коллектор, что и вызывает снижение по абсолютной величине его потенциала (рис. 4).

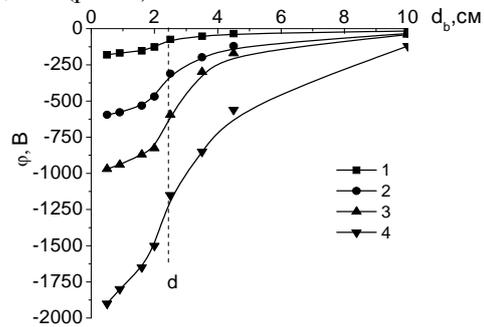


Рисунок 4 – Зависимость потенциала коллектора от диаметра пучка, для ускоряющих напряжений: 1 – $U_a=3$ кВ, 2 – $U_a=4$ кВ, 3 – $U_a=5$ кВ, 4 – $U_a=7$ кВ. Давление 6.5 Па, диаметр коллектора $d=24$ мм, расстояние до заземленной платформы 35 мм.

При превышении диаметром пучка диаметра коллектора плазма, образованная пучком при прохождении промежутка коллектор - заземленная платформа, становится дополнительным поставщиком ионов на коллектор, что сказывается на изменении потенциала.

Заключение

Результаты проведенных исследований дают основание полагать, что уменьшение отрицательного потенциала коллектора при его облучении электронным пучком в форвакуумном диапазоне давлений осуществляется как за счет положительных ионов плазмы разряда, зажигающегося между коллектором и заземленным электродом, так и за счет ионов плазмы, образованной электронным пучком на промежутке коллектор - заземленный электрод.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 10-08-00257-а, 09-08-99023-р_офи и гранта Рособразования № 2.1.2/1951.

Список литературы

1. Бурдовицин В.А., Жирков И.С., Окс Е.М., Осипов И.В., Федоров М.В. Источник электронов с плазменным катодом для генерации сфокусированного пучка в форвакуумном диапазоне давлений. ПТЭ, 2005. № 6, с.66-68.
2. Burdovitsin V.A., Klimov A.S., Oks E.M.. Fore-Pump Plasma Source of Ribbon Electron Beam with Raised Power Density and Some its Application. Proc. Of 15th Int. Symp. On High Current Electronics, Tomsk, 2008, p. 26-28.
3. Бурдовицин В.А., Климов А.С., Окс Е.М.. О возможности электронно-лучевой обработки диэлектриков плазменным источником электронов в форвакуумной области давлений. Письма в ЖТФ, 2009, т. 35, вып. 11, с. 61-66.

ПЕРЕХОДНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ МАГНИТНОГО МОМЕНТА ПРИ НАКЛОННОМ ПАДЕНИИ

Коньков А.С., Дусаев Р.Р.

Научные руководители: Потылицын А.П., Сердюцкий В.А.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, Томск, пр. Ленина 30

E-mail: Ekwinus@sibmail.com

Следуя подходу [1] рассмотрим геометрию, показанную на рис. 1, когда магнитный момент со скоростью $v = \beta c$ выходит из среды с диэлектрической проницаемостью ε в вакуум ($\varepsilon = 1$) через наклонную границу раздела.

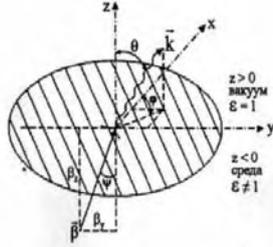


Рис. 1. Кинематические переменные, описывающие ПИ «вперёд»

В системе координат, в которой ось z направлена вдоль перпендикуляра к границе раздела, а ось y расположена в плоскости, проходящей через этот перпендикуляр и скорость частицы, компоненты вектора Герца записываются в виде:

$$\vec{\Pi}_{\text{он}} = -\frac{ic\beta_z^2 \exp(i\frac{\omega}{c}R)(1-\varepsilon)n_z}{\pi\omega^2 R(n_z + \sigma)(1-n_z^2)} \times \left[\frac{\vec{e}_1 B_x(1-n_z^2) + \vec{e}_2 B_y(1-n_z^2) + \vec{e}_3 (B_x n_x + B_y n_y) n_z}{[(1-\beta_y n_y)^2 - \beta_z^2 n_z^2](1-\beta_y n_y - \beta_z \sigma)} \right], \quad (1)$$

где $\sigma = \sqrt{\varepsilon - (1-n_z^2)}$, $B_z = (\chi_x m_y - \chi_y m_x)$, $B_x = \gamma^{-1}(\chi_y m_z - \gamma^{-1} \frac{\omega}{v} m_y)$, $B_y = \gamma^{-1}(\gamma^{-1} \frac{\omega}{v} m_x - \chi_x m_z)$.

Величины, соответствующие волнам, поляризованным в плоскости падения, будем отмечать символом p - parallel, а величины, соответствующие волнам, поляризованным в перпендикулярной плоскости, - n - normal.

Выражения (1) записываются через проекции единичного волнового вектора

$$\vec{n} = \frac{\vec{k}}{\omega} = \{n_x, n_y, n_z\} = \{\cos \theta_x, \cos \theta_y, \cos \theta_z\} = \{\sin \theta \cos \varphi, \sin \theta \sin \varphi, \cos \theta\}$$

и вектора $\vec{\beta} = \{0, \beta_y, \beta_z\} = \beta \{0, \sin \psi, \cos \psi\}$.

Из (1) можно получить спектрально-угловое распределение переходного излучения магнитного момента

$$\frac{dW_p}{d\omega d\Omega} = \frac{m^2 \omega^2 |1-\varepsilon|^2 n_z^2 \sin^2 \theta_0}{2\pi^2 c^3 [(1-\beta_y n_y)^2 - \beta_z^2 n_z^2]^2 (1-n_z^2)} \times \left| \frac{(1-n_z^2)[(1-\beta_y n_y)^2 - \beta_z^2 n_z^2 - \beta_z \sigma (1-\beta_y n_y)] - \gamma^{-2} [\beta_z^2 n_z^2 \sigma + \beta_z (1-\beta_y n_y)(1-n_z^2)]}{(\varepsilon n_z + \sigma)(1-\beta_y n_y - \beta_z \sigma)} \right|^2,$$

$$\frac{dW_n}{d\omega d\Omega} = \frac{\gamma^{-2} \beta_z^4 m^2 \omega^2 |1-\varepsilon|^2 n_z^2}{2\pi^2 c^3 [(1-\beta_y n_y)^2 - \beta_z^2 n_z^2]^2 (1-n_z^2)} \times \frac{\gamma^{-2} \sin^2 \theta_0 + 2(1-n_z^2) \cos^2 \theta_0}{|(n_z + \sigma)(1-\beta_y n_y - \beta_z \sigma)|^2}. \quad (2)$$

где θ_0 – угол между \vec{m} и \vec{v} в собственной системе отсчёта, в которой диполь покоится.

Для перпендикулярного пролёта магнитного момента через мишень $\{\beta_y = 0, \beta_z = \beta, n_z = \cos \theta\}$ в случае ультррелятивистских энергий $\gamma \gg 1, \theta^2$

$\ll 1$, полагая $1-\varepsilon \approx \frac{\omega_{pe}^2}{\omega^2} \ll 1$. При рассмотрении выхода магнитного момента из мишени с произвольной диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_1 = \varepsilon$ в вакуум с $\varepsilon_2 = 1$ отношение $\frac{\omega_{pe2}^2}{\omega^2} = 0$. Из (2) получа-

ем:

$$\frac{dW_p}{d\omega d\Omega} = \frac{m^2 \omega_{pe1}^4 \sin^2 \theta_0}{2\pi^2 c^3 \omega^2} \times \frac{[\theta^2 + \gamma^{-2}]^2}{(\theta^2 + \gamma^{-2} + \omega_{pe1}^2 / \omega^2)^2 (\theta^2 + \gamma^{-2})^2}, \quad (3)$$

$$\frac{dW_n}{d\omega d\Omega} = \frac{\gamma^{-2} m^2 \omega_{pe1}^4}{2\pi^2 c^3 \omega^2} \times \frac{\gamma^{-2} \sin^2 \theta_0 + 2\theta^2 \cos^2 \theta_0}{(\theta^2 + \gamma^{-2} + \omega_{pe1}^2 / \omega^2)^2 (\theta^2 + \gamma^{-2})^2}$$

Полученные выражения (3) для спектральной плотности энергии излучения волн различных поляризаций на единицу телесного угла в асимптотическом приближении нормального падения и ультррелятивистского движения магнитного момента совпадают с результатами, приведёнными в работе Гинзбурга В.Л. и Цитовича В.Н. [2].

Используя выражения (3) можно легко получить результаты, приведённые в работе [3] для рентгеновского диапазона частот. Для этого необходимо помимо принятых допущений задать угол между \vec{m} и \vec{v} в собственной системе отсчёта, в которой диполь покоится $\theta_0 = 0^\circ$, и заменить

$d\Omega = 2\pi \sin \theta d\theta \approx 2\pi \theta d\theta$. С учётом принятых приближений выражения (3) примут вид:

$$\frac{dW}{d\omega d\theta} = \frac{2\gamma^{-2} m^2 \omega_{pe1}^4}{\pi^3 \omega^2} \times \frac{\theta^3}{(\theta^2 + \gamma^{-2} + \omega_{pe1}^2/\omega^2)^2 (\theta^2 + \gamma^{-2})^2} \quad (4)$$

Полученное спектрально-угловое распределение (4) полностью совпадает с результатами, приведёнными в работе Makoto Sakuda.

Далее рассмотрим характеристики переходного излучения для простейшего случая, когда магнитный момент выходит из идеального проводника в вакуум (т.е. при $\epsilon \rightarrow \infty$). Следует отметить, что это приближение хорошо работает для металлов в области частот от оптических и ниже.

В этом случае, вместо (2) имеем полное спектрально-угловое распределение переходного излучения магнитного момента (в пренебрежении членами $\sim \gamma^{-4}$):

$$\frac{dW}{d\omega d\Omega} = \frac{\beta_z^2 m^2 \omega^2}{2\pi^2 c^3} \times \frac{2\gamma^{-2} \beta_z n_z^2 [(1 - \beta_y n_y) \sin^2 \theta_0 + \beta_z \cos^2 \theta_0] + (1 - \beta_y n_y)^2 n_z^2 \sin^2 \theta_0}{[(1 - \beta_y n_y)^2 - \beta_z^2 n_z^2]^2} \quad (5)$$

Как следует из (5) интенсивность переходного излучения в этом приближении пропорциональна квадрату частоты ω^2 .

Рассмотрим излучение в конусе углов вблизи направления скорости магнитного момента. В плоскости, задаваемой уравнением $n_x=0$, направляющие косинусы n_y, n_z выражаются через полярный угол θ , отсчитываемый от оси z:

$$n_y = \sin \theta, n_z = \cos \theta.$$

Ясно, что в области углов $\theta \sim \psi$ спектрально-угловое распределение переходного излучения (5) достигает максимальных значений (см. рис. 2).

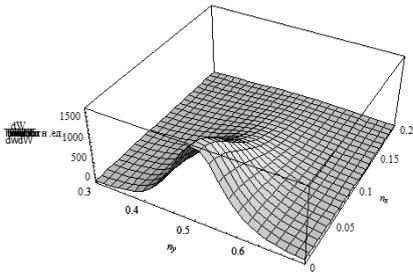


Рис. 2. Спектрально - угловые распределения ПИ для Лоренц-фактора $\gamma=10$ при $\psi=30^\circ$ и $\theta_0=60^\circ$.

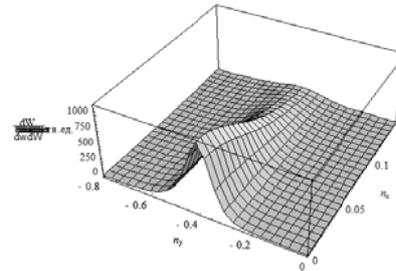
Список литературы.

1. Пафомов В.Е. Излучение заряженной частицы при наличии границы раздела, АН СССР, 1969.

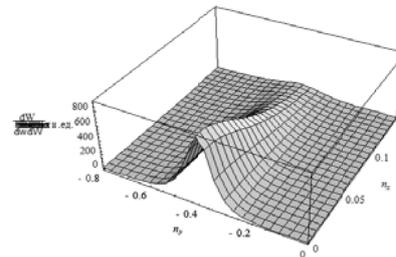
Как следует из рисунка, максимальное значение выхода переходного излучения совпадает с направлением скорости магнитного момента. Для сравнительно малых значений Лоренц-фактора наблюдается заметная асимметрия в угловом распределении (например, для $\gamma=10$, см. рис. 2), которая практически исчезает для $\gamma \geq 100$.

Заменив в формуле (5) знаки у компонент скорости магнитного момента ($\beta_{y,z} \rightarrow -\beta_{y,z}$) получим формулу, описывающую переходное излучение магнитного момента, падающего из вакуума на идеальный проводник. Угловое распределение переходного излучения для этой геометрии называется «переходное излучение назад». Следует отметить, что на величину амплитуды спектрально-углового распределения оказывает влияние ориентация магнитного момента относительно вектора скорости в собственной системе отсчёта и относительно плоскости падения, а именно, амплитуда максимальна

при $\theta_0 = \pi/2$ когда вектор магнитного момента перпендикулярен плоскости падения и имеет минимальное значение при $\theta_0 = 0$ (при прочих равных условиях).



а) $\gamma=10, \psi=\pi/8, \theta_0=\pi/2$



б) $\gamma=10, \psi=\pi/8, \theta_0=\pi/4$

Рис. 3. Угловые распределения переходного излучения назад для различных углов наклона мишени

2. Гинзбург В.Л., Цитович В.Н. Переходное излучение и переходное рассеяние, М.: Наука, 1984.
 3. Makoto Sakuda. Proposed Method to Measure the Neutrino Magnetic Moment, Physical Review Letters Volume 72, Number 6, 7.02.1994.

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗЫ В ВОДНОМ ФАНТОМЕ

Куликова Е.С., Вагнер А.Р.

Научный руководитель: Вагнер А.Р. старший преподаватель
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: kulikova_jenya@mail.ru

Введение

В последнее время активно развиваются методики оценки эффективности лечения злокачественных опухолей в лучевой терапии, а также методики оценки качества диагностируемой аппаратуры. Сегодня во всех крупных лечебных учреждениях работают с установками, специально созданными для диагностики и лучевой терапии. Однако существующие методы дозиметрии полей рентгеновского, и гамма излучения развиты в недостаточной мере [1].

Для улучшения качества дозиметрии предлагается новая разработанная методика диагностики пучков излучения для получения точных распределений доз и значений основных характеристик пучка. Данная методика основывается на анализе изменения оптической плотности полимерной пленки в зависимости от полученной поглощенной дозы. Главное преимущество состоит в повышении чувствительности пленки к дозам в пределах от 1сГр до 800сГр (энергетический диапазон излучения составляет от 15 кэВ до 15 МэВ) [2,3,4]. Эта методика позволяет повысить разрешение системы диагностики полей излучения, путем повышения совокупности: разрешающей способности сканирующего устройства, т.е. увеличение количества точек (пикселей) на дюйм и повышения разрядности, т.е. глубины цвета (количество битов, которые сканер может назначить при оцифровывании точки) [5].

Диагностика полей, полимерной пленкой, рентгеновского и гамма излучения проводится непосредственно при помощи калибровочной зависимости оптической плотности пленки от поглощенной дозы. Для вычисления калибровочной кривой, первое облучение пленок проводилось на рентгеновском аппарате РАП-160-5 ($I=3\text{мА}$; $U=150\text{кэВ}$). Второе облучение проводилось гамма аппаратом ТЕРАТРОН (источник Со60, мощность источника до 15000Ки, эквивалентная 390 сГр/мин в изоцентре на расстоянии 80 см при максимальном размере поля, диаметр источника – 1,5-2,0см.) [6].

Благодаря наличию свойства полимерной пленки, такого как, стойкость к воздействию воды, существует возможность использовать её для получения распределений поглощенных доз в водном фантоме.

Экспериментальная часть

Для реализации эксперимента, на базе, имеющейся в распоряжении аппаратуры, была собрана схема облучения пленки, в процессе работы которой можно получить распределения поглощенной дозы в водном фантоме.

Между рентгеновской трубкой РАП-160-5 и пленкой был установлен алюминиевый фильтр толщиной 3 мм, для снижения вклада мягкой части спектра рентгеновского излучения. Водный фантом находился на расстоянии 300 мм от рентгеновского аппарата. На выходе, из рентгеновско-

го аппарата, поле излучения формируется размером $60 \times 80 \text{ мм}^2$ с помощью коллиматора.

С начала определялась мощность дозы (мГр/с) по глубине водного фантома с помощью клинического дозиметра UNIDOS E (калибровка была произведена в лаборатории РУВЕ, сертификат калибровки №0702885 от 15.10.2007), предназначенного для измерения дозы и мощности дозы в лучевой терапии и рентгенодиагностике. Облучение и измерение проводилось без наличия полимерной пленки в водном фантоме. В данной работе использовалась ионизационная камера №300013 наперсточного типа (объемом $0,6 \text{ см}^3$). Это стандартная водонепроницаемая камера для абсолютной дозиметрии фотонов и электронов в воде, воздухе и материале фантома. Номинальный используемый диапазон энергий для фотонов от 30 кэВ до 50 МэВ [6,7]. Измерения мощности дозы проводились через каждые 5 мм, на расстоянии 200 мм от передней стенки фантома. График зависимости изменения мощности дозы по глубине представлена на рисунке 1.

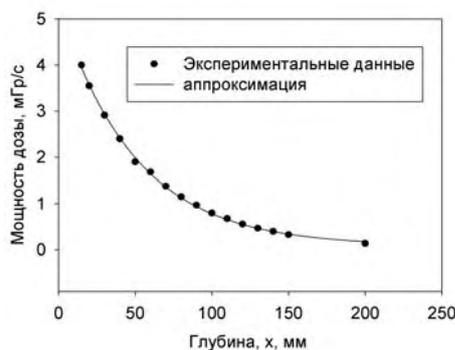


Рис.1. Зависимость мощности дозы по глубине водного фантома.

Уравнение, описывающее изменение мощности дозы излучения в зависимости от толщины воды в фантоме:

$$y = 0,0884 + 5,2131 \cdot \text{Exp}[-0,0201 \cdot x] \quad (1)$$

Затем устанавливалась непосредственно сама пленка, на расстоянии 30 мм от передней стенки фантома. Облучение длилось до накопления поглощенной дозы равной 2 Гр, доза регистрировалась ионизационной камерой.

После облучения, пленка оцифровывалась с помощью сканирующего устройства, полноцветного планшетного сканера Epson Perfection V750 Pro. Оцифрованная пленка представлена на рисунке 2.

Далее экспериментальные данные обрабатывались с помощью разработанной программой в среде Mathematica, что в последствие позволило получить горизонтальные и вертикальные профили распределений поглощенной дозы в поперечном и вертикальном сечении фантома. С помощью математической обработки были получены профили распределений «массовых» коэффициентов соответственно по горизонтали и по вертикали. Гра-

фики профильных распределений приведены на рисунках 3 и 4.



Рис.2. Облученная пленка GAFCHROMIC EBT film в водном фантоме дозой 2 Гр.

Таким образом, получены значения величин, которые характеризуют распределение дозного поля в водном пространстве фантома, по глубине (координата x), вертикали (координата y) и горизонтали (координата z).

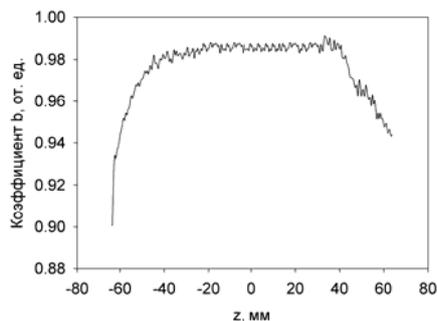


Рис.3. Профильное распределение «массовых» коэффициентов по горизонтали.

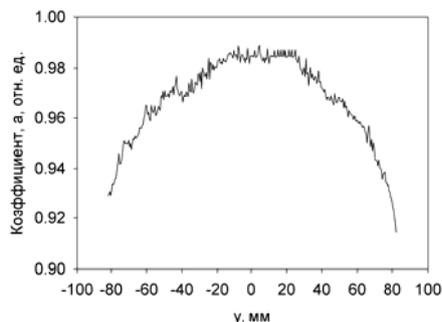


Рис.4. Профильное распределение «массовых» коэффициентов по вертикали.

Наличие таких экспериментальных данных послужило перспективой для разработки программы в среде Mathematica, позволяющей определять значение поглощенной дозы в любой точке водного пространства фантома.

Выражение, с помощью которого можно получить значение поглощенной дозы в любой точке водного пространства:

$$Dos[x, t] = (0,0884 + 5,2131 \cdot \quad (2)$$

$$Exp[-0,0201 \cdot x]) \cdot t \cdot F1 \cdot F2$$

где x – глубина в водном фантоме;

t – время экспозиции;

F1- массовый коэффициент по горизонтали;

F2- массовый коэффициент по вертикали.

Полученные результаты поглощенных доз, вычисленных с помощью данного уравнения, имеют размерность мГр.

Заключение

В результате проведенного эксперимента, были получены распределения «массовых» коэффициентов по вертикали и по горизонтали, а также распределение мощности дозы по глубине фантома от источника рентгеновского аппарата РАП-160-5. Эти данные стали предпосылкой для разработки программы в среде Mathematica, которая позволяет получить значение поглощенной дозы в любой точке пространства водного фантома.

Благодаря хорошему соответствию тканевого и водного эквивалента, можно спроецировать полученное распределение поглощенной дозы в воде на живую ткань (опухоль).

Однако данная методика имеет некоторое ограничение, связанное с необходимым условием постоянства во времени параметров самой рентгеновской трубки, т.е. значения тока анода и высокого напряжения. Для ускорительной техники получить константы характеристик поля затруднительно, поэтому данную методику необходимо совершенствовать.

В перспективе планируется провести облучение пленки в водном фантоме гамма аппаратом ТЕРАТРОН. Так как каждый гамма источник имеет свои постоянные величины, т.е. период полураспада, а главное активность. Это позволяет в полной мере применять разработанную программу для определения поглощенной дозы в любой точке водного пространства гамма источника.

Список литературы

1. Виноградов В.М. Перспективы методики лучевой терапии // Журнал. – 2007. – Т. 8. – № 4. – С. 193–203.
2. Е.С.Куликова, А.Р. Вагнер. Диагностика рентгеновского и гамма излучения//7-ая Курчатовская молодежная научная школа РНЦ «Курчатовский институт» 2009: Аннотация докладов - Москва 10-12 ноября 2009.-Москва: РНЦ «Курчатовский Институт», 2009-т.1.-с. 83.
3. <http://www.gafchromic.com/>
4. <http://www.epson.ru/>
5. http://www.cpce.ru/tools/rtad_unidos.shtml..
6. Лисин В.А. Физические и радиобиологические основы лучевой терапии Учебное пособие.-Томск: ТПУ, 2005.-165стр. –С. 65-67, 149-153.
7. Martina Fuss, Eva Sturtewagen, Carlos De Wagterand, Dietmar Georg. Dosimetric characterization of GafChromic EBT film and its implication on film dosimetry quality assurance//Phys. Med. Biol.-2007-V.52-p.4211–4225.

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ КУРСА ФИЗИКА ПЛАЗМЫ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ Z-ПИНЧА И НАПРЯЖЕНИЯ ПРОБОЯ ОТ ЭЛЕКТРОДНОГО РАССТОЯНИЯ

Лужанчук Я.В., Санников Ф.А.

Научный руководитель: Вуколов А.В.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: Luzhanchuk@sibmail.com

Плазмотрон - техническое устройство рис. 2, в котором при протекании электрического тока через разрядный промежуток образуется плазма, буквально, плазмотрон означает — генератор плазмы. Первые плазмтроны появились в середине 20-го века в связи с появлением устойчивых в условиях высоких температур материалов и расширением производства тугоплавких металлов. Другой причиной появления плазмтронов явилась элементарная потребность в источниках тепла большой мощности. Замечательными особенностями плазмтрона как инструмента современной технологии являются:

1. Получение сверхвысоких температур (до 150000 °С).
2. Компактность и надежность.
3. Легкое регулирование мощности, легкий пуск и остановка рабочего режима плазмтрона.

Лабораторный стенд см. рис. 1 предназначен для получения плазменного образования и измерения зависимости напряжения между плоскопараллельными электродами, на которых возникает электрический пробой, от электродного расстояния d . Вакуумметр (1) предназначен для измерения вакуума создаваемого в камере подсоединяется к вакуумной термопаре (13). Вакуумный насос (2) служит для откачки воздуха из камеры. Он присоединяется к вакуумной камере с помощью вакуумного шланга (3), который подсоединяется к камере при помощи штуцера (4) предназначенного для откачки воздуха из камеры. Штуцер (12) предназначен для ввода термопары (13). Возможность наблюдения эксперимента через освинцованное стекло (11) и контролирование перемещения электродов (8) возможна с позиции 5. Вакуумная камера состоит из двух основных компонент корпуса (6) и дна (9) герметично соединенных между собой болтами. Для наблюдения используется окошко (11). В дне камера расположены вводы (10) для подачи высокого напряжения с источника питания (14) на электроды (8). Количество вводов (10) в дне камеры равно 4. Два из них предназначены для подачи высокого напряжения и заземления электродов (8). Также с помощью этих двух вводов осуществляют снятие показаний с помощью вольтметра (15). Ещё два предназна-

чены для подачи питания на механизм (7), перемещающий электрод относительно другого. Перед включением лабораторной установки необходимо несколько минут откачивать камеру для получения вакуума порядка 10^{-2} мм.рт.ст.

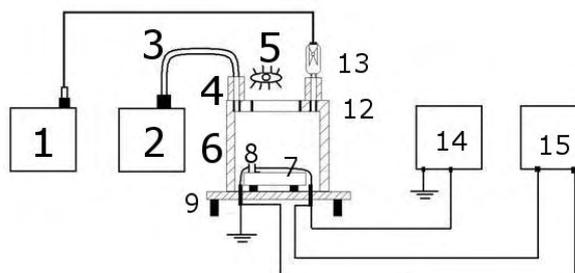


Рис. 1. Схема плазменной установки



Рис. 2. Лабораторный стенд

Для подачи высокого напряжения на электроды использовался высоковольтный блок питания МНВ 12-2.0к 1000Р см. рис. 2. На выходе блока высокого напряжения МНВ 12-2.0к 1000Р получаем $I_{\text{вых}}=100$ мА, $U_{\text{вых}}=2000$ В. Входное напряжение необходимое для работы высоковольтного блока питания МНВ 12-2.0к 1000Р равно $U_{\text{вход}}=12$ В. В схеме находится подстроечное сопротивление номиналом 5кОм. Также схема высоковольтного блока питания содержит фильтрующую емкость номиналом 4700пФ на выходе и филь-

рующую емкость номиналом 47мкФ. Блок MHV - высоко интегрированный преобразователь напряжения 12В в 2кВ. При размыкании ключа SW1 блок выдает выходное напряжение до 2кВ.

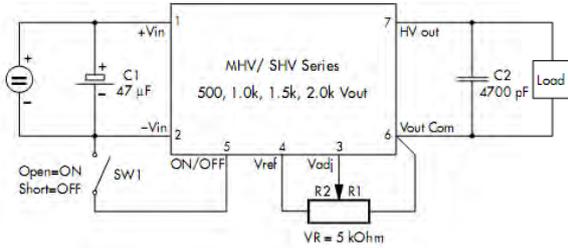


Рис.2. Принципиальная схема блока питания

Для расчета температуры используем соотношение Беннета [1], [2].

$$N = 2\pi \int_0^a n r dr = \pi a^2 n = \frac{I^2}{4c^2 T} \quad (1)$$

См. рис. 3, 4. где I - полный ток пинча, N - полное число частиц на единицу длины плазменного столба, a - радиус острия электрода, n - концентрация частиц в плазме.

Исходные данные:

$c = 3 \cdot 10^{10}$ м/с, $p = 10^{-2}$ мм.рт.ст., $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$, $I = 1.5$ А ($1.5 \cdot 3 \cdot 10^9$ отн.ед.), $k = 1.38 \cdot 10^{-16}$ эрг/К, $a = 0.01$ см, $n_0 = 3.5 \cdot 10^{16}$ см $^{-3}$.

Тогда значение температуры:

$$T = \frac{I^2}{4c^2 \pi a^2 n k} = 370\text{K} \quad (2)$$

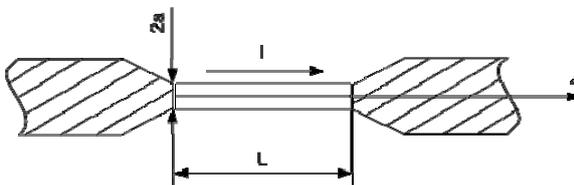


Рис. 3. плазменный шнур в межэлектродном пространстве



Рис. 4 Плазменный разряд в плазмотроне

Для описания пробоя мы рассматривали теорию электрического пробоя Таунсенда [3]. Пробой

моделируется для плоско-параллельных пластин с расстоянием d между ними. Скорость ионизации на единицу длины для электронов по направлению к электрическому полю называется коэффициентом ионизации α , первым коэффициентом Таунсенда. Если α больше единицы, возникает лавина электронов

$$U_{br} = \frac{B p d}{\ln \frac{A p d}{\ln \left(\frac{1}{\gamma} + 1 \right)}} \quad (3)$$

$P=10^{-2}$ мм.рт.ст., γ - коэффициент вторичной эмиссии. Параметры A и B для атмосферного воздуха приведены в [4].

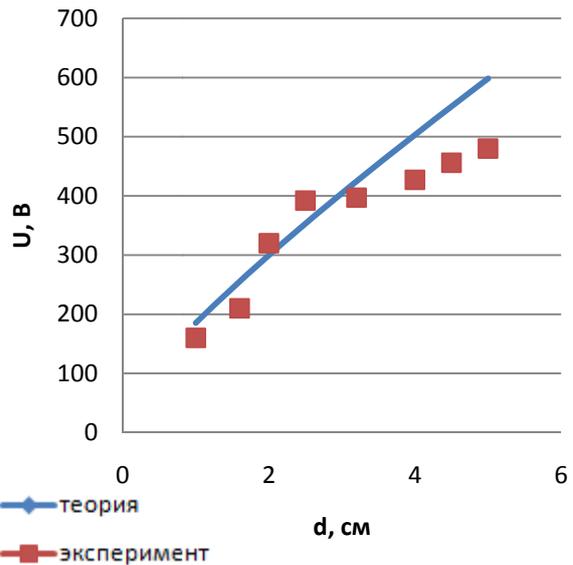


Рис. 5. Зависимость напряжения пробоя от электродного расстояния.

Результат см. рис. 4 можно интерпретировать следующим образом: при малых электродных расстояниях для мультипликации больших электронов в лавинах недостаточно места - $e^{\alpha d}$ ограничен, поэтому пробоя не возникает. На больших расстояниях экспонентное уменьшение α с уменьшением напряженности поля играет основную роль, поэтому для того, чтобы поддерживать постоянную напряженность поля, напряжение должно возрастать линейно при электродном расстоянии d .

Список литературы

1. Б.А. Трубников. Теория плазмы// М., «Наука»,1987, 461 с.
2. Ю. П. Райзер Физика газового разряда// М., «Наука»,1992, 352 с.
3. Wesson J. Tokamaks 3ed// Oxford, 2004, 755 s.
4. Н. Н. Сливков. Электрический пробой и разряд в вакууме// М., Атомиздат, 1966, 560 с..

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПРОТОЧНОГО ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ФАКЕЛЬНОГО ПЛАЗМОТРОНА

Маркин А.А., Каренгин А.А.

Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф.-м.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: karengin@tpu.ru

В процессе добычи и переработки нефти ежегодно только в России образуются миллионы тонн нефтяных отходов (шламов), которые представляют серьёзную угрозу для окружающей среды.

К серьёзному недостатку традиционно применяемых технологий для утилизации таких отходов (в основном, термических) относится образование вредных и токсичных веществ.

На кафедре «Техническая физика» Томского политехнического университета создан плазменный модуль, на котором обрабатываются технологии и оборудование для экологически безопасной утилизации нефтяных и других горючих промышленных отходов в условиях неравновесной воздушной плазмы высокочастотного факельного разряда.

В состав модуля входит в качестве источника питания высокочастотный генератор ВЧГ8-60/13-01 ($f_{\text{раб}}=13,56$ МГц, $P_{\text{кол}}=60$ кВт), проточный высокочастотный факельный плазмотрон, плазмокаталитический реактор, узел «мокрой» очистки отходов из реактора газов, узел подготовки и подачи в реактор горючих отходов и высоконапорный вытяжной вентилятор ВР 240-26 (№4).

При работе плазменного модуля воздух с помощью вытяжного вентилятора всасывался в кварцевую разрядную камеру плазмотрона через шибер с постоянной входной площадью 25 см^2 , в зазор между разрядной камерой и корпусом плазмотрона для охлаждения разрядной камеры через радиальные отверстия с постоянной входной площадью 7 см^2 , а также в реактор через шибер с переменной входной площадью $S_{\text{шпр}}=165\dots1155\text{ см}^2$ с шагом 165 см^2 .

При работе плазменного модуля определялись потери тепловой мощности на теплонапряженных элементах генератора ВЧГ8-60/13-01 (анод генераторной лампы, сеточная и анодная индуктивности) и факельного плазмотрона (электрод и корпус).

На рис.1 показано характерное распределение потерь тепловой мощности на теплонапряженных элементах генератора и факельного плазмотрона, а также мощности, выделяемой в фа-

кельном разряде при различных режимах работы генератора и факельного плазмотрона.

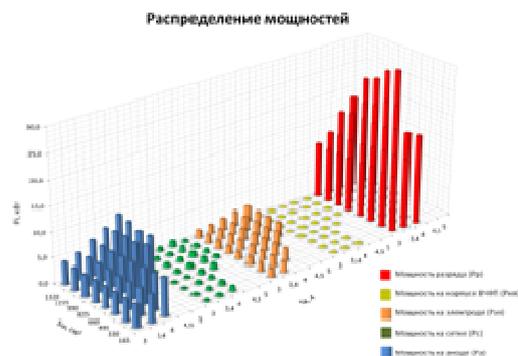


Рис. 1. Распределение потерь мощности в генераторе и плазмотроне.

Из анализа представленных зависимостей следует, что во всём диапазоне изменения анодного тока и входной площади шибера реактора существенная доля тепловых потерь приходится на анод генераторной лампы и на электрод факельного плазмотрона. С учётом того, что потери тепловой мощности на корпусе факельного плазмотрона не превышают 100 Вт, можно отказаться от водяного охлаждения его корпуса.

На рис. 2 показано влияние на мощность факельного разряда в плазмотроне анодного тока и входной площади шибера реактора.

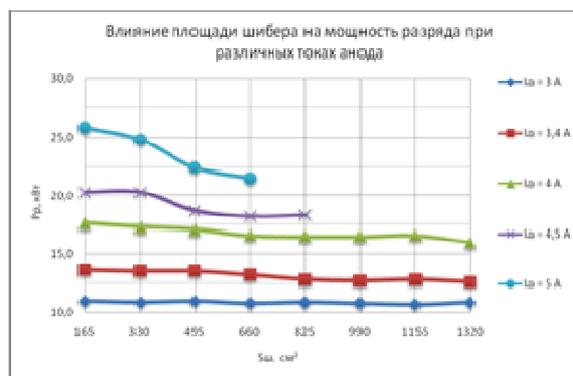


Рис.2. Влияние анодного тока и площади шибера реактора на мощность факельного разряда

Из анализа представленных графических зависимостей следует, что при анодных токах генератора 3, 3,4 и 4А уменьшение входной площади шибера реактора с 1155 см² до 165 см² слабо влияет на мощность, выделяемую в факельном разряде. При анодном токе I_a=4,5А уменьшение входной площади шибера реактора с 825 см² до 165 см² приводит к заметному повышению мощности факельного разряда с 18 до 20 кВт. При анодном токе I_a=5А уменьшение входной площади шибера реактора с 600 см² до 165 см² приводит к существенному повышению мощности факельного разряда с 22 до 26 кВт.

На рис. 3 показано влияние на температуру отходящих из реактора газов анодного тока (мощности разряда) и входной площади шибера реактора.

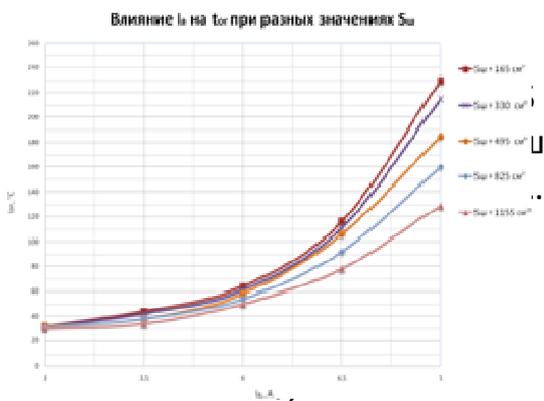


Рис.3. Влияние анодного тока и входной площади шибера реактора на температуру отходящих из реактора газов

Из представленных графических зависимостей следует, что быстрый разогрев реактора и повышение температуры отходящих из реактора газов выше температуры вспышки горючих промышленных отходов (более 210°С) может быть достигнута только при анодном токе I_a≥5А и входной площади шибера реактора не более 330 см².

На рис. 4 и 5 показано влияние на установочный КПД (отношение мощности, выделяемой в высокочастотном факельном разряде, к потребляемой электрической мощности плазменным модулем) мощности факельного разряда и входной площади шибера реактора при анодном токе, равном соответственно 3А и 5А

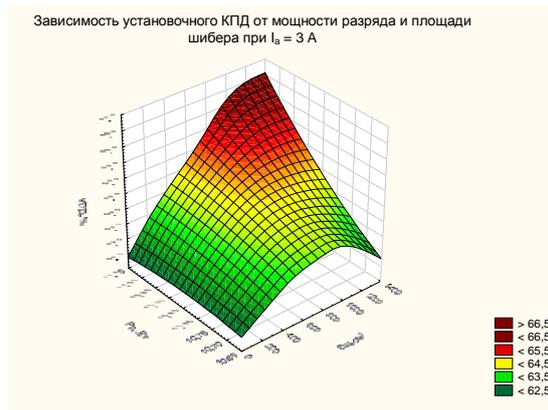


Рис.4. Влияние на КПД мощности факельного разряда и входной площади шибера реактора.

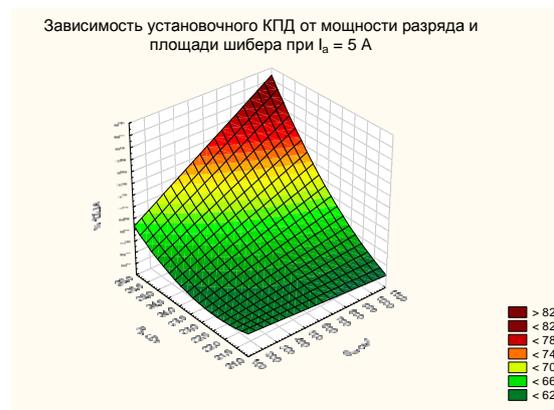


Рис.5. Влияние на КПД мощности факельного разряда и входной площади шибера реактора.

Из представленных графических зависимостей следует, что максимальный КПД в 68% достигается при мощности разряда 26 кВт (5А) и входной площади шибера реактора 165см².

С учётом этого для обеспечения непрерывной и длительной работы плазменного модуля можно рекомендовать следующие технологические режимы. Работу плазменного модуля необходимо начинать в режиме «Розжиг» (I_a≥5А), при котором происходит быстрый разогрев реактора (5...10 мин) и повышение температуры отходящих из реактора газов до температуры вспышки горючих отходов (210 °С).

После вывода плазменного модуля на заданный технологический режим утилизации горючих отходов его работу необходимо перевести в режим «Работа» (I_a≤3,0А), при котором обеспечивается поддержка непрерывной и длительной работы плазменного модуля на заданном технологическом режиме.

ЭКСТРАКЦИЯ УРАНА В СМЕСИТЕЛЕ-ОТСТОЙНИКЕ

Михайлов В.С., Горюнов А.Г.

Научный руководитель: Горюнов А.Г., к.т.н, доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: mvserv@yandex.ru

Целью исследований является разработка математической модели процесса экстракции в каскаде, экстракционные блоки которого состоят из смесителей-отстойников.

Актуальность применения смесителей-отстойников состоит в следующем:

1. Возможность варьирования нагрузок в широких пределах;
2. Возможность быстрого достижения требуемой производительности после остановки процесса;
3. Возможность формирования каскадов из большого числа ступеней;
4. Простота эксплуатации [1].

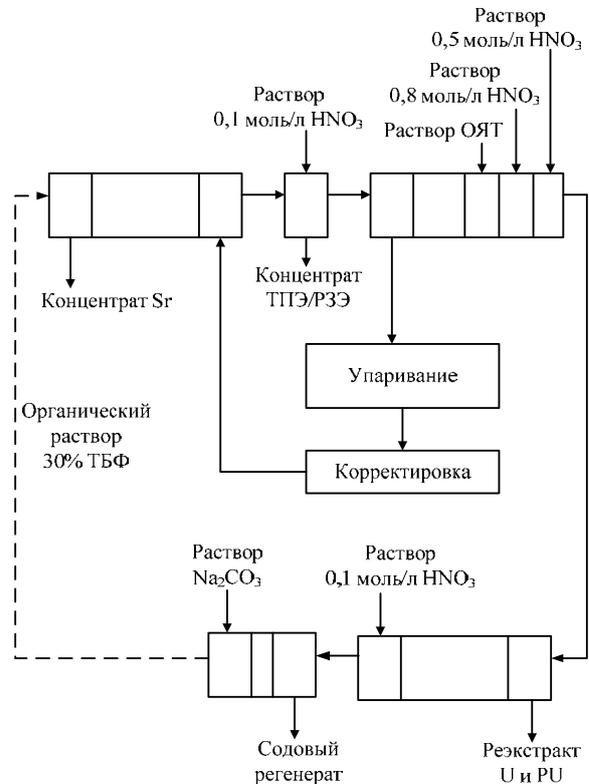
Задачи:

- моделирование экстракционного каскада;
- моделирование экстракционного блока каскада, состоящего из смесителей-отстойников;
- моделирование процесса экстракции в смесителе-отстойнике.

Обращение с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) предусматривает не только его длительное хранение, но, в конечном итоге его переработку с доведением ОЯТ до безопасного состояния. В этой области на Горно-химическом комбинате (ГХК) ведутся работы по разработке новых малоотходных технологий по переработке ОЯТ.

Для проверки и отработки новой технологии переработки ОЯТ ВВЭР-1000 на «ГХК» ведется строительство Опытно-демонстрационного центра (ОДЦ). ОДЦ должен осуществить проверку перспективных технологий, находящихся на момент пуска центра в стадии разработки.

На ОДЦ планируется использовать усовершенствованный цикл экстракционной очистки урана и плутония с одновременным отделением фракции ТПЭ/РЗЭ с единым экстрагентом (30% ТБФ). Принципиальная схема такого цикла (см. рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**), включает в себя экстракцию, двухзональную промывку экстракта от продуктов деления, совместную реэкстракцию урана и плутония (в целях обеспечения технологической поддержки режима нераспространения), упаривание промежуточного рафината, корректировку полученного раствора и экстракционное извлечение фракции ТПЭ/РЗЭ из упаренного раствора [2]. Для выполнения процессов экстракции/реэкстракции планируется использовать ящичные экстракторы – смесители отстойники, объединенные в функциональные блоки.

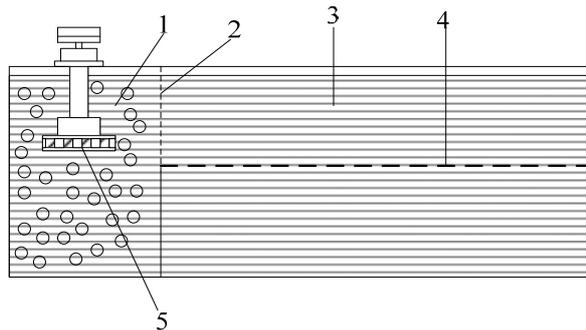


----- – органический раствор 30% ТБФ в н-парафине; ——— – водные растворы

Рис. Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует. Принципиальная схема усовершенствованного экстракционного цикла

Рассмотрим устройство экстракционного блока, основанного на ящичных экстракторах – смесителях-отстойниках. Каждый смеситель-отстойник имеет смесительную и отстойную камеры. В процессе экстракции в смесительную камеру первого экстрактора поступает водная и органическая фазы, которые затем перемешиваются. Перемешивание фаз может быть пульсационным или механическим (чаще всего применяются турбинные мешалки, одновременно транспортирующие жидкости из ступени в ступень). Водная фаза представляет собой азотнокислый раствор облученного ядерного топлива, органическая – раствор ТБФ н-парафине. При перемешивании в смесителе происходит извлечение урана трибутилфосфатом. В дальнейшем смесь переходит в отстойную камеру, где фазы расслаиваются. После этого водная и органическая фазы переходят в следующий смеситель-отстойник для дальнейшего извлечения и процесс повторяется, пока водная и органическая

фазы не пройдут всей цепи экстракторов. На рисунке 2 показана схема смесителя отстойника.



1, 3 – смесительная и отстойная камеры; 2 – перегородка; 4 – граница раздела фаз; 5 – турбинная мешалка

Рис. 2. Смеситель-отстойник

Смесители-отстойники имеют преимущества перед колонными экстракторами в процессах с малым или очень большим числом ступеней, а также в процессах с большими потоками (до 1000 м³/ч).

Математическое моделирование смесителя-отстойника как экстракционной ячейки требует определения входных и выходных переменных, а также параметров модели. Входными переменными являются входные потоки органической и водной фаз, а также входные концентрации урана в водной фазе и экстрагента в органической. Выходными переменными являются выходные потоки органической и водной фаз.

Требования к математическим моделям процесса экстракции/реэкстракции компонентов ядерного топлива: описывать динамические связи между выбранными входными и выходными переменными, а также физико-химические закономерности, материальный и энергетический балансы, кинетику химических реакций, детальные особенности аппаратного оформления процессов экстракции/реэкстракции компонентов отработанного ядерного топлива; учет химико-технологических аспектов процессов экстракции/реэкстракции ядерного топлива; учет экстракции не только урана, но и Pu, HNO₃, Np, Zr, Tc и др; учет влияния HNO₃ на процесс экстракции компонентов ядерного топлива; учет взаимного влияния компонентов на процессы экстракции и реэкстракции; учет гидродинамики в экстракторе; учет температуры водной и органической фазы на процессы экстракции/реэкстракции; учет теплопереноса в экстракторе.

Для расчета представленной модели требуются два уравнения. В качестве первого берется уравнение материального баланса растворенного вещества, учитывающее его содержание в обеих

фазах для каждой стадии. Вторым уравнением является уравнение равновесия.

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \sum_i C u_i^{\text{ВВХ}} \cdot V_i = \sum_i C u_i^{\text{ВХ}} \cdot Q_i^{\text{ВХ}} - \sum_i C u_i^{\text{ВВХ}} \cdot Q_i^{\text{ВВХ}}, \\ C u_{\text{вф}}^{\text{ВВХ}} = K_p \cdot C u_{\text{оф}}^{\text{ВВХ}}, \end{cases}$$

$Q_i^{\text{ВХ}}$, $Q_i^{\text{ВВХ}}$ – входной и выходной расходы соответствующих фаз; $C u_i^{\text{ВХ}}$, $C u_i^{\text{ВВХ}}$ – средние значения концентрации урана и экстрагента в соответствующих фазах; V_i – объем соответствующей фазы; $\rho_i^{\text{ВВХ}}$ – плотность соответствующей фазы; индекс i принимает значения 1 для водной фазы и 2 для органической, K_p – коэффициент равновесного распределения урана (коэффициент распределения) [3].

На рисунке 3 показана структурная схема смесителя-отстойника как экстракционной ячейки.

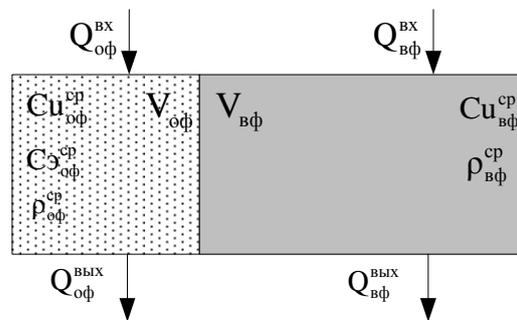


Рис. 3. Структурная схема экстракционной ячейки

Литература

1. О федеральной целевой программе «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России на 2007–2010 годы и на перспективу до 2015 года» [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 6.10.2006, № 605. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
2. Волк В.И., Ватулин А.В., Вахрушин А.Ю., Полуэктов П.П. Новые радиохимические технологии переработки ОЯТ // Организация работ в отрасли по созданию оборудования радиохимических производств, изготовлению топлива и обращения с РАО от переработки ОЯТ: Сборник докладов Выездного заседания секций № 2 и № 3 Научно-технического совета № 4 Федерального агентства по атомной энергии, Екатеринбург, 7–9 дек., 2004. – Екатеринбург, 2005. – С. 352–359.
3. Фрэнкс Р. Математическое моделирование в химической технологии. – М.: Химия, 1971. – С.152-156.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ ЗАРЯДА ТОНКИХ ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ TiO_2 , ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Морозова Н.С., Быкова Ю.В., Сурменев Р.А.

Научный руководитель: Гостищев Э.А., старший научный сотрудник, к.т.н.
Томский политехнический университет, Россия, 634050, г.Томск, пр. Ленина, 30,
E-mail: morozova_n_s@mail.ru

Проблема биосовместимости материалов является актуальной в медицинском материаловедении. Особую роль при взаимодействии имплантата с живыми тканями играет поверхность. Важной характеристикой биопокрытий в составе имплантатов, помещённых в различные структуры костно-мышечных тканей, является их электрическая совместимость на всех уровнях биологической организации живых систем (молекулярном, клеточном, тканевом). Как следует из анализа работ, связанных с исследованиями влияния внешних электрических полей на биологические процессы, электростатические поля имплантатов в ряде случаев могут вызвать негативные явления в виде непродуктивных воспалительных процессов и отторжения, или наоборот оказывать позитивное воздействие на повреждённый орган, способствуя его лечению в оптимальных биофизических условиях [1,2]. Например, при наложении на бедренную кость кролика электретной (заряженной) плёнки из тефлона во всех случаях наблюдалось образование костной мозоли, в то же время обычная плёнка из тефлона не вызывала такого эффекта. Положительные результаты применения электретных плёнок пятиоксида тантала Ta_2O_5 в ряде областей медицины получены в Санкт-Петербургском электротехническом университете [3]. Близкодействующее поле электретных покрытий определённой величины и знака, действуя на клеточном уровне, является катализатором появления здоровых новообразований в живых тканях.

Одним из механизмов воздействий внешних электрических полей на живые системы в настоящее время рассматривают поляризованность их биологических структур. В результате этого изменяются элементарные формы движения ионов, полярных молекул в клетках, их мембранных потенциалов. Однако, в целом процессы взаимодействий электрических полей биопокрытий с электрической структурой биологических тканей изучены недостаточно. Отсутствуют критерии оценки параметров их биоэлектрической совместимости: поверхностная плотность и знак заряда, напряжённость электрического поля и значение потенциала биопокрытий.

Целью работы является измерение электрических потенциалов и плотности заряда на поверхности биопокрытий.

Из арсенала существующих методов и устройств для измерения статических зарядов, осно-

ванных на принципах электрической индукции, наиболее широко распространены вольтметры-электрометры с высоким входным сопротивлением за счёт использования на входе усилителей полевых транзисторов или динамических конденсаторов с периодически изменяемой ёмкостью специальным приводом [4]. Поверхностная плотность заряда, измеряемая такими приборами, пропорциональна напряжению на выходе усилителя. Исследование электростатических полей слабо заряженных объектов с потенциалами поверхности порядка десятков - сотен мВ проводят в специальных экранированных камерах, исключая влияние электростатических полей окружающей среды.

В настоящем исследовании электрических параметров биопокрытий использовался малогабаритный прибор с цифровым индикатором и автономным питанием от аккумуляторов, разработанный в НИИ интроскопии ТПУ [5]. Прибор обеспечивает измерение потенциала поля на поверхностях слабо заряженных тел в условиях электростатических воздействий окружающей среды, многократно превышающих уровень измеряемых потенциалов, в частности измеряемых потенциалов биоэлектрического поля в биологически активных точках кожного покрова человека, адекватных диапазону потенциалов электрического поля на поверхности биопокрытий. Продольное разрешение прибора определяется диаметром измерительного электрода и составляет 5мм, диапазон измеряемых потенциалов от десятков мВ до сотен вольт. Сопротивление изоляции входа прибора – не менее 10^{16} Ом, входная ёмкость – не более 5 пФ (ГОСТ 25209-82) и удовлетворяет требованиям измерения поля в воздухе [6].

В основу прибора заложен усовершенствованный метод Егучи (метод подъёмного электрода) [7]. Структурная схема прибора представлена на рис.1, а эквивалентная схема замещения на рис.2. При установке прибора на заряженную пластину (биопокрытие) толщиной L , находящейся на заземлённой металлической поверхности, на измерительном электроде индуцируется заряд $q = C_l \cdot V_L$ (1), который компенсируется притоком свободных зарядов через нормально замкнутый ключ K . При разомкнутом положении ключа и установке прибора на заземлённую металлическую поверхность на конденсаторах C_{ex} и C_l рас-

пределится равный по величине и противоположный по знаку заряд $-q = V_{\text{ex}}(C_{\text{ex}} + C_l)$ (2), обусловленный свободными зарядами. Приравнивая правые части выражений (1) и (2) получим: $C_l \cdot V_l = V_{\text{ex}}(C_{\text{ex}} + C_l)$. Отсюда потенциал V_{ex} , индуцируемый на измерительном электроде, будет связан с потенциалом V_L на поверхности пластины соотношением:

$$V_{\text{ex}} = \frac{C_l}{C_{\text{ex}} + C_l} V_L,$$

где C_l – воздушная ёмкость между поверхностью образца и измерительным электродом; C_{ex} – входная ёмкость вольтметра-электрометра (ВЭ); V_L – потенциал на поверхности пластины (биопокрытия).

Плотность заряда σ на поверхности покрытия равна $\sigma = V_L \cdot \frac{C_0}{S}$, где $C_0 = (C_l + C_{\text{ex}})$; S – площадь покрытия.

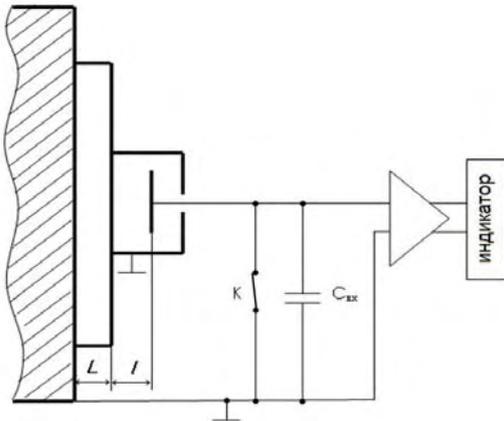


Рис.1. Структурная схема измерения

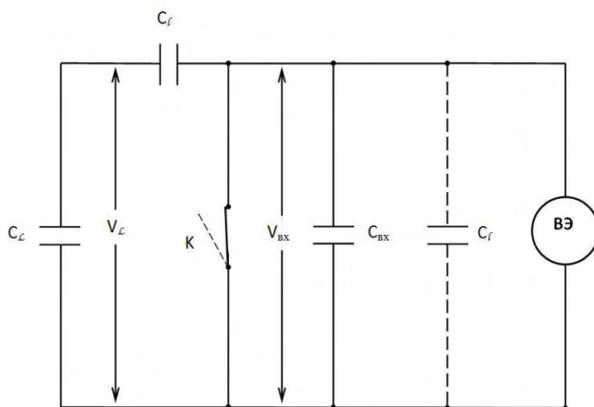


Рис.2. Эквивалентная схема замещения

Исследовались образцы биопокрытий TiO_2 и CaP размером 10×10 мм, нанесённые с одной стороны на заземлённую подложку из нержавеющей стали. Измерение потенциалов на поверхности образцов проводили в пяти областях с диаметром 5 мм в одной геометрии для всех образцов. Величина потенциала поля V_l на поверхности образцов определялась как среднее значение из пяти измерений, каждое из которых отличалось от среднего значения не более ± 5 мВ.

По результатам измерений величина потенциала поля положительной полярности на поверхности для биопокрытия TiO_2 составляет $V_L = 500$ мВ, при плотности заряда на поверхности биопокрытия $\sigma = 6,69 \cdot 10^{-11}$ Кл/см², а для биопокрытия CaP потенциал поля положительной полярности – $V_L = 200$ мВ, при плотности заряда на поверхности биопокрытия $\sigma = 2,68 \cdot 10^{-11}$ Кл/см².

Поэтому можно полагать, что полученные покрытия электрически биосовместимы [8].

Определение напряжённости поля E на границе раздела фаз биопокрытия с биологической тканью не входило в рамки данной работы.

Авторы благодарят проф. В.Ф. Пичугина за постановку задачи и помощь в проведении исследований.

Литература:

1. Yasuda I. Electrical callus and callus formation by electret. – Clin.Orthop., 1977. – 124, 53 с.
2. Vega R.E. et al. Survival of a renal homograft by means of a negative electrical field. – J. Am. Med. Assoc., 1965. – 191, 4, 293 с.
3. Электреты в медицине. – Режим доступа: <http://www.1024.ru/medelectret/>. – 20.02.10.
4. Луцейкин Г.А. Полимерные электреты. М., 1976. – 97 с.
5. Патент РФ №2223511. Бесконтактный способ определения потенциалов заряженной поверхности объекта и устройство для его осуществления/ Э.А.Гостищев, 2004.
6. Илюкович А.М. Техника электрометрии М., 1976.
7. Electrets / Edited by G.M.Sessler, 1980
8. Кулин Е.Т. Биоэлектретный эффект. – Наука и техника, Минск, 1980.

ОПТИЧЕСКИЙ ПРОБОЙ ПРЕССОВАННЫХ ПОРОШКОВ ИНИЦИИРУЮЩИХ И ВТОРИЧНЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ЛАЗЕРНОМ ИНИЦИИРОВАНИИ

Нестеренко К.А., Чуркин М.Б., Ципилев В.П.

Научный руководитель Ципилев В.П., д.ф.-м.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр.Ленина 30

E-mail: nka_konstantin86@mail2000.ru

Одним из возможных механизмов лазерного импульсного инициирования взрывчатых веществ (ВВ) при облучении на длинах волн соответствующих области прозрачности матрицы, является образование теплового микроочага. Такой очаг может образоваться в результате локализации энергии лазерного импульса на поглощающей микронеоднородности [1] с размерами порядка 10^{-5} см с последующим разогревом матрицы и развзвитием его в очаг горения.

В то же время нельзя исключать возможность создания теплового очага в результате оптического пробоя на микронеоднородностях, связанных с дефектностью структуры (нескомпенсированные поля, примесные центры, металлургические кластеры и др.). Обратимся к общим представлениям, не затрагивающим даже природу формирования пробоя. В конечном счете, канал оптического пробоя представляет собой короткоживущий электроразряд с высокой плотностью тока, которому, очевидно, присуща высокая температура. Т.е. канал пробоя теоретически может играть роль микроочага, из которого начнется инициирование. В этом случае энергия ЛИ дополнительно поглощается в объеме стримерных разрядов.

Наконец, возможно образование микроочага в результате разогрева микронеоднородности с последующим оптическим пробоем в его окрестности, возникновение которого облегчается за счет появления «затравочных» термо - электронов.

Возникает вопрос о возможности инициирования ВВ из очага оптического пробоя, т.е. реакционной способности таких очагов. На такой вопрос может ответить только эксперимент по измерению энергетических порогов инициирования (ЭПИ) взрывного разложения и ЭПИ оптического пробоя. Разумно предположить, что в случае, когда значения ЭПИ оптического пробоя меньше, чем ЭПИ взрывного разложения, то оптический пробой может оказаться основным фактором развития взрывного разложения, а если наоборот – то нет.

В этой связи представляет интерес измерение ЭПИ оптических микропробоев ВВ различных типов и сравнение их с ЭПИ инициирования. Вопрос приобретает важность в том плане, что инициирование всего объема ВВ возможно, в предельном случае, из объема одного единственного очага, т.е. из области одного стримера. Обнаружение микропробоев связано с определенными трудностями. Обычно критерием реализации оптического пробоя является, исходя из анализа литературы, наличие каверн, трещин или других разрушений, появление интенсивной

вспышки свечения, изменения оптических характеристик в зоне воздействия образца. Эти явления сопровождают макропробой и не могут быть критерием микропробоя, поэтому вопрос о пороге оптического пробоя остается открытым.

ЭПИ оптического макропробоя вторичных ВВ исследован в работе [2], где в качестве объекта выбран прессованный порошок тетрагидрата пентаэритрита (ТЭНа). Показано, что порог оптического макропробоя уменьшается с увеличением размера (диаметра) лазерного пучка на поверхности образца и стремится к минимальному значению, составляющему около $10 \text{ Дж} / \text{см}^2$. В тех же условиях воздействия ЭПИ взрывного разложения составляет величину около $20 \text{ Дж} / \text{см}^2$ [3]. На основании этих результатов авторы отвели оптическому макропробоему решающую роль в механизме лазерного импульсного инициирования. Однако в работе [4] в условиях объемного сжатия порошка ТЭНа инициирования взрывного разложения реализовано при $50 \text{ мДж} / \text{см}^2$. Данный результат не может быть интерпретирован с позиции механизма макропробоя, изложенных в [3], и требует для объяснения привлечения других факторов, в том числе и роли микропробоев.

В данной работе исследован оптический пробой прессованных порошков азида свинца и ТЭНа при воздействии излучения первой гармоники YAG- лазера (1064 нм, 10 нс) при малых уровнях плотности энергии лазерного излучения. С этой целью разработана высокочувствительная схема регистрации импульсов свечения включающая проекционный высокоугольный кварцевый объектив и фотомодули Н5773 фирмы «Hamamatsu».

Образцы в виде таблеток диаметром 6 мм и толщиной 1 мм и давлением прессования $4 \times 10^7 \text{ Па}$ ($400 \text{ кгс} / \text{см}^2$) устанавливались на стеклянной подложке. Использовались образцы чистого ТЭНа и с добавками наночастиц сажи от 0,1 до 1 весовых процента. Диаметр лазерного пучка на поверхности образца формировался проекционным объективом и составлял 2 мм. Оптическое увеличение проекционной схемы составляло 0,2. Плотность энергии ЛИ на поверхности образцов менялась с помощью калиброванных нейтральных светофильтров в диапазоне от $1 \text{ мДж} / \text{см}^2$ до $1 \text{ Дж} / \text{см}^2$. Осциллограмма свечения из области воздействия приведена на рис.1

Анализ осциллограмм показывает, что сигнал пробоя для ТЭНа имеет затяжку по длительности импульса порядка 300 нс, в то время как для MgO импульс короткий и по форме и

длительности фактически повторяет импульс лазерного излучения. Исследование кинетики свечения с меньшими плотностями энергии показало уменьшение затяжки сигнала пробоя. Такое поведение кинетик (увеличение длительности с ростом плотности энергии) импульса пробоя для ТЭНа по видимому указывает на начало процесса разложения в приповерхностном слое ВВ.

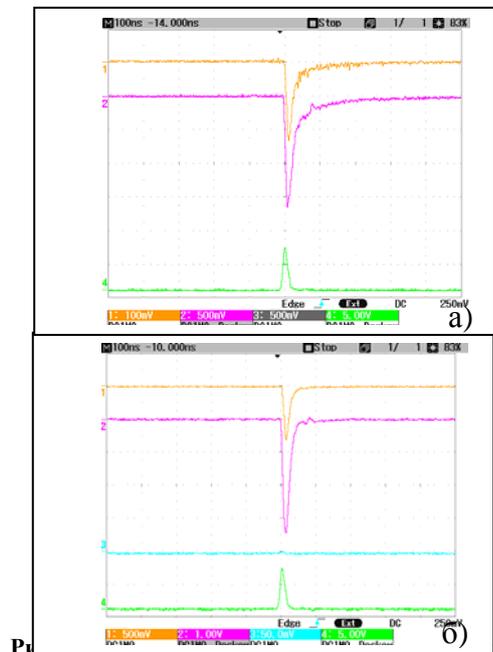


Рис. 1. а – чистый ТЭН, б – MgO. $H_n = 500$ м Дж/см². 1, 2 – сигналы ФЭУ, 4- положение и форма ЛИ.

В результате проведенных исследований были получены зависимости интенсивности импульсов пробоя от плотности энергии (рис.2). По данным зависимостям были определены пороги оптических микропробоев с учетом надежно регистрируемого уровня сигнала фотодетектора, который составил в условиях данного эксперимента около 10 мВ (на рис.2 отмечен пунктирной линией) при анализе результатов обращает на себя внимание тот факт, что пороги микропробоя слабо различаются для разных сред и составляют величину ~4мДж/см², что на несколько порядков меньше порогов измеренный в [2]. Такие низкие значения порогов можно объяснить в предположении образования микропробоя на оптических неоднородностях в ВВ.

При энергиях свыше 100 мДж/см² было обнаружено повреждение поверхности образца в зоне воздействия ЛИ, наблюдался плазменный факел и характерный звуковой щелчок, что свидетельствует о возникновении макропробоя.

Исходя из полученных зависимостей интенсивности свечения от плотности энергии для исследованных образцов в диапазоне плотностей энергий от пороговых до 100 мДж/см² высвеченная светосумма приблизительно соответствует излучения абсолютно черному телу. При больших

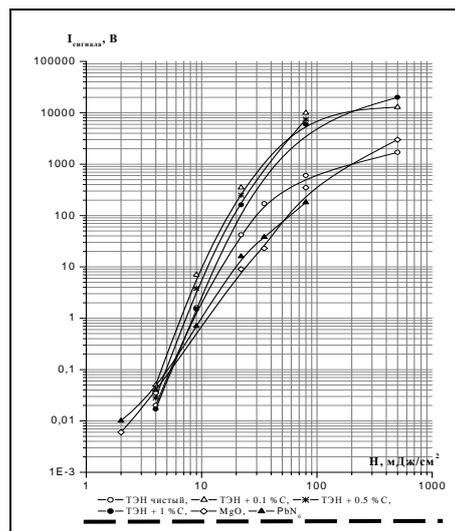


Рис.2. Зависимость интенсивности свечения от плотности энергии возбуждающего ЛИ.

значениях плотностей энергии нарушение этой зависимости по видимому обусловлено процессами перепоглощения в плазменном факеле. Таким образом, на рис.2 можно условно выделить три характерные области поведения ВВ: 1. область микропробоев при $H < 10$ мДж/см²; 2. область макропробоя при $H > 100$ мДж/см²; 3. переходная область при $10 \text{ мДж/см}^2 < H < 100 \text{ мДж/см}^2$.

Выводы:

1. Впервые получены столь низкие значения порогов оптического пробоя (менее 10 мДж/см²).
2. Сравнительный анализ ТЭНа с азидом свинца в области микропробоя выявил близкие чувствительности к воздействию ЛИ для инициирующих и вторичных ВВ.
3. Изменение концентрации примеси сажи в образцах ТЭНа не привело к существенному изменению пороговых значений плотности энергии.
4. Увеличение длительности пробойного импульса с увеличением плотности энергии возможно связано с разложением ВВ в области воздействия ЛИ.

Список литературы

1. Буркина Р.С., Морозова Е.Ю., Ципилев В.П.. О роли поглощающих включений различных размеров в процессе инициирования АТМ лазерным импульсом // XIV симпозиума по горению и взрыву- Черноголовка, 2008, с.232.
2. Зинченко А.Д., и др.. Лазерное воздействие на пористое ВВ // ФГВ, 1991, т. 27, №2, с.97-101.
3. Таржанов В.И., и др.. Лазерное инициирование ТЭНА // ФГВ, 1996, т. 32, №4, с.113-119.
4. Карабанов Ю.Ф., и др.. Зажигание твердых вторичных ВВ коротким импульсом ОКГ// В сб.: Горение конд.сист. - Черноголовка, 1977,с.5-8.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАЗМЫ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ФАКЕЛЬНОГО РАЗРЯДА С ЕГО ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Плеханова И.В., Зеленецкая Е.П., Луценко Ю.Ю

Научный руководитель: Луценко Ю.Ю.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E – mail: luts@mail.ru

В работе [1] было установлено отсутствие затухания вдоль канала высокочастотного факельного разряда, горящего в аргоне, первых трёх гармонических составляющих электрического поля. В то же время, при распространении электромагнитной волны вдоль проводящего цилиндра, её затухание должно возрастать с увеличением её частоты. С целью интерпретации полученных результатов было высказано предположение о параметрическом взаимодействии внешнего электромагнитного поля с собственными колебаниями плазмы на ионной плазменной частоте. Ионная плазменная частота определяется концентрацией ионов. Концентрация ионов для разряда, горящего в одноатомном газе, приблизительно равна концентрации электронов. В свою очередь концентрацию электронов можно определить из электронной температуры на основе уравнения Саха.

В настоящей работе нами были проведены измерения электронной температуры факельного разряда при различных режимах его горения в среде аргона. Одновременно с измерением температуры электронов проводились измерения характеристик электромагнитного поля разряда. На основе величины электронной температуры проводилась оценка концентрации электронов, и соответственно, величины ионной плазменной частоты.

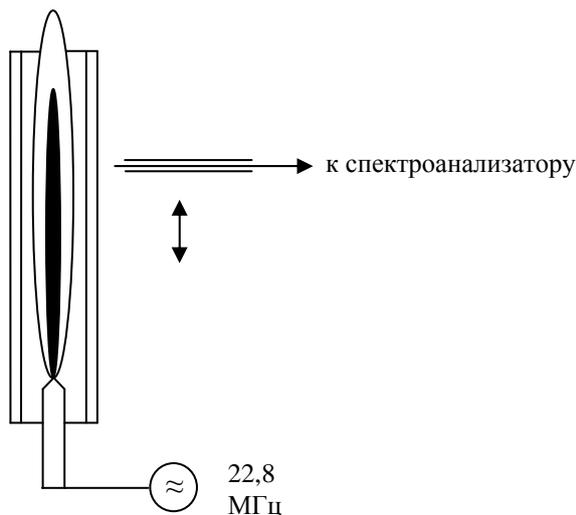


Рис.1. Схема экспериментальной установки

Схема экспериментальной установки представлена на рис.1. Разряд возбуждался в кварцевой трубке длиной 0,5 м и диаметром 32 мм

Частота горения разряда составляла 37 МГц. Стабилизация разряда осуществлялась посредством тангенциальной закрутки плазмообразующего газа. Измерения радиальной компоненты электрического поля проводились посредством емкостного зонда, сигнал с которого по линии с двойной экранировкой подавался на вход спектроанализатора. Емкостной зонд представлял собой медный штырь диаметром 1 мм и длиной 3...5 мм.

Измерение электронной температуры проводилось спектрографом Shamrock SR – 303i двумя способами. Первый способ – по относительной интенсивности линий меди. Использовались линии: 5106 Å, 5153Å и 5218Å. Второй способ – по частотной зависимости интенсивности континуума атомов аргона в диапазоне длин волн от 3300Å до 4000Å.

Распределение частотных составляющих вдоль оси факельного разряда, горящего в среде аргона, приведено на рис.1. По оси абсцисс отложено расстояние от электрода до точки измерения в единицах длины канала разряда. По оси ординат – амплитуда сигнала в логарифмическом масштабе. Данное распределение не изменяется при изменении частоты и мощности разряда в достаточно широких пределах. Как видно из рис.2. наблюдается рост второй и четвертой гармонических составляющих электрического поля вдоль оси разряда. Первая и третья гармонические составляющие практически не меняются вдоль оси разряда.

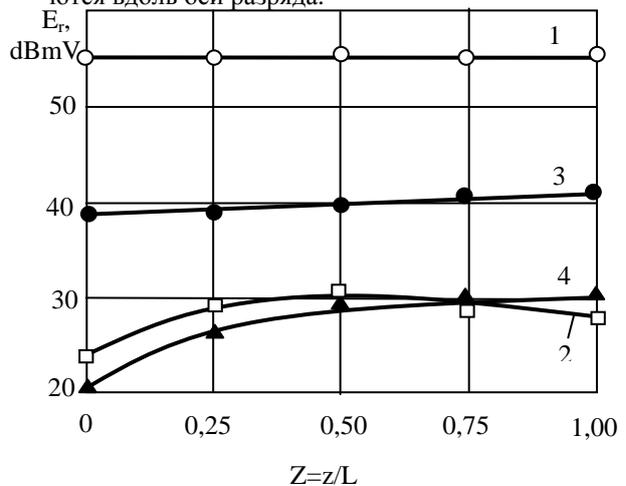


Рис.2. Распределение амплитуды частотных составляющих вдоль оси факельного разряда, горящего в среде аргона. 1,2,3,4 – первая, вторая, третья и четвертая гармоники соответственно

Электронная температура, измеренная по линиям меди, в этом случае составила 8600°K. Измерения по электронному континууму дали значение для электронной температуры 8900°K. Таким образом результаты измерений различными методами оказались близкими друг к другу. На периферии канала разряда температура электронов, измеренная обоими методами равна 7900°K.

Вышеприведённые результаты относятся к разряду, горение которого осуществлялось в чистом аргоне. При уменьшении скорости подачи аргона в плазматрон, происходит по – видимому натекание воздуха в разрядную камеру. Интенсивность свечения разряда резко уменьшается. Цвет канала меняется от сине – голубого к бледно – розовому. В спектре разряда резко возрастает интенсивность линий меди по сравнению с линиями аргона. Температура электронов на оси канала уменьшается до 6500°K ...7000°K. Результаты измерений осевого распределения радиальной компоненты электрического поля разряда при натекании воздуха в разрядную камеру представлены на рис.2. Как видно из рисунка, в этом случае отсутствует рост четвёртой гармоники электрического поля, а также наблюдается небольшое затухание третьей гармоники.

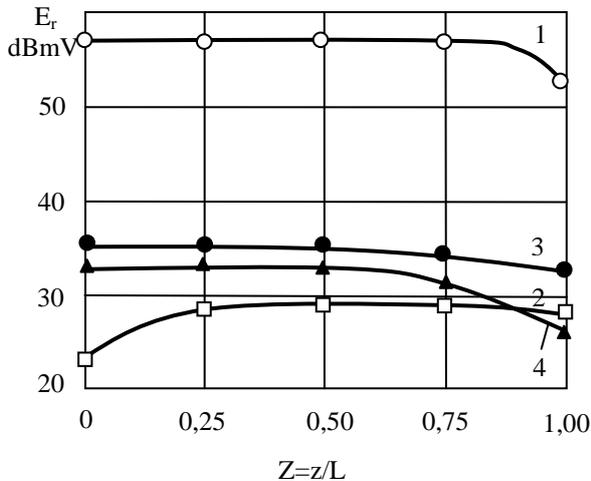


Рис.2. Распределение амплитуды частотных составляющих вдоль оси факельного разряда, горящего в среде аргон - воздух. 1,2,3,4 – первая, вторая, третья и четвёртая гармоники соответственно

Оценим концентрацию электронов на оси разряда по измеренным значениям электронной температуры. Уравнение Саха для двухтемпературной плазмы имеет [2] следующий вид:

$$n_e \left(\frac{n_i}{n_a} \right)^{1/\theta} = \frac{2Z_i}{Z_a} \left(\frac{2\pi m_e k_B T_e}{h^2} \right)^{3/2} \exp \left(- \frac{I - \Delta I}{k_B T_e} \right)$$

Здесь n_e, n_i, n_a - концентрация электронов, ионов и атомов соответственно; m_e - масса

электрона; h - постоянная Планка; k_B - постоянная Больцмана; θ - отношение электронной температуры к температуре тяжёлых частиц; $I - \Delta I$ - пониженный ионизационный потенциал; Z_i, Z_a - статистическая сумма ионов и атомов соответственно.

Величина понижения потенциала ΔI определится следующим выражением:

$$\Delta I = Z_C^2 e^2 / 4\pi\epsilon_0 d$$

$$d = \left[2k_B T_e \epsilon_0 / e^2 n_e (1 + \theta) \right]^{1/2}$$

Здесь: Z_C - эффективный заряд; ϵ_0 - диэлектрическая постоянная

Учитывая, что для факельного разряда, горящего в аргоне [3] $\theta = 3,5...4$, получим:

$$\Delta I = 1,05 \text{ эВ}; I = 15,8 \text{ эВ.}$$

Статистическая сумма ионов и атомов аргона приведена в работе [4].

Из решения уравнения Саха получим концентрацию электронов в центре канала факельного разряда, горящего в среде аргона:

$n_e = 1,1 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$ и $n_e = 2,6 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$ на периферии канала разряда.

Для факельного разряда, горящего в среде аргон - воздух: $n_e = 2,7 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$ и $n_e = 1,4 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$ соответственно.

Расчёт ионной плазменной частоты проведём по известной формуле:

$$\omega_i = \left(\frac{n_i e^2}{\epsilon_0 m_i} \right)^{1/2}$$

Здесь: n_i, m_i - концентрация и масса ионов аргона. Соответственно для аргоновой плазмы получим: $\omega_i = 540...1090$ МГц, а для аргон - воздушной плазмы: $\omega_i = 120...170$ МГц.

Таким образом, частота четвёртой гармоники превышает ионную плазменную частоту для большинства ионов аргон - воздушной плазмы. В то же время при параметрическом взаимодействии должно выполняться условие: $\omega \leq \omega_i$. Следовательно можно предположить, что избирательное изменение четвёртой гармоники электрического поля при изменении электронной температуры связано с условием параметрического взаимодействия.

Литература:

1. Луценко Ю.Ю., Власов В.А., Тихомиров И.А. // Письма в ЖТФ. - 2006. - т.32. - Вып.9. - с.23 - 27.
2. Kannapan D., Bose T.K. // The Physics of Fluids. - 1977. - vol. 20. - №10. - p.1668 - 1673.
3. Janča J. // Czech. J. Phys. - Sec.B. - 1967. - №9. - p.761 - 772.
4. Митчнер М., Кругер Ч. Частично ионизованные газы. М.: Мир. - 1976. - с.496.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ МЕТОДАМИ КЛАСТЕРНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ И ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА

Попов С.А.

*Научный руководитель: Алексеев В.И., д.т.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

*Югорский государственный университет, 628012, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, д.16

E-mail: geofisico@yandex.ru

Актуальность, цели и задачи исследования

По ряду причин значительная часть информации о геологической среде недоступна для интерпретации. На сегодняшний день для эффективного выделения полезного сигнала разработано множество технологий и способов анализа сигнала. Вейвлет-анализ – один из них. Интерпретация (поиск и оценка целевых объектов), как правило, осуществляется на базе физико-геологических моделей среды. Локализация в пространстве *однотипных* по некоторому признаку аномалий упрощает и оптимизирует этот процесс, а кластерный анализ обеспечивает его автоматизацию.

Обозначим цель работы: выделение и качественная интерпретация аномалий вейвлетных и кластерных параметров для $2D / 3D$ изображений на примере Горелой площади.

Поставленная цель подразумевает собой решение следующих задач: таксономический анализ (построение аналитической иерархии), выборка признаков-классификаторов, оценка сходства объектов и их группировка, оценка достоверности результатов.

Экспериментальные данные и методика

При анализе использованы результаты сейсмических исследований методом высокоразрешающей объемной сейсморазведки ВОС и бурения, проведенные на Горелой площади (Среднее Приобье, ХМАО, рис. 1) в период 1983-1985 гг. [1,2,3]. Первичная обработка осуществлялась с помощью пакета Wavelet Toolbox в составе программного комплекса Matlab 7.1. Кластерный анализ проводился методом нейронных сетей.

Граф обработки можно описать следующим образом:

1. Исходный массив $2D/3D$ раскладывается методом кратномасштабного анализа (КМА) по вейвлету $db4$ пятого уровня [2] на субполосы (аппроксимацию – a ; детали: горизонтальные – h , вертикальные – v , диагональные – d).
2. Отбираются сегменты с характеристиками, отвечающими критериям кластеризации данных [4] и полезности сигнала.
3. Группирование объектов осуществляется по параметрам энтропии разных типов.
4. Достоверность оценивается: по результатам вейвлет-анализа (должно наблюдаться сходство геометрии кластеров с формой аномалии вейвлет-параметров); по результатам кластеризации выборок других параметров; по данным бурения и интерпретации ГИС.

Основные требования к исходным данным и графам обработки изложены в работах [2,4].

Распределение энергии по сегментам вейвлет-дерева при переходе от уровня к уровню таково, что наиболее высокоамплитудные низкочастотные компоненты волнового поля содержатся в элементах аппроксимации, самые низкоэнергетические – в деталях. Уровень энергии – критерий полезности данного сегмента выборки, информативности и степени зашумленности.

В контексте рассматриваемой проблемы энтропия приобретает физический смысл регулярности, устойчивости сигнала, которая в свою очередь несет информацию о сейсмофациальных свойствах пород. Этот параметр применим при оценке слоистости и трещиноватости. Энтропия растет от горизонтальной слоистости к остальным. Для каждого типа слоистости она проявляется по-своему. Трещиноватость отражается в показаниях обоих методов как дополнительный фактор стохастичности сигнала (процент низкоэнергетических составляющих растет).

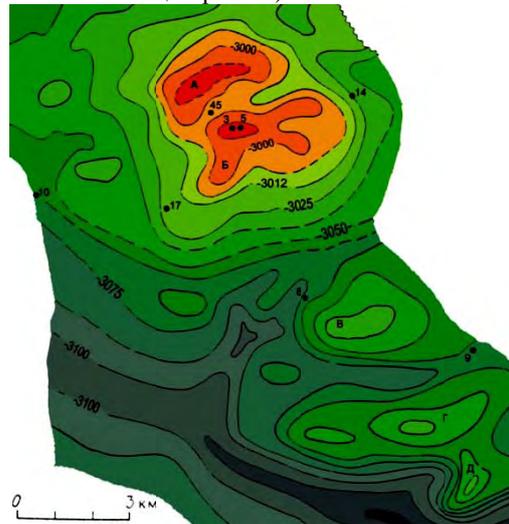


Рис. 1 Структурная карта (горизонт Т3-1, Горелая площадь) [3]. Структуры: А – Северо-Горелая, Б – Южно-Горелая, В – Кольцевая, Г – Уступная.

Обсуждение результатов

На рис. 2 сопоставляются результаты вейвлет-анализа и кластерного анализа для профиля Z13 с наложением на исходный временной разрез. По абсолютным отметкам разрез соответствует флювиальной свите (по данным бурения это преимущественно глины). Поэтому аномалии можно интерпретировать как сейсмофацию глубоководных морских отложений. Сочетание структурного положения, геометрии кластеров и характера информационно-неустойчивости сигнала, позволя-

ют сделать вывод о наличии в неокме хороших литологических ловушек. флюидоупоров и связанных с ними структурно-

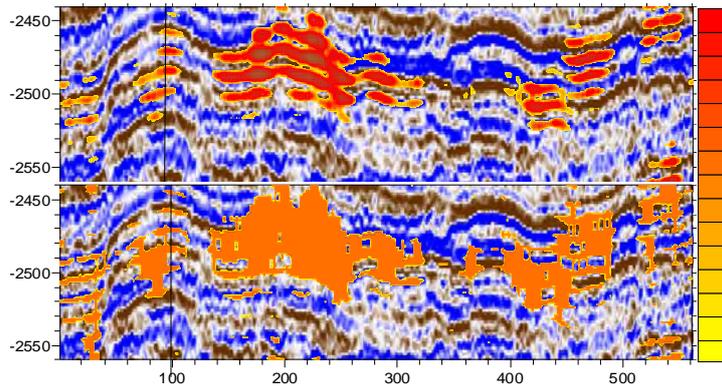


Рис. 2 Результаты выделения аномалий на временном разрезе (неокме): сверху – вейвлет-анализ (сегмент a_4); снизу – нейросетевой кластер (1 признак).

На рис. 3 приведены результаты вейвлет-анализа куба ВОС для среза по горизонту А. В частотном составе сегмента содержатся низко-энергетические компоненты (т.к. он является элементом детализации). Положение в иерархии (2 уровень) обуславливает не очень высокие значения энтропийного фактора. На рисунке 3 сопряжены кластерные аномалии по 5 видам энтропии, которые хорошо повторяют и дополняют друг друга. Обращает на себя внимание обратная связь параметров вейвлет-преобразования и кластерного

анализа. В данном случае на поверхности горизонта А, вероятно, наблюдается проявление зон деструкции фундамента и преобразования базальных отложений гидротермальными процессами (кластерные объекты). Фоновые объекты бурением идентифицируются как палеодренажные системы рек и эстуариев и вулканогенно-осадочные толщи с широким развитием коллекторов порового, трещино-порового и трещино-кавернозного типа.

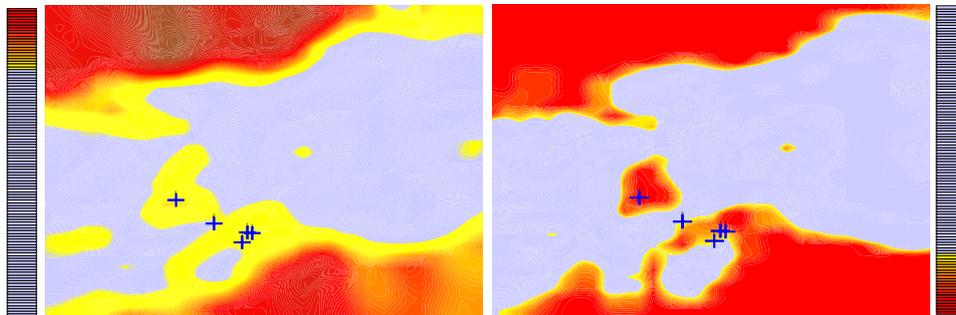


Рис. 3 Результаты выделения аномалий на срезе куба 3D (горизонт А): слева – вейвлет-анализ (сегмент d_2); справа – нейросетевой кластер (5 признаков).

Выводы и оценка достоверности результатов

Резюмируя результаты, подведем итог всей работе: кластеры на рис. 2 и 3 не достаточно уверенно соотносятся с результатами вейвлет-анализа, выходя за их «доверительную область», что говорит о неоптимальности выборок; представленная в работе методика и результаты позволили оценить фациальную изменчивость по разрезу и площади, степень надежности ловушек неокме, степень вторичного преобразования пород фундамента; результаты качественно соотносятся с данными бурения.

Список источников.

1. 1.Бембель Р. М. Высокорастворимая объемная сейморазведка. – Новосибирск: Наука, 1991. – 152 с.

2. 2.Попов С.А. Вейвлет-анализ 2D и 3D сейсмических изображений // Материалы Всероссийской молодежной научной конференции им. Трофимука, Новосибирск: Изд-во ИНИГ СО РАН, 2008, с. 255-257.

3. 3.Бембель Р. М., Мегеря В.М., Бембель С.Р. Геосолитоны: функциональная система Земли, концепция разведки и разработки месторождений углеводородов. – Тюмень: Издательство «Вектор Бук», 2003. – 344 с.

4. 4.Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс] / Режим доступа: wikipedia.org.

ИЗУЧЕНИЕ АККУМУЛЯЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ НАЗЕМНЫХ МХОВ

Рогова Н. С.

Научный руководитель: Рыжакова Н.К., к.ф.-м. н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: rogoва@interact.phtd.tpu.ru

Введение

Метод мхов-биоиндикаторов широко используется для мониторинга атмосферы во многих европейских странах, а с недавнего времени и в азиатских [1,2]. В России применение этого метода для определения атмосферных выпадений элементов ранее имело место лишь в Ленинградской области, Карелии, в промышленных районах Урала (Челябинская, Свердловская области) [3]. Однако при таких исследованиях используются разные виды наземных мхов, которые нередко сильно отличаются не только своими экологическими характеристиками (например, субстратной приуроченностью), но и особенностями анатомо-морфологического строения, а следовательно, и потенциальными аккумуляционными способностями. Однако, каких-либо исследований аккумуляционных свойств мхов, используемых при мониторинге атмосферы, до настоящего времени не проведено.

Постановка задачи

В данной работе изучены аккумуляционные способности используемых для мониторинга 8 видов наземных мхов: 4 лесных вида (*Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Dicranum polysetum* Sw., *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not., *Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G.), собранных на одном участке зеленомошно-кустарничкового соснового леса площадью около 1 м², и 4 болотных вида (*Aulacomnium palustre* (Brid.) Mitt., *Sphagnum angustifolium* (Russ. ex Russ.) C.Jens., *Sphagnum squarrosum*, *Sphagnum centrale* C.Jens. ex H.Arnell et C.Jens.), собранных на кустарничково-осоково-сфагновом болоте в небольшой мочажине площадью около 5 м². Данные участки (лес и болото) находятся на расстоянии менее 1 км друг от друга, поэтому возможно сравнение не только мхов, собранных с одного участка, но и сравнение наземных лесных и болотных мхов, так как уровень антропогенной нагрузки на обоих участках примерно одинаков. В целях статистической обработки из каждого образца наземных и болотных мхов

изготовлено по 9-10 параллельных проб. В каждой пробе определено содержание до 22 химических элементов по долгоживущим изотопам с помощью нейтронно-активационного анализа. Полученные пробы облучали в вертикальном экспериментальном канале 6 реактора ИРТ-Т потоком тепловых нейтронов плотностью $5 \cdot 10^{13}$ нейтрон/(см²*с) в течение 16-20 часов. С помощью полупроводникового гамма-спектрометра измеряли удельные активности каждой анализируемой пробы, сравнивая интенсивности аналитических гамма-линий определяемых элементов с интенсивностью гамма-линий стандартных образцов. В качестве стандартных образцов использовали сено IAEA/V-10, зерна пшеницы СБМП-02.

Результаты и их анализ

Для оценки влияния видов мхов на накопительные способности по отношению к разным химическим элементам в каждом семействе наземных лесных и болотных мхов проведен однофакторный дисперсионный анализ с помощью

критерия Фишера [4]: $F = \frac{\sigma_F^2}{\sigma_0^2}$, где

$$\sigma_F^2 = \frac{\sum_{i=1}^r (\bar{x}_i - \bar{x})^2}{r-1} \text{ и } \sigma_0^2 = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} (x_j - \bar{x}_i)^2}{n-r} - \text{ меж-}$$

групповая и внутригрупповая дисперсии соответственно, вычисленные на одну степень свободы. Здесь \bar{x} – общая средняя, \bar{x}_i – групповые средние, n_i – число проб в группе, n – общее количество проб, r – число групп, в нашем случае 4. Полученные коэффициенты Фишера по всем химическим элементам (табл. 1) значительно превышают критические значения (для болотных мхов $F_{кр}=2,86$, для лесных $F_{кр}=2,88$), что свидетельствует о разных аккумуляционных способностях разных видов как болотных, так и лесных видов мхов. Следовательно, использование в одном исследовании разных наземных мхов, собранных даже с одного исследуемого участка, некорректно.

Таблица 1. Коэффициент Фишера для болотных и лесных видов наземных мхов

Хим. элемент	Sm	Mo	Ca	Br	As	Na	La	Cr	Hf	Ba	Hg
F для болотных мхов	287	382	112	10	2435	225	439	23	10	475	197
F для лесных мхов	755	182	111	11	572	700	589	446	805	32	199
Хим. элемент	Rb	Fe	Zn	Sc	Co	Eu	Sb	Th	Sr	Cs	Ni
F для болотных мхов	158	331	1575	214	384	119	397	111	133	141	236
F для лесных мхов	67	163	120	208	230	51	354	298	123	232	182

Для определения степени аккумуляционных способностей мхов проведено ранжирование средних значений концентраций химических элементов для лесных и болотных мхов по всем химическим элементам и подсчитаны суммы рангов (табл. 2). Чем больше сумма рангов, тем выше аккумуляционные способности мха. Полученные данные хорошо объясняются анатомо-морфологическим строением мхов. Так, например, самая высокая сумма рангов среди лесных мхов получена для *Dicranum polysetum*, который имеет обильный ризоидный войлок и плотный характер дерновинок, что очевидно, способствует удержанию загрязняющих компонентов. Мох вида *Hylocomium splendens* имеет наименьшую сумму рангов, то есть данный вид мха обладает наименьшими аккумуляционными способностями, что объясняется рыхлым строением его дерновинок и характером расположения веточек на побеге. Среди болотных мхов наибольшими аккумуляционными способностями обладает *Aulacomnium palustre* с обильным ризоидным войлоком по всему побегу. *Sphagnum centrale* и *Sphagnum angustifolium* имеют примерно одинаковую сумму рангов, так как относятся к одному биологическому роду и обладают сходными анатомо-морфологическими и физиологическими характеристиками [5].

Таблица 2. Сумма рангов для различных наземных мхов.

Виды наземных мхов	Сумма рангов по всем хим. элем-м
<i>Aulacomnium palustre</i>	73
<i>Sphagnum centrale</i>	43
<i>Sphagnum angustifolium</i>	40
<i>Sphagnum squarrosum</i>	64
<i>Dicranum polysetum</i>	77
<i>Ptilium crista-castrensis</i>	59
<i>Hylocomium splendens</i>	39
<i>Pleurozium schreberi</i>	45

Для сравнения сорбционных способностей лесных и болотных наземных мхов использовали *Dicranum polysetum* и *Aulacomnium palustre*, так как они обладают наибольшими аккумуляционными способностями в своих группах. Проведено ранжирование по всем химическим элементам. Сумма рангов для *Dicranum polysetum* равна 39, для *Aulacomnium palustre* 27. Таким образом, наземные лесные виды мхов удерживают большее количество химических элементов, чем болотные. Данный результат можно объяснить условиями произрастания мхов. Так, например,

наземные лесные мхи получают минеральное питание с атмосферными осадками и из почвы; а болотные мхи находятся в олиготрофных условиях (питание только из атмосферы).

Выводы

Данное исследование разных наземных мхов показало, что существуют отличия в концентрациях химических элементов не только среди систематических групп, но и внутри групп. При мониторинге атмосферы с помощью наземных мхов лучше использовать мхи с наибольшими накопительными способностями. Среди исследованных болотных видов мхов, как оптимальный биомонитор, можно выделить *Aulacomnium palustre*, а среди лесных наземных мхов - *Dicranum polysetum*.

Также следует отметить, что при использовании в мониторинге нескольких видов мхов сравнивать абсолютные значения концентраций не корректно из-за разных аккумуляционных способностей мхов. Для получения достоверных оценок степени загрязнения атмосферы желательно использовать относительные значения концентраций, причем фоновые образцы следует отбирать в примерно одинаковых с исследуемыми территориями природно-климатических условиях [6].

Литература:

1. Harald G. Zechmeister, Alarich Riss, Andrea Hanus-Ilmar. Biomonitoring of atmospheric Heavy Metal Deposition by Mosses in the Vicinity of Industrial Sites // Journal of Atmospheric Chemistry., 2004. pp. 461–477.
2. Hung Nguyen Viet, Marina Frontasyeva, Thu My Trinh Thi, Daniel Gilbert, Nadine Bernard. Atmospheric heavy metal deposition in Northern Vietnam: Hanoi and Thainguyen case study using the moss biomonitoring technique, INAA and AAS // Environ. Sci. Pollut. Res. 2009. pp. 113-121.
3. Ermakova E.V., Frontasyeva M.V., Pavlov S.S., Povtoreinko E. A., Steinnes E., Cheremisin Ye. N. Air pollution studies in Central Russia (Tver and Yaroslavl Regions) using the moss biomonitoring // Journal of Atmospheric Chemistry, 2004. p. 549–561.
4. Пустыльник Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений.-М., 1968.-с. 288.
5. Tyler G. Bryophytes and heavy metals: a literature review // Botanical journal of Linney society. –1990. – Vol. 104. - № 1-3. – P. 231-253.
6. 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.

СРАВНЕНИЕ АККУМУЛЯЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕСНЫХ НАЗЕМНЫХ И ЭПИФИТНЫХ МХОВ КАК БИОИНДИКАТОРОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

Рогова Н. С.

Научный руководитель: Рыжакова Н.К., к.ф.-м. н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: rogoва@interact.phtd.tpu.ru

Введение

Использование биоиндикации для контроля состояния окружающей среды имеет ряд преимуществ перед иными инструментальными методами: дешевизна и доступность экспериментального материала, возможность оценить пути, источники, скорость и динамику поступления загрязняющих веществ, возможность обследования больших территорий за сравнительно длинные периоды времени (определяется временем произрастания и выбором части растения, используемого для анализа). Морфологические и физиологические свойства мхов с одной стороны и широкое распространение с другой стороны делают мхи очень полезными биоиндикаторами для оценки состояния окружающей среды. В европейской программе мониторинга «Атмосферные выпадения тяжелых металлов в Европе – оценки на основе анализа мхов» в качестве индикаторов рекомендуют использовать лесные наземные мхи *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G. и *Hypnum cupressiforme* (Hedw.), *Scleropodium purum* (Hedw.) [1, 2]. Возможность использования указанных видов для оценки загрязнения той или иной территории не отвергается, однако следует заметить, что возникают некоторые ограничения при интерпретации полученных результатов. Во-первых, следует помнить, что при использовании этих и других наземных видов мхов невозможно исключить влияние почвы и того загрязнения, что в ней аккумулировано, а установить источник (воздух, вода или материнская порода) такого загрязнения зачастую затруднительно. Во-вторых, наши предварительные исследования показали, что существуют отличия в аккумуляционных способностях мхов не только из разных систематических групп, например, болотных, лесных, эпифитных, но и между представителями разных экологических групп, принадлежащих к одной систематической группе, например, разных видов наземных мхов. Кроме того, использование наземных видов мхов позволяет оценить пути и источники поступления загрязняющих веществ только на больших лесных территориях.

К числу оптимальных тест-объектов можно отнести эпифитные мхи, имеющие широкое распространение, высокую встречаемость, продолжительный жизненный цикл и обладающие способностью значительной биологической аккумуляции различных атмосферных загрязнений. Особый интерес к эпифитным мхам обусловлен также тем,

что их использование позволяет изучить загрязнение атмосферы промышленных центров и населенных пунктов. Эпифиты произрастают на коре старых деревьев (осин, тополей), не соприкасаются с почвой, а, следовательно, на них практически не сказывается ее гетерогенный химический состав (что особенно ярко проявляется именно на урбанизированных и иных синантропных территориях), а влияние субстрата (коры деревьев) полностью снимается его единообразием. Таким образом, эпифитные мхи соответствуют всем основным требованиям, предъявляемым к биоиндикаторным видам [3, 4].

Постановка задачи

Основной целью данных исследований является поиск оптимальных тест-объектов для метода мхов-биоиндикаторов с точки зрения их аккумуляционных свойств. Для этого необходимо сравнить средние значения концентраций химических элементов в разных видах мхов между собой, и выявить виды, которые обладают наилучшими аккумуляционными способностями по большинству химических элементов.

В данной работе проведено сравнение 2-х лесных наземных видов (*Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G.), собранных на одном участке зеленомошно-кустарничкового соснового леса площадью около 1 м², и 2 эпифитных вида (*Pylaisia polyantha* (Hedw.) B.S.G. и *Orthotrichum obtusifolium* Brid.), отобранные с коры старых тополей на участке площадью около 8-10 м². Все отобранные мхи произрастали на одинаковом удалении от дороги и располагались в одном районе, т.е. подвергались одинаковой антропогенной нагрузке. В целях статистической обработки из каждого образца наземных и эпифитных мхов изготовлено по 9-10 параллельных проб. В каждой пробе определено содержание до 22 химических элементов по долгоживущим изотопам с помощью нейтронно-активационного анализа.

Результаты и их анализ

Результаты анализа двух эпифитных мхов *Pylaisia polyantha* (Hedw.) B.S.G. и *Orthotrichum obtusifolium* Brid. с помощью метода сравнения рядов распределения по дисперсиям и средним представлены в таблицах 1,2 [5]. В таблице 1 жирным шрифтом выделены значения критерия Фишера, превышающие критическое, для тех химических

элементов выборки, концентрации которых значимо отличаются друг от друга.

Для элементов, у которых отношение дисперсий не превышает критическое значение коэффициента Фишера, проведено сравнение средних значений. В таблице 2 жирным шрифтом выделены значения критерия Стьюдента, превышающие критическое значение. Данный анализ показал, что лишь три элемента Th, Cs, Co не имеют значимого различия в сравниваемых дисперсиях и средних.

Таблица 1 - Отношение дисперсий, подсчитанное для разных видов мха (объем выборки n=9, критическое значение коэффициента Фишера F=5,4 при вероятности 0,95).

хим.эл-т	Sm	Mo	Ca	Br	As
F _{рас}	5,8	959,8	5,6	45,6	13,2
хим.эл-т	Cr	Ba	Th	Sr	Cs
F _{рас}	3,1	6,1	1,1	1,2	2,1
хим.эл-т	Fe	Zn	Sc	Co	Sb
F _{рас}	6,4	1,4	8,5	3,0	2,5
хим.эл-т	Na	La	Ni	Rb	
F _{рас}	2,6	1,3	1,7	13,9	

Таким образом, можно сделать вывод о неоднородности сравниваемых выборок, а именно о различии в аккумуляционных способностях различных видов эпифитных мхов по большинству химических элементов.

Для выявления эпифитного мха с большей аккумуляционной способностью провели ранжирование концентраций для двух видов мхов по всем исследуемым элементам. Сумма рангов для *Pylaisia polyantha* равна 30, а для *Orthotrichum obtusifolium* - 27, то есть примерно одинакова. Однако, накопительные способности *Pylaisia polyantha* относительно Sm, Mo, As, Na, La, Cr, Rb, Fe, Sc, Sb, Cs, Co превышают способности *Orthotrichum obtusifolium*, который аккумулирует больше такие элементы как Ca, Br, Th, Ba, Ni, Zn.

Таблица 2 - Сравнение средних значений концентраций элементов в различных видах мха (объем выборки n=9, критическое значение коэффициента Стьюдента t=3,25 при вероятности 0,95).

хим.эл-т	Na	La	Cr	Th	Sr
t _{рас}	6,0	5,1	23	0,3	4,1
хим.эл-т	Cs	Ni	Zn	Co	Sb
t _{рас}	1,6	11	31	1,7	8,6

Для сравнения концентраций химических элементов, накопленных эпифитными мхами и лесными наземными мхами, использовали ранжирование средних концентраций для двух эпифитных и двух наземных мхов (таб. 3). Видно, что эпифитные мхи накапливают и удерживают большее количество химических элементов, несмотря на

то, что лесные наземные мхи получают питание частично из почвы. Таким образом, преимущество использования эпифитных мхов в качестве биомониторов заключается не только в отсутствии влияния почвы на содержание химических элементов, но и в их высоких аккумуляционных способностях по сравнению с наземными лесными мхами.

Таблица 3 – Суммы рангов для эпифитных и лесных наземных видов мха.

Эпифитные мхи	<i>Pylaisia polyantha</i>	<i>Orthotrichum obtusifolium</i>
Сумма рангов	66	63
Лесные наземные мхи	<i>Pleurozium schreber</i>	<i>Hylocomium splendens</i>
Сумма рангов	34	27

Выводы

Преимущества использования для мониторинга атмосферы эпифитных мхов очевидны: появляется возможность более детального изучения загрязнения атмосферы промышленных центров и населенных пунктов (что практически не возможно при использовании лесных и болотных мхов). Возможно использование несколько видов эпифитного мха, так как их аккумуляционные способности примерно одинаковы. При использовании эпифитных мхов исключается влияние почвы, что обеспечивает высокую сравнимость полученных на разных территориях результатов.

Литература:

- Harmens H., N. David and participants of the moss survey. *Spatial and temporal trends in heavy metal accumulation in Europe (1990-2005)*. Bangor, Wales, Programme Coordination centre for the ICP Vegetation, Centre for Ecology and Hydrology, 51pp.
- Nikodemus O., Brümelis G., Tabors G., Lapina L., Pope S. Monitoring of air pollution in Latvia between 1990 and 2000 using moss // *Journal of Atmospheric Chemistry*. 2004. 521–531pp.
- Борисенко А.Л., Рыжакова Н.К., Меркулов В.Г. Вид *Pylaisia polyantha* (Hedw.) B.S.G. (пилезия многоцветковая) как объект экологического мониторинга загрязнения атмосферы // *Современная экология – наука XXI века: Материалы Международной научно-практической конференции (Рязань, 17-18 октября 2008 г.)*. – Рязань: РГУ, 2008. – С. 177-179.
- Tyler G. Bryophytes and heavy metals: a literature review // *Botanical journal of Linney society*. –1990. – Vol. 104. - № 1-3. – P. 231-253.
- Беус А.А., Грабовская Л.И., Тихонова Н.В. Геохимия окружающей среды. –М.: Недра, 1976.-248с.

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ УВЛАЖНЕННОСТИ МЕСТ ПРОИЗРАСТАНИЯ И ВРЕМЕНИ СБОРА СЫРЬЯ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОБРАЗЦАХ МХА ВИДА *S.FUSCUM*

Метляева С.Г., Рындюк К.Ю., ¹Ледюкова С.И.

Научный руководитель: Рыжакова Н.К., к.ф.-м.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

¹ Сибирский государственный медицинский университет

E-mail: smile_749@mail.ru

Необходимость изучения элементного состава лекарственных растений обусловлена тем, что физиологическое действие различных элементов зависит от их дозы. Особый интерес представляют ценные с медицинской точки зрения и, наоборот, опасные и токсичные для человека химические элементы. Целью данной работы является изучение влияния степени увлажненности мест произрастания и времени сбора сырья на содержание химических элементов в лекарственном сырье растительного происхождения.

В качестве объекта исследования использовали сфагновый мох вида *S.fuscum*, отобранный на болотных массивах на территории Томского района. Для исследования влияния степени увлажненности использовали мох, отобранный на болотном массиве в 100 км от Томска. По степени увлажнения болотные территории разделяют на: рям (относительно сухие условия), гряды (чуть более увлажнённые условия) и топь (наиболее влажные условия).

Для каждого образца мха было определено содержание 32 химических элементов: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Te, Ti, Tl, V, W, Zn.

Элементы определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС) в Научно-аналитическом центре ТПУ и нейтронно-активационным методом (НАА) на исследовательском реакторе ИРТ-Т.

Для оценки влияния степени увлажненности мест произрастания на содержание химических элементов проведено ранжирование концентраций в исследуемых образцах: минимальным концентрациям соответствует ранг 1, максимальным - 3, дробные ранги (1,5 и 2,5) – соответствуют одинаковым концентрациям.

На рисунке 1 представлены суммарные ранги для мест произрастания с разной степенью увлажненности. Из рисунка видно, что наибольшее количество жизненно-важных элементов находится в образце мха, отобранного в наиболее увлажненном месте (топь), а в образцах мха, собранного в условиях с минимальной и со средней степенью увлажненности количество эссенциальных элементов примерно одинаково. Содержание токсичных элементов максимально в образцах мха, отобранных в местах, характеризующихся наибольшей влажностью. Интерес представляет также обнаруженное в пробах растений серебро. Хотя серебро относят к

потенциально-токсичным и к потенциально-канцерогенным элементам, но вопрос о

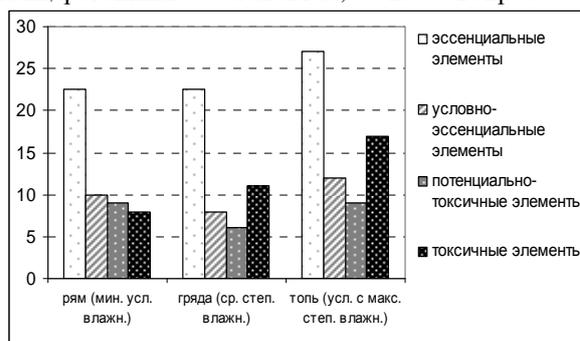


Рисунок 1. Сумма рангов эссенциальных, условно-эссенциальных, потенциально-токсичных и токсичных элементов в образцах мха вида *S. fuscum*, отобранных в местах с различной степенью увлажненности.

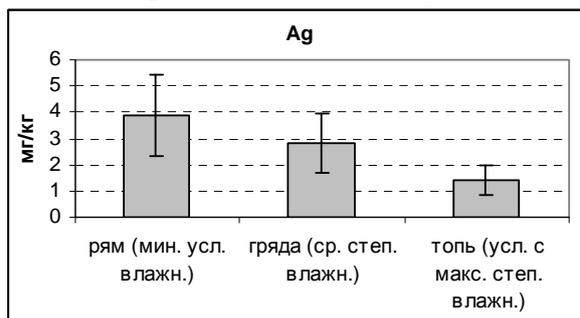


Рисунок 2. Гистограмма, иллюстрирующая концентрацию серебра в пробах мха вида *S. fuscum*, отобранных в местах с различной степенью увлажненности.

физиологической роли серебра изучен недостаточно. В медицине используется бактерицидное и вяжущее действие серебра. В настоящее время лекарства на основе серебра используют при эрозиях, язвах, избыточных грануляциях, трещинах, остром конъюнктивите, трахоме, хроническом гиперпластическом ларингите [1].

Исследования показали, что концентрация серебра, в отличие от других химических элементов, максимальна в пробе, отобранной в местах с минимальной влажностью (рям), и уменьшается по мере возрастания условий влажности (рисунок 2).

Некоторые исследования показывают, что содержание биологически активных веществ во мхах зависит от времени его сбора: больше всего их в растениях, собранных в июне, а меньше – в августе [2]. Интересно выяснить как влияет время сбора на содержание химических элементов в многолетних сфагновых мхах. Для этого был проведен анализ мха вида *S.fuscum*, отобранного в мае, июне, июле,

августе, сентябре и октябре 2008 г. в районе г. Томска на Чагинском болотном массиве.

Оценка влияния времени сбора мха на содержание химических элементов проведена методом ранжирования концентраций в исследуемых образцах. На рисунке 3 представлены суммарные ранги для каждого месяца. Из рисунка 3 видно, что по содержанию химических элементов из рассмотренных месяцев лидирует июнь. Для этого месяца характерны максимальные концентрации эссенциальных, условно-эссенциальных и токсичных элементов (классификацию химических элементов смотри в докладе Метляевой С.Г., Гориной Я.В., Рындюк К.Ю. «Влияние условий минерального питания на элементный состав лекарственных растений рода *Stellaria* и рода *Sphagnum*»).

Минимальное количество эссенциальных элементов обнаружено в пробе, собранной в октябре, условно-эссенциальных и потенциально-токсичных элементов – в пробах, собранных в мае и сентябре, а наименьшее количество токсичных элементов содержится в пробе, собранной в мае. На рис. 4. представлены концентрации серебра;

видно, что содержание этого элемента слабо зависит от времени сбора мха.

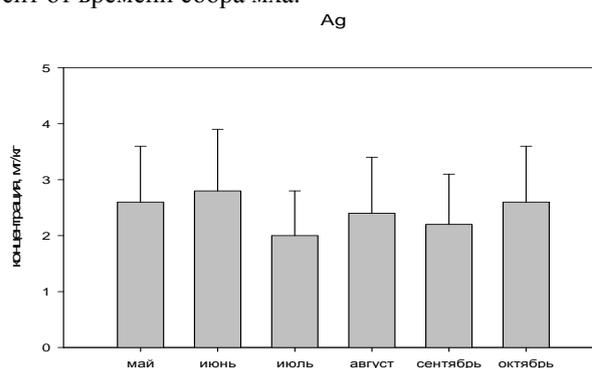


Рисунок 4. Концентрации серебра в образцах мха вида *S. fuscum*, собранных в разные месяцы.

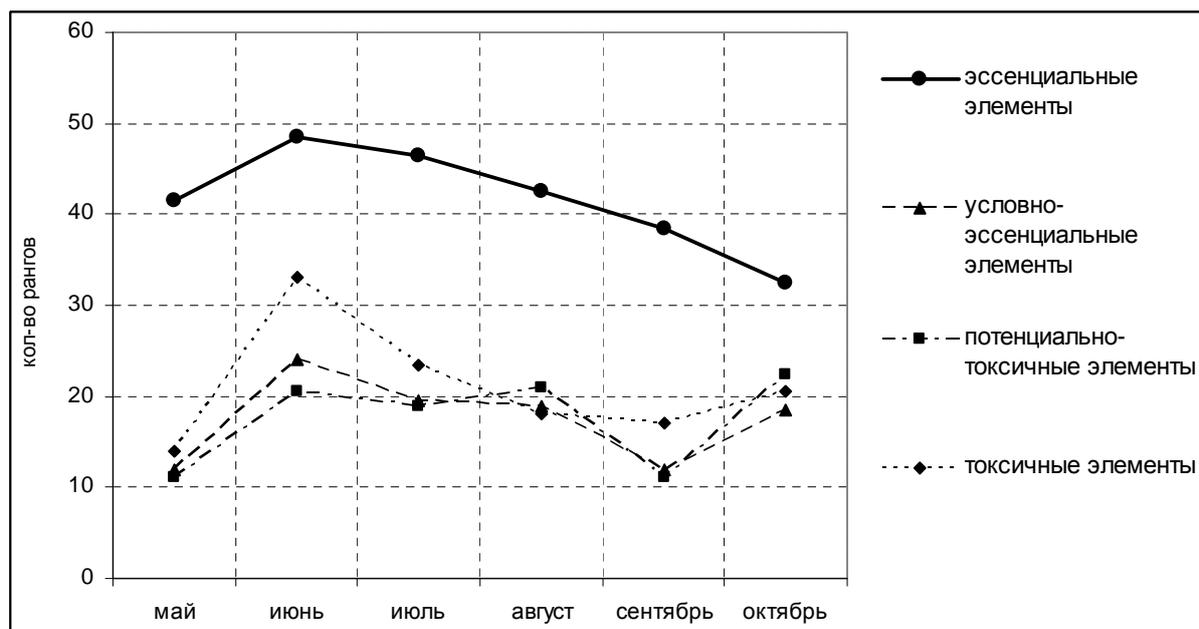


Рисунок 3 Изменение концентраций химических элементов в зависимости от месяца сбора мха вида *S. fuscum*

Список литературы.

1. Ловкова, М. Я. О возможности использования лекарственных растений для лечения и профилактики микроэлементозов и патологических состояний / М. Я. Ловкова, Г. Н. Дузук, С. М. Соколова, Л. Н. Деревяго // Микроэлементы в медицине. – 2005. – Т. 6, № 4. – С. 3-9.
2. Скальный А. В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. – М.: «Оникс 21 век»: Мир, 2004. – 272 с.
3. Бабешина Л.Г. Сфагновые мхи Томской области и перспективы их применения в медицине. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук, Томск 2002 г.
4. Бабешина Л.Г., Дмитрук В.Н., Дмитрук С.Е., Охотина Н.С., Корж А.Е. Экология сфагновых мхов Томской области и перспективы их использования в медицине, с.646-649.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ РОДА *STELLARIA* И РОДА *SPHAGNUM*

Метляева С.Г.,¹ Горина Я.В., Рындюк К.Ю.

Научный руководитель: Рыжакова Н.К., к.ф.-м.н., доцент.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

¹ Сибирский государственный медицинский университет

Хорошо известно, что протекание заболеваний существенным образом зависит от микро-элементного равновесия в организме человека. Для восполнения недостатка микроэлементов широко применяются минеральные соли, однако их усвоение не превышает 3-10 %. В растениях микроэлементы находятся в более доступной, органически связанной форме, что позволяет снизить дозы и избежать передозировку. Поэтому в настоящее время все большее количество лекарств изготавливаются из растительного сырья [1].

Объектами для исследования служили растения родов *Sphagnum* (сфагновый мох) сем. *Sphagnaceae* и *Stellaria media* (звездчатка средняя или мокрица) сем. *Caryophyllaceae*, которые известны как накопители комплекса минеральных веществ.

Литературные данные о биологической активности извлечений из растений рода *Sphagnum* и *Stellaria media* указывают на их многостороннее, комплексное действие на организм человека. *Stellaria media* применяется как противовоспалительное, болеутоляющее, антимикробное средство, а сфагновый мох известен как высокоэффективный перевязочный материал благодаря кровоостанавливающим и ранозаживляющим свойствам. Эти свойства мхов и мокрицы могут быть использованы при разработке новых высокоэффективных и малотоксичных лекарственных средств, что является актуальной проблемой современной фармации.

Несмотря на широкое применение сфагнов и мокрицы в народной медицине, в Российской Федерации ни один из видов до сих пор не является официальным. Информация о химическом составе данных растений носит фрагментарный, несистематизированный характер. Интерес к этим видам растений обусловлен еще и тем, что мох и мокрица являются представителями противоположных условий минерального питания (трофности): мхи являются олиготрофами – это растения, развивающиеся в среде с низкой концентрацией питательных веществ, а звездчатка – эфтроф, т.е. растение, которое нормально развивается только на почвах, богатых минеральными веществами.

Пробы мха и мокрицы отбирали на 7 территориях Западной, Восточной Сибири и Казахстана.

Содержание элементов определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС) в Научно-аналитическом центре ТПУ и нейтронно-активационным методом (НАА) на исследовательском реакторе ИРТ-Т. Эти методы позволяют измерять большое количество химических элементов, обладают высокой точностью и низкими пределами обнаружения.

Для каждого образца мха и мокрицы было определено содержание 32 химических элементов: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Te, Ti, Tl, V, W, Zn. Из них к макроэлементам (концентрация которых в организме превышает 0,01%) относятся Ca, K, Na, Mg; к микроэлементам (концентрация от 0,00001 до 0,01%) – Fe, Zn, Sr, Mo, Cu, Si, Mn, Al, Pb, Cd, B; к ультрамикроэлементам (концентрация которых ниже 0,000001%) – Se, Co, V, Cr, As, Ni, Li, Ba, Ti, Ag, Sn, Be, Bi, Sb.

По степени полезности для организма макро- и микроэлементы можно разбить на следующие группы: *эссенциальные* (жизненно-важные) элементы Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Se, Zn; *условно-эссенциальные* (жизненно-важные, но вредные в определенных дозах) элементы (B, Li, Ni, Si, V); *потенциально-токсичные элементы* (Ag, Sn, Sr, Te, Ti); *токсичные элементы* (Al, As, Ba, Cd, Pb, Sb).

Из всех определяемых химических элементов особый интерес представляют: 3 макроэлемента (Ca, K, Na), 4 микроэлемента (Cu, Fe, Mn, Zn) и 3 ультрамикроэлемента (Cr, Co, Se), относящихся к группе жизненно необходимых для человека [1,3]. Интерес кроме того представляет обнаруженное в пробах растений серебро. Хотя серебро относят к потенциально-токсичным и к потенциально-канцерогенным элементам, но вопрос о физиологической роли серебра изучен недостаточно. В медицине используется бактерицидное и вяжущее действие серебра. В настоящее время лекарства на основе серебра используют при эрозиях, язвах, избыточных грануляциях, трещинах, остром конъюнктивите, трахоме, хроническом гиперпластическом ларингите [3].

В таблице 1 представлены средние значения концентраций выделенных выше групп эссенциальных элементов (Ca, K, Na, Cu, Fe, Mn, Zn, Co,

Se, Cr) и Ag в пробах мха и мочкицы, а также суточная доза потребления этих элементов для человека.

Таблица 1 – Концентрации некоторых химических элементов в образцах мха и мочкицы

Элемент	Концентрация, мг/кг		Суточная доза потребления [4], мг/сут
	<i>Stellaria</i>	<i>Sphagnum</i>	
Ca	13000±3400	2300±700	1250
K	53000±21000	3100±1200	1000
Na	7100±1100	300±120	1600
Cu	8,70±1,70	4,80±1,00	1
Fe	1900±500	770±220	15
Mn	100±30	200±60	2
Zn	83±19	28±6	12
Co	1,10±0,30	0,60±0,20	0,01
Se	0,60±0,30	0,70±0,30	0,055
Cr	22±5	3,00±0,60	0,03
Ag	0,50±0,20	3,10±1,20	0,08

Из таблицы 1 видно, что концентрации Se в рассмотренных видах растений примерно одинаковы. В данном случае можно сделать вывод о том, что мочкица и мох обладают одинаковой способностью накапливать селен. Содержание других элементов (Ca, K, Na, Cu, Fe, Mn, Zn, Cr и Ag) в пробах мха и мочкицы существенно отличается. Концентрации большинства элементов, кроме Mn и Ag, в мочкице в несколько раз выше. Эти результаты можно объяснить тем, что мочкица получает лучшее минеральное питание (эфтроф), чем мхи (олиготроф). Содержание Mn и Ag выше в сфагнах, поэтому их можно рассматривать как накопители данных элементов.

В лекарственном сырье, как и в пищевых продуктах, необходимо строго контролировать концентрации особо токсичных элементов – As, Cd, Pb.

К сожалению, для лекарственного сырья растительного происхождения нет нормативов на содержание этих элементов. Поэтому сравним полученные концентрации токсичных элементов с предельно-допустимыми уровнями для пищевого продукта – чая (основанием для этого можно считать статью 34 Лесного кодекса РФ, которая относит дикорастущие лекарственные растения к пищевым лесным ресурсам).

На рисунке 1 представлены средние концентрации некоторых токсичных элементов в мочкице и мхах, а также установленные для них ПДК [2,3]. Из рисунка 1 видно, что концентрации мышьяка превышают допустимый уровень в 2

раза. Концентрации кадмия и свинца не превышают ПДК. Стоит отметить, что несмотря на различное минеральное питание рассмотренных растений, концентрации As и Cd в них примерно одинаковы. Однако содержание свинца в пробах мха почти в 2 раза превышает концентрацию этого элемента в пробах мочкицы. Поэтому можно сделать вывод о том, что содержание таких токсичных элементов, как As и Cd, не зависит от минерального питания растения. Но сфагны, которые являются многолетними растениями, имеют свойство накапливать в себе свинец, что является неблагоприятным свойством для лекарственного сырья.

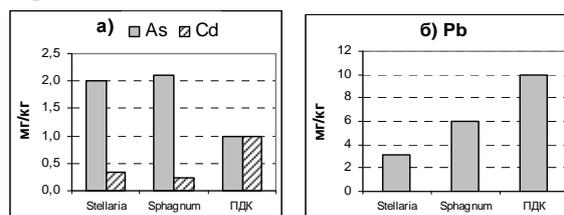


Рисунок 1 Концентрации токсичных элементов в пробах мха и мочкицы, а также установленные для этих элементов ПДК:

а) мышьяк и кадмий; б) свинец

Таким образом, условия минерального питания оказывают существенное влияние на концентрацию химических элементов в растениях. Содержание большинства химических элементов больше в растениях, произрастающих в условиях богатого минерального питания. Содержание Mn и Ag выше в растениях, развивающемся в условиях бедного минерального питания. Кроме того, в образцах обнаружен ряд химических элементов (Se, As, Cd), содержание которых в обоих видах растений примерно одинаково.

Список литературы:

1. Ловкова, М. Я. О возможности использования лекарственных растений для лечения и профилактики микроэлементозов и патологических состояний / М. Я. Ловкова, Г. Н. Дузук, С. М. Соколова, Л. Н. Дервяго // Микроэлементы в медицине. – 2005. – Т. 6, № 4. – С. 3-9.
2. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно – эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1078-1. – М.: ФГУП «ИнтерСЭН». – 2002. – 168с.
3. МУК 2.3.2.-03 «Пищевые продукты и пищевые добавки. Рекомендуемые физиологические нормы потребностей и адекватные уровни поступления с пищей микронутриентов и других минорных биологически активных компонентов пищи». Введены МЗ РФ с 01.08. 2003 г.

МОДЕЛЬ ПЕРЕНОСА РАДОНА, ТОРОНА И ПРОДУКТОВ ИХ РАСПАДА В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ

Санников Ф.А., Лужанчук Я.В.

Научный руководитель: Яковлева В.С. Вуколов А.В.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: manrik@sibmail.com

В моделях переноса радионуклидов внутри помещений учитывают процессы диффузии, радиоактивного распада и осаждения на различных поверхностях (deposition), иногда учитывают турбулентность атмосферы помещений введением коэффициента турбулентной диффузии, скорость воздухообмена помещения.

Процессы удаления радионуклидов из атмосферы характеризуются скоростью осаждения на различные поверхности, которая достаточно хорошо изучена для атмосферы жилых помещений и слабо – для атмосферы приземного слоя. Атмосфера приземного слоя и помещений различаются по многим характеристикам, в т.ч. разным составом и распределением аэрозольных частиц по размерам.

Характеристики переноса продуктов распада радона и торона в приземной атмосфере сильно зависят от их физического состояния (свободные или связанные, т.е. присоединенные к нерадиоактивным аэрозольным частицам) и заряда (ионы или нейтральные атомы), а также от состояния и изменчивости приземной атмосферы, литосферы и факторов космической погоды.

Математическая модель нестационарного переноса изотопов радона и продуктов их распада в атмосфере в направлении оси Z включает систему из 11 дифференциальных уравнений с непостоянными коэффициентами.

$$(1) \quad \left. \begin{aligned} (D_{M_i} + D_T(z)) \frac{\partial^2 A_i(z)}{\partial z^2} - \lambda_i A_i(z) &= 0; i = 1, 6 \\ (D_{M_i} + D_T(z)) \frac{\partial^2 A_i(z)}{\partial z^2} + \lambda_i A_{i-1}(z) - \lambda_i A_i(z) &= 0; i = 2-5, 7-11 \end{aligned} \right\}$$

с краевыми условиями

$$(D_{M_i} + D_T(0)) \frac{\partial A_i(0)}{\partial z} = P_i \quad \text{для} \quad i = 1, 6, \quad \text{и}$$

$$z \rightarrow \infty, A_i(\infty) = 0.$$

Здесь $A_i(z)$ – функция объемной активности i -го радионуклида, Бк м^{-3} , индексы $i = 1 - 5$ соответствуют радону и продуктам его распада, соответственно: ^{222}Rn , ^{218}Po (RaA), ^{214}Pb (RaB), ^{214}Bi (RaC) и ^{214}Po (RaC'); индексы $i = 6 - 11$ соответствуют торону и продуктам его распада, соответственно: ^{220}Rn , ^{216}Po (ThA), ^{212}Pb (ThB), ^{212}Bi (ThC), ^{212}Po (ThC') и ^{208}Tl (ThC''); P_i – плотность потока радона ($i = 1$) и торона ($i = 6$) с поверхности грунта, Бк $\text{м}^2 \text{с}^{-1}$; D_M и $D_T(z)$ – коэффициенты молекулярной диффузии и тур-

булентности атмосферы, которая является функцией координаты и времени, $\text{м}^2 \text{с}^{-1}$; λ_i – постоянная распада i -го радионуклида, с^{-1} .

В отличие от переноса в воздухе помещений здесь не учитывается скорость осаждения на поверхности.

В пакете "Matematica" была создана программа для решения модели (1) в стационарном случае с постоянными коэффициентами. Решения уравнений получены для различных значений коэффициента турбулентности атмосферы от $D_T = 0,1 \text{ м}^2 \text{с}^{-1}$ до $D_T = 0,001 \text{ м}^2 \text{с}^{-1}$. Результаты расчетов изменения объемной активности (ОА) радона и торона и их ДПР по высоте представлены на рисунках 1-4. Расчеты произведены для случая, когда источником атмосферного радона и торона является подстилающий грунт, представленный суглинками со средним содержанием радия-226 и тория-232 – 25 Бк/кг [1]. По диффузионной модели [2] были рассчитаны значения плотности потока радона и торона с поверхности суглинистого грунта, которые составили 10 и 1000 мБк $\text{м}^{-2} \text{с}^{-1}$, соответственно.

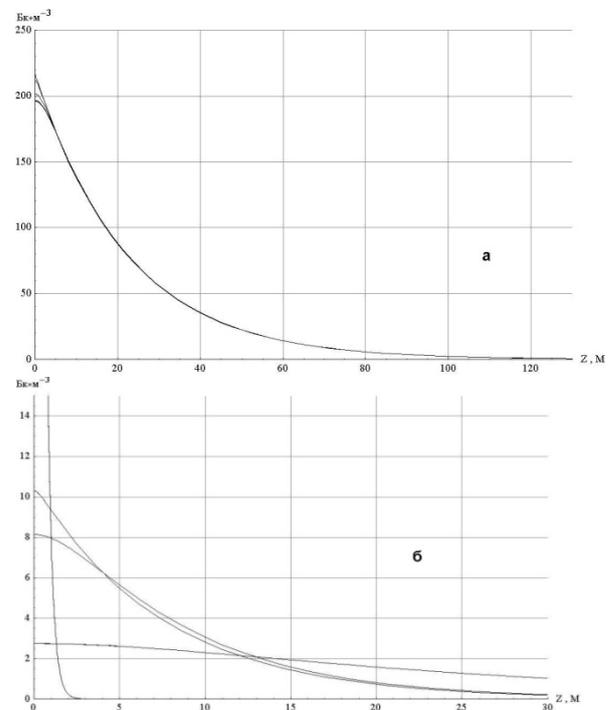


Рисунок 1 – зависимость объемной активности (Бк м^{-3} , ось абсцисс) от высоты (м, ось ординат) для радона и ДПР (а), торона и ДПР (б) при $D_T = 0,001 \text{ м}^2 \text{с}^{-1}$

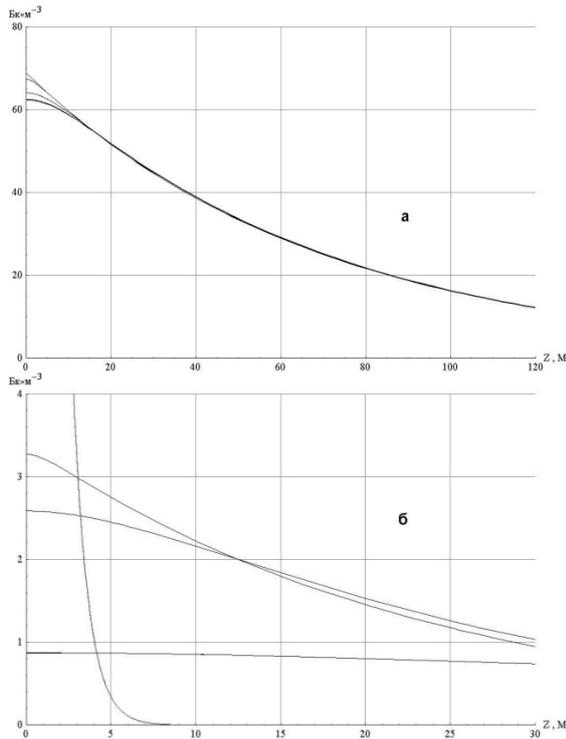


Рисунок 2 – зависимость объемной активности (Бк м³, ось абсцисс) от высоты (м, ось ординат) для радона и ДПР (а), торона и ДПР (б) при $D_T = 0,01$ м² с⁻¹

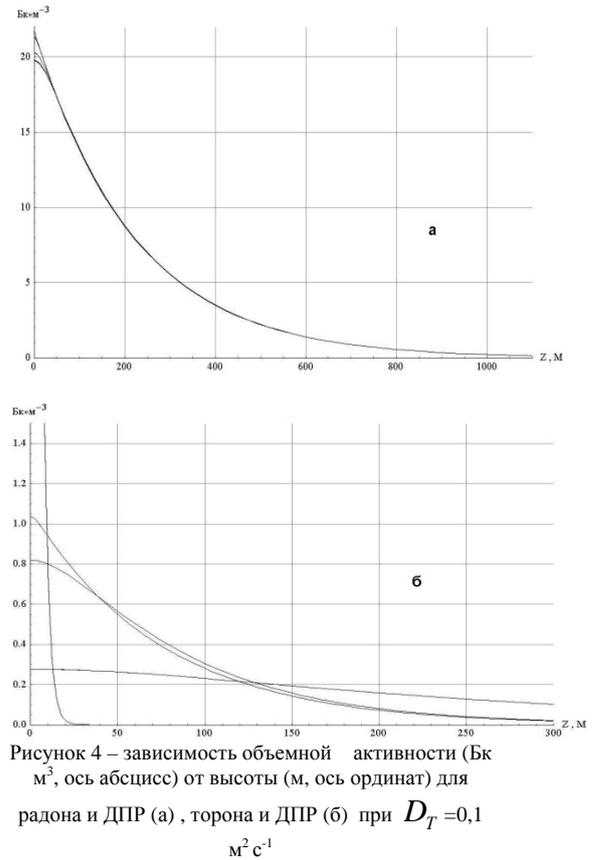


Рисунок 4 – зависимость объемной активности (Бк м³, ось абсцисс) от высоты (м, ось ординат) для радона и ДПР (а), торона и ДПР (б) при $D_T = 0,1$ м² с⁻¹

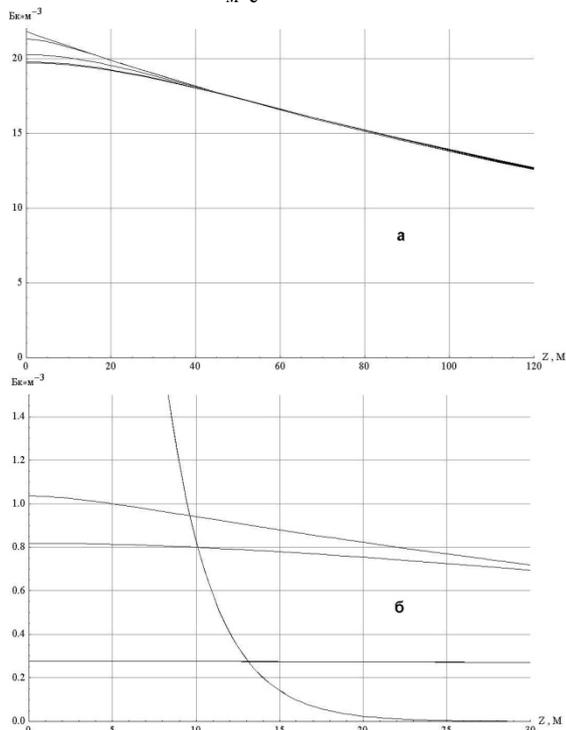


Рисунок 3 – зависимость объемной активности (Бк м³, ось абсцисс) от высоты (м, ось ординат) для радона и ДПР (а), торона и ДПР (б) при $D_T = 0,1$ м² с⁻¹

Из рисунков видно, что с ростом коэффициента турбулентной диффузии от $D_T = 0,001$ м² с⁻¹ до $D_T = 0,1$ м² с⁻¹ наблюдается переход от экспоненциальной к линейной зависимости до высоты 100 м для радона. Радон и его ДПР, а также ДПР торона при сильной турбулентности атмосферы может подниматься до высоты 1 км и более, в отличие от торона. Это связано с малым периодом жизни торона и первого продукта его распада. ОА торона на порядок снижается на первых 3-х метрах высоты. При снижении D_T менее 10^{-3} м² с⁻¹, наблюдаются высокие значения ОА радона и торона у поверхности земли (более 220 – 270 Бк м⁻³), что практически не наблюдается на территориях с грунтами, представленными суглинками, и в отсутствие урановых или ториевых аномалий.

Литература

1. Каратаев В.Д., Яковлева В.С., Эргашев Д.Э. Исследование радиоактивности объектов окружающей среды на территории Томской области // Изв. ВУЗов. Физика. 2000г. Том 43. № 4. С. 105-109.
2. Яковлева В.С. Диффузионно-адвективный перенос радона в многослойных геологических средах // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 315. – № 2. – С. 67-72.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ТОКА В УСТАНОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ

Козин К.А., Горюнов А.Г., Сачков С.А.

Научный руководитель: Козин К.А., ассистент кафедры ЭАФУ

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: kozin@phtd.tpu.ru

Полупроводниковый поликристаллический кремний является основным сырьевым материалом динамично-развивающегося рынка солнечной энергетики и силовой электроники.

В промышленном производстве наибольшее распространение получил метод парового осаждения (chemical vapour deposition, CVD) кремния в процессе водородного восстановления трихлорсилана (ТХС) – SiHCl_3 . Процесс проводят в реакторах проточного типа, в котором образующийся кремний осаждается на разогретых электрическим током кремниевых стержнях-основах. Обычно процесс восстановления хлорсиланов ведут при рабочих температурах стержней-подложек 1000–1200°C [1]

В процессе осаждения кремния увеличение площади поверхности стержня ведет к интенсификации процессов теплообмена и тем самым к росту тепловых потерь. Возникающий градиент температуры внутри стержня, вследствие теплообмена с паро-газовой средой, влечет невозможность поддержания необходимой температуры поверхности в течение всего времени технологического процесса и тем самым ограничивает максимальный получаемый диаметр стержней поликристаллического кремния (порядка 150 мм) [2].

Эффективным решением данной проблемы без включения конструктивных изменений в аппарат является использование высокочастотного переменного тока реализующего скин-эффект [2]. При этом происходит вытеснения тока к поверхности, что обеспечивает более высокую температуру поверхности по сравнению с традиционным нагревом постоянным током. В результате поддерживается высокая интегральная скорость осаждения кремния, что позволяет сократить время технологического процесса и тем самым существенно сократить энергозатраты и объемы исходных реагентов.

Существенные трудности аппаратной реализации источников тока синусоидальной формы требует рассмотрения возможности применения источников пульсирующего тока для реализации резистивного нагрева стержней.

В данной работе представлена математическая модель расчета радиального профиля температуры в стержнях при резистивном нагреве гармоническим и пульсирующим токами.

Для расчета радиального температурного профиля в стержнях был использован подход, предложенный в работе [3] для тока гармонической формы.

Дифференциальное уравнение теплопроводности с радиально распределенным источником тепла для стационарного случая имеет следующий вид:

$$\lambda(T) \cdot \left(\frac{\partial^2 T(r)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial T(r)}{\partial r} \right) + \lambda'(T) \cdot \frac{\partial T(r)}{\partial r} + \sigma(T) \cdot |E(r)|^2 = 0 \quad (1)$$

где $\lambda(T)$ – теплопроводность, Вт/(м К); $\sigma(T)$ – электропроводность, 1/(Ом м); $E(r)$ – напряженность электрического поля, В/м.

Граничные условия для дифференциального уравнения (1) определяются процессами остывания стержня вследствие теплообмена $Q_{конв}$, излучения $Q_{изл}$ и протекания эндотермической реакции водородного восстановления ТХС на поверхности кремниевый стержня $Q_{реак}$:

$$\begin{aligned} \frac{\partial T(r)}{\partial r} \Big|_{r=0} &= 0 \\ -\lambda(T(r)) \cdot \frac{\partial T(r)}{\partial r} \Big|_{r=R} &= \\ Q_{конв}(T(r)) + Q_{изл}(T(r)) + Q_{реак}(T(r)) \Big|_{r=R} \end{aligned} \quad (2)$$

где R – радиус стержня.

Приведя уравнения Максвелла к уравнению Гельмгольца и записав его в цилиндрических координатах, получим дифференциальное уравнение относительно $E(r)$ с граничными условиями:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 E(r)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial E(r)}{\partial r} + k^2(T, \omega) \cdot E(r) &= 0 \\ \frac{\partial E(r)}{\partial r} \Big|_{r=0} &= 0 \\ I_{нол} &= \int_s \sigma(T) \cdot E(r) dS \end{aligned} \quad (3)$$

где $k^2(T, \omega) = -j \cdot \mu \cdot \omega \cdot \sigma(T)$; $j = \sqrt{-1}$; μ – магнитная проницаемость

При совместном решении выражений (1) - (3) было получено распределение температуры по радиусу кремниевый стержня. Результаты представлены на рисунке 1. Некоторое расхождение с данными работы G. del Coso и др. [3] возможно связано с различием задания зависимости $\sigma(T)$.

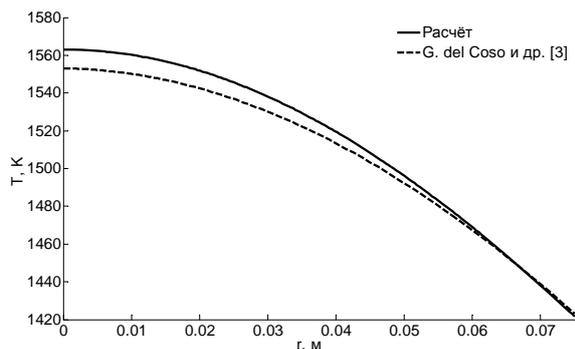


Рис. 1. Радиальный профиль температуры, величина действующего тока 1400 А

Как правило, силовые элементы преобразователей частоты работают в ключевом режиме, реализующем следующую форму тока $I(t)$:

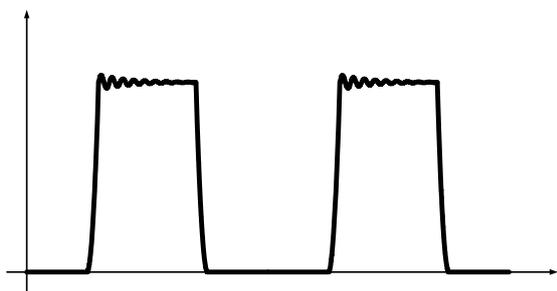


Рис. 2. Форма импульсов пульсирующего тока

Для использования вышеописанного подхода расчета радиального профиля температуры в стержне при нагреве пульсирующим током, предлагается разложить представленную форму тока в ряд Фурье для получения суперпозиции гармонических сигналов.

$$A_0 = \frac{2}{T} \int_0^T I(t) dt$$

$$A_n = \frac{2}{T} \int_0^T I(t) \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot n \cdot t}{T}\right) dt$$

Количество гармоник – n, используемое в дальнейших расчётах, определялось выражением:

$$\sqrt{\sum_{i=0}^n \left(\frac{A_i}{\sqrt{2}}\right)^2} = 0,99 \sqrt{\sum_{i=0}^{\infty} \left(\frac{A_i}{\sqrt{2}}\right)^2}$$

Для сравнения эффективности резистивного нагрева стержней гармоническим и пульсирующим токами были заданы равные величины: частота $f=10$ кГц и амплитуда тока 1500 А.

Результаты исследования влияния гармонического и пульсирующего тока на формирование радиального профиля температуры в стержнях установки производства поликристаллического кремния представлены на рисунке 3.

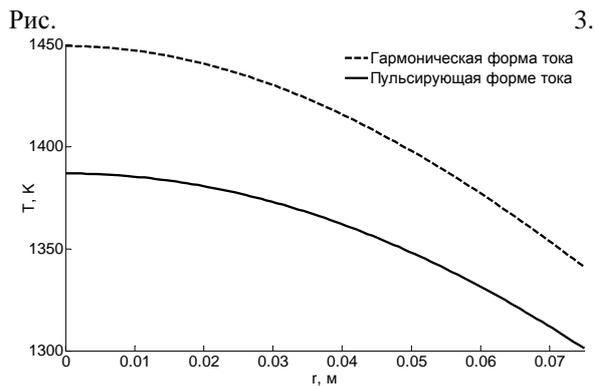


Рис. 3. Радиальный профиль температуры при нагреве пульсирующим и гармоническим токами

Как видно, при равной частоте и амплитуде нагрев стержней гармоническим и пульсирующим токами обеспечивают близкую температуру поверхности ($\Delta T(R) = 40$ К), при том, что реализация источника пульсирующего тока на современной элементной базе значительно проще и дешевле чем реализация гармонического.

Результаты исследования влияния длительности фронтов пульсирующего тока на формирование радиального профиля температуры представлены на рисунке 4.

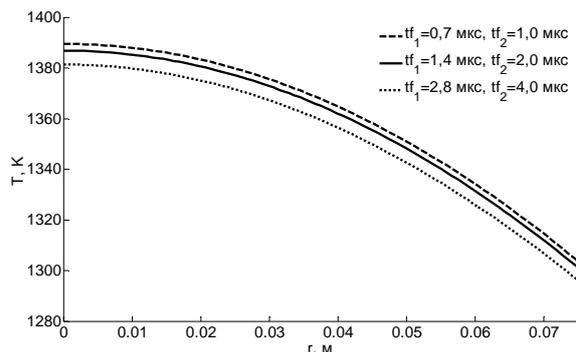


Рис.4 Радиальный профиль температуры при различной длительности фронтов пульсирующего тока, tf_1 и tf_2 – длительности левого и правого фронтов соответственно

Список литературы

1. Фалькевич Э.С, Пульнер Э.О., Червоний И.Ф. и др. Технология полупроводникового кремния – М.: Металлургия, 1992. – 408 с
2. Pat. 5976481 US, C 01 B 33/035. Polycrystal silicon rod and production process therefor / Junichi K., Hiroyuki O; appl. 20.01.98; publ. 02.11.99.
3. Temperature homogeneity of polysilicon rods in a Siemens reactor. G. del Coso, I. Tobiras, C. Canizo, A. Luque/ Journal of Crystal Growth 299 (2007) 165–170.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА НАКЛОНА ТРЕЩИНЫ В РАСТЯНУТОЙ ЗОНЕ БАЛКИ НА НАПРЯЖЁННОЕ СОСТОЯНИЕ

Троценко К.В.

Научный руководитель: Табанохова М.В., к.т.н., доцент
Новосибирский государственный архитектурно–строительный университет (Сибстрин),
630008, Россия, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113
E-mail: Che.kt@mail.ru

Аннотация. Данные исследования являются продолжением работы [1], в которой изучалось распределение напряжений в балке, имеющей вертикальную трещину в растянутой зоне, с учётом влияния усиливающего слоя из углепластика. В настоящей работе исследовано напряжённое состояние моделей балок с пропилами, моделирующими вертикальную и наклонную трещины.

Цель работы. Модельное изучение полей напряжений в балках при наличии вертикальных и наклонных трещин. Оценка влияния усиливающего слоя на снижение напряжений в элементах конструкций с трещинами, исследование концентрации напряжений вблизи вершин вертикальных и наклонных трещин.

Техника эксперимента. Использован поляризационно-оптический метод исследования напряжений. Из пьезооптического материала изготовлены три балки, а именно: модель балки без трещины, образцы с трещиной-пропилем на вертикальной оси симметрии и с трещиной-пропилем под углом 45° к вертикальной оси симметрии (глубина пропилов в том и другом случае составила 6мм). Балки имеют следующие размеры: длина 80мм, высота 18мм, толщина 5мм. Испытания выполнены при чистом и трёхточечном изгибе. Затем на нижний контур этих образцов нанесён слой углепластика, и проведён аналогичный эксперимент.

Результаты эксперимента. С помощью метода фотоупругости получены картины полос интерференции в моделях балки при чистом (рис. 1 и рис. 3) и трёхточечном (рис. 2 и рис. 4) изгибе. Цифры на фотографиях 1, 2, 3,...- это порядки интерференционных полос. Картины полос интерференции представляют собой поля максимальных в плоскости касательных напряжений.

На рис. 1 приведены фрагменты картин полос интерференции в образцах без трещин при чистом изгибе. Порядок полосы на нижнем контуре балки без углепластика составил 2 (рис. 1 а), а порядок полосы в растянутой зоне модели балки с усиливающим слоем меньше в два раза (рис. 1б). Введение углепластика привело к значительному снижению напряжений, а именно, уменьшилось на 53% в сравнении с напряжением в модели балки без усиливающего слоя.

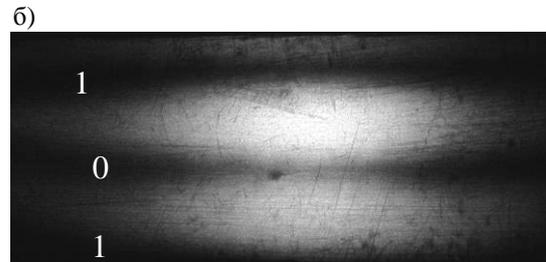
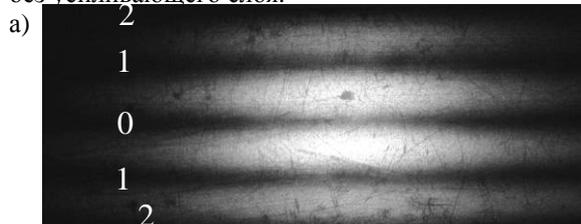


Рис. 1. Картины полос интерференции при чистом изгибе: а) модель балки без углепластика, б) модель балки с углепластиком

На рис. 2 представлены фотографии картин полос интерференции при трёхточечном изгибе для балки без углепластика (рис. 2а) и для образца с подкрепляющим слоем (рис. 2б). Это позволяет увидеть изменение поля напряжений, возникающего в модели при введении усиливающего слоя.

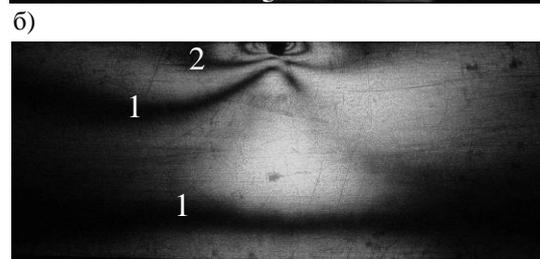
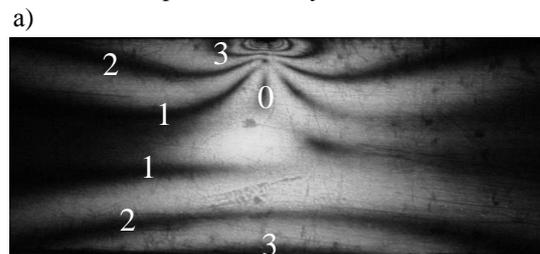
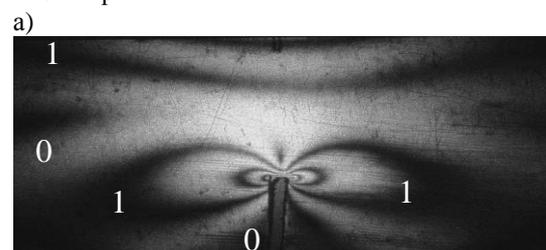


Рис. 2. Картины полос интерференции при трёхточечном изгибе: а) модель балки без углепластика, б) модель балки с углепластиком

При трёхточечном изгибе (рис. 2) отличие между напряжениями на контуре модели в растянутой зоне существенно, разница составляет 55%, т.е. введение усиливающего слоя привело к снижению напряжений.



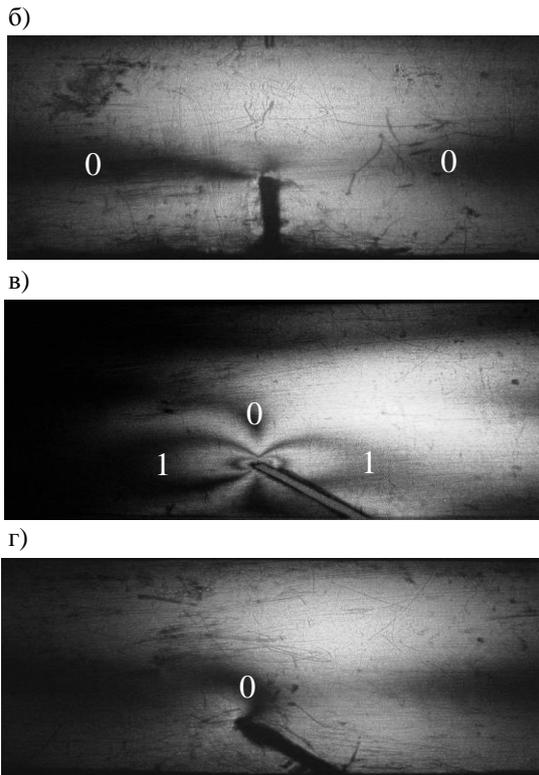


Рис. 3. Картины полос интерференции при чистом изгибе. Модель балки с пропилом на вертикальной оси симметрии: а) без углепластика, б) с углепластиком. Модель балки с наклонным пропилом: в) без углепластика, г) с углепластиком

На рис. 3 приведены картины полос интерференции, полученные при чистом изгибе, а на рис. 4 – при трёхточечном. Анализ полей напряжений показывает, что концентрация напряжений у вершины наклонной трещины ниже, чем при той же нагрузке вблизи вертикального пропила. На фотографиях видно резкое снижение количества полос при усилении моделей углепластиком. При чистом изгибе у вершины трещины-пропила на вертикальной оси симметрии при введении углепластика напряжение снизилось на 93%, а при трёхточечном - на 88%. Вблизи вершины наклонной трещины с усилением падение напряжения составило при чистом изгибе 80%, а в случае трёхточечного - 84%.

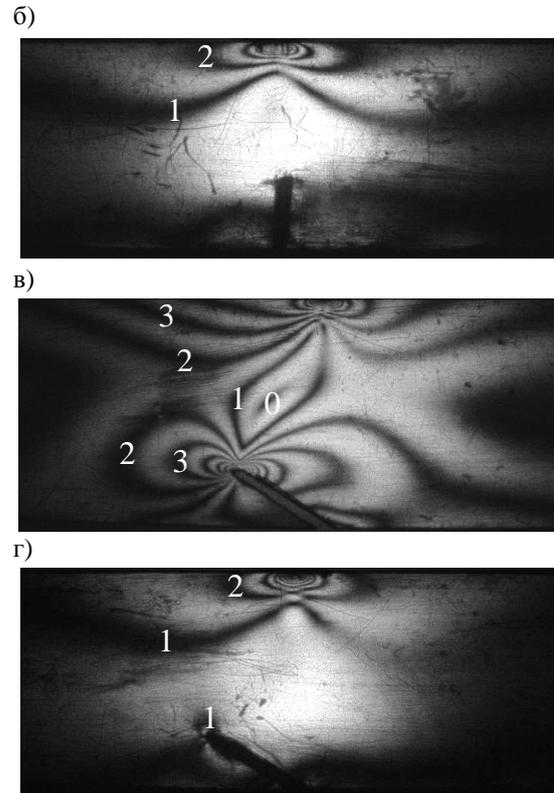
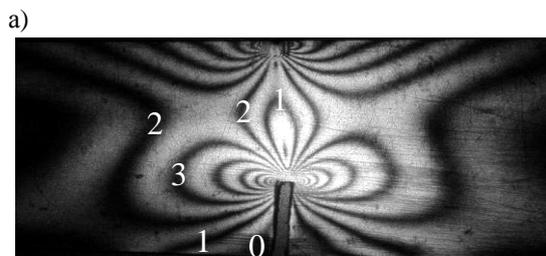


Рис. 4. Картины полос интерференции при трёхточечном изгибе. Модель балки с пропилом на вертикальной оси симметрии: а) без углепластика, б) с углепластиком. Модель балки с наклонным пропилом: в) без углепластика, г) с углепластиком

Выводы. При чистом и трёхточечном изгибе наклонная трещина, как геометрический концентратор напряжений, менее опасна, чем вертикальная. Введение усиливающего слоя позволяет снизить напряжения по всему полю модели и резко уменьшить концентрацию напряжений у вершины трещины.

Литература

1. Рыговская Ю.С. Модельное исследование напряжённого состояния балок с усиливающим слоем / Ю.С. Рыговская, К.В. Троценко, М.М. Щученко // Труды XV Международной научно-практической конференции студентов и молодых учёных «Современные техника и технологии». Том 3. - 2009. С. 128 - 130.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ВОДНЫХ СТРУКТУР

Уляхина Д.А.

Научный руководитель: Еремина В.В., к.ф.-м.н., доцент
Амурский государственный университет, 675028, Россия, Амурская обл., г.Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 21

E-mail: Andreyasha@mail.ru

Вода является самым загадочным веществом на Земле. Она не подчиняется некоторым законам физики и химии, обладая так называемыми аномальными свойствами, природу которых многие исследователи объясняют наличием водородных связей между атомами водорода и кислорода. Эти связи достаточно быстро разрушаются и так же быстро восстанавливаются, что благоприятствует возникновению своеобразных ассоциатов воды.

Современные научные теории утверждают, что молекулы воды обладают уникальным свойством объединяться в кластеры $(H_2O)_x$ за счет возникновения водородных связей. Однако, учитывая тот факт, что время существования любых молекулярных связок, существующих в жидкой воде, как правило, не превышает 10^{-11} секунд, возможности реального наблюдения молекулярных ассоциатов ограничены, поэтому все их существующие модели, включая и рассматриваемые, являются гипотетическими.

Как отмечено в работе [1], водные ансамбли могут иметь самую разную форму, как пространственную, так и двухмерную (в виде кольцевых структур).

Однако, учитывая, что каждая из молекул воды может быть одновременно, как донором пары водородных связей, так и акцептором еще двух таких же связей, а также беря во внимание тот факт, что акцепторные связи жестко связаны с ориентацией их донорных аналогов, образуя совместно четверку водородных связей, направленных к вершинам правильного тетраэдра, можно сделать вывод, что наиболее естественный молекулярный конгломерат воды, представляющий собой ее малый клатрат с максимально завершенной, т.е. симметричной формой, может быть представлен в виде тетраэдра, содержащего связанные между собой водородными связями четыре (простой тетраэдр) или пять молекул H_2O (объемно-центрированный тетраэдр).

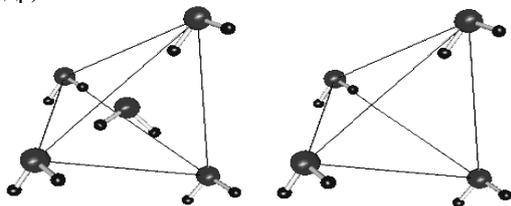


Рисунок 1 – Модель клатрата воды в виде объемно-центрированного и простого тетраэдра

Тот факт, что тетраэдр весьма органично вписывается в другой многогранник – куб, позволяет с достаточно высокой степенью приближения рассматривать в качестве трех мерной модели молекулы воды также гексаэдр. При этом центральная молекула расположится на пересечении его диагоналей, а пары присоединенных к ней молекул разместятся в противоположных вершинах двух противлежащих граней.

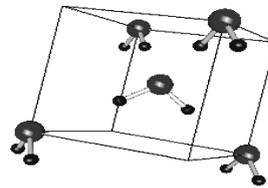


Рисунок 2 – Модель клатрата воды в виде гексаэдра

Возможность интерпретировать конфигурацию молекул воды в виде гексаэдрической модели оказалась наиболее благоприятной для нахождения собственных дипольных моментов всех пяти молекул, формирующих ассоциат, которые, как выяснилось, будут сонаправленными.

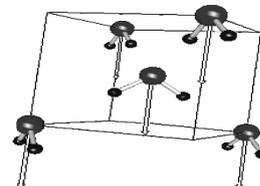


Рисунок 3 – Суммарный дипольный момент клатрата воды в виде гексаэдра

Принимая во внимание объективную целесообразность минимального искривления водородных связей, образованных между молекулами H_2O , становится очевидным, что наиболее естественной формой водного кластера является его конфигурация в виде додекаэдра, вершины которого заняты двадцатью молекулами. При этом разбираемая конфигурация обеспечивает наименьшее напряжение образуемых водородных связей, потому что гранями названного многогранника служат правильные пятиугольники с углами при вершинах, равными 108° .

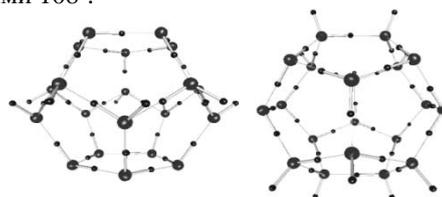


Рисунок 4 – Возможные конфигурации двадцати молекулярного додекаэдрического кластера воды

Проследивая взаимосвязь между визуальными моделями водных ассоциатов и так называемыми платоновыми телами (тетраэдр, додекаэдр, икосаэдр), авторы работы предложили также структуру воды, в основе которой лежит икосаэдр.

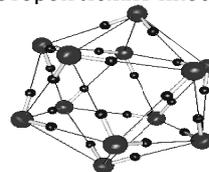


Рисунок 5 – Структура воды в форме икосаэдра

Для кластера воды в форме икосаэдра, как и для додекаэдрического кластера, имеет место наличие для каждой из молекул, составляющих клатрат, симметричной молекулы с противоположно направленным собственным дипольным моментом, что говорит о равенстве нулю векторной суммы электрических моментов молекул H_2O , формирующих водный ассоциат.

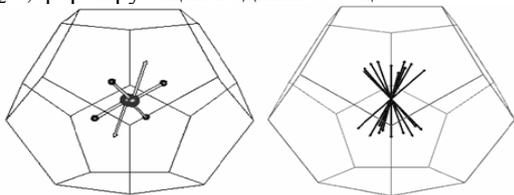


Рисунок 6 – Пример симметричных молекул и суммарный дипольный момент додекаэдрического кластера

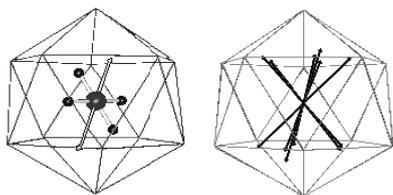


Рисунок 7 – Пример симметричных молекул и суммарный дипольный момент кластера воды в форме икосаэдра

Несмотря на то, что представленные выше модели описывают отличающиеся по своей геометрии ассоциаты, все они постулируют, что молекулы воды способны объединяться, и изучение строения этих образующихся водных структур оказывается довольно сложной задачей, поскольку самая обыкновенная вода, находящаяся в своем натуральном состоянии, представляет собой некоторую смесь ее мономерных молекул с их клатратными соединениями, которые находятся в равновесии между собой. Сталкиваясь друг с другом, они переходят один в другой, разлагаются и вновь образуются.

Именно поэтому, учитывая трудность представления описанных выше моделей водных структур, авторами был разработан специализированный программный продукт, который позволяет не только визуализировать расположение молекул воды в клатрате определенной структуры, а именно в вершинах тетраэдра, додекаэдра и икосаэдра, но и автоматизировать расчет векторной суммы электрических моментов молекул, образующих исследуемый ассоциат, а также по желанию пользователя выводить дополнительные элементы, например электронные оболочки или водородные связи.

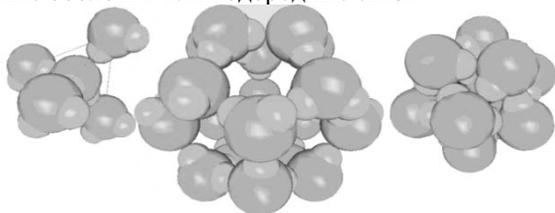


Рисунок 8 – Вывод электронных оболочек клатратов воды в форме тетраэдра, додекаэдра и икосаэдра

Вывод положений химических связей О–Н оказывается удобным для демонстрации вакан-

тов, которые могут быть использованы кислородом при образовании водородных связей.

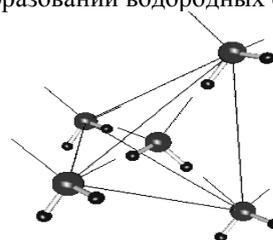


Рисунок 9 – Пример вывода дополнительных водородных связей для тетраэдрического конгломерата

Следует отметить, что построение визуальных моделей рассматриваемых конфигураций водных структур вызывает существенную трудность для исследователя, обладающего даже сильно развитым пространственным воображением. Поэтому, для устранения возникшего затруднения была предусмотрена анимация формирования клатратов воды различного вида.

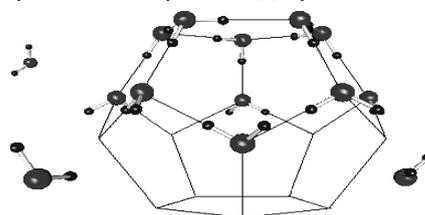


Рисунок 10 – Пример анимации построения визуальной модели додекаэдрического кластера

В заключение отметим, что визуальные модели молекулярных ансамблей воды, полученные с помощью авторского программного продукта [5], являются не более чем теоретическими моделями, позволяющими объяснить некоторые аномальные свойства воды.

Литература

1. Еремина В.В. Имитационные модели релаксационной поляризации воды. I. // Информатика и системы управления. – 2008. – № 1(15). – С. 38-45.
2. Еремина В.В. Имитационные модели релаксационной поляризации воды. II. // Информатика и системы управления. – 2008. – № 3(17). – С. 34-40.
3. Еремина В.В. Имитационные модели релаксационной поляризации воды. III. // Информатика и системы управления. – 2008. – № 4(18). – С. 36-48.
4. Еремина В.В., Еремин И.Е., Квашнин В.И. Компьютерное моделирование поляризации додекаэдрического кластера воды // Вестник Амурского государственного университета. – 2007. – В.37. – Сер. Естественные и экономические науки. – С. 45-48.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009610878 (РФ). Пакет прикладных программ имитационного моделирования широкодиапазонных оптических спектров воды / Еремина В.В., Уляхина Д.А.

КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССОВ ВЗРЫВНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ АТМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЛАЗЕРНЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

Чуркин М.Б., Нестеренко К.А., Ципилев В.П.

Научный руководитель Ципилев В.П., д.ф.-м.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр.Ленина 30
E-mail: nka_konstantin86@mail2000.ru

К настоящему моменту кинетика взрывного разложения азидов тяжелых металлов (АТМ) подробно исследована в работе [1], где воздействие осуществляется лазерным импульсом на длине волны $\lambda_0=1064$ нм (область прозрачности взрывчатых веществ (ВВ)).

На основании данных по синхронной регистрации взрывного свечения и акустического импульса. Сделан вывод о тепловой природе взрыва АТМ при действии ЛИ. Принято считать, что в прозрачном ВВ энергия лазерного излучения локализуется на поглощающих микронеоднородностях малого (10^{-5} см) размера, формирующих тепловые очаги, развивающиеся в очаги взрывного разложения. В работе [2] показано, что формирование даже одиночного очага достаточно для возбуждения взрыва, если очаг обладает достаточным запасом тепла.

Однако, исследование [1] проводилось при воздействии ЛИ на свободную поверхность образца. Вместе с тем в работах [3] обнаружено существенное влияние состояния поверхности на пороги и кинетику развития взрыва, что связывается с наличием (для открытых) и отсутствием (для закрытых) интенсивной газодинамической разгрузки с поверхности.

Показано, что в области собственного поглощения взрывное разложение происходит в тонком приповерхностном слое, поэтому состояние поверхности может оказывать существенное влияние на развитие очага. В условиях, когда поверхность закрыта с давлением прижатия, превышающем давление в очаге, газодинамическая разгрузка исключается и энергетический порог инициирования (ЭПИ) резко снижается.

Поскольку кинетические характеристики очевидно связаны с механизмом развития взрыва, то их исследование, в выше перечисленных условиях, может дать дополнительную информацию о процессах, определяющих развитие взрыва в ВВ при лазерном воздействии.

В этой связи представляет интерес рассмотрение кинетики взрывного разложения АТМ как в области прозрачности, так и в области собственного поглощения в идентичных условиях эксперимента.

В данной работе проведен анализ кинетики взрывного разложения АТМ с открытой и закрытой поверхностями для области прозрачности и области собственного поглощения. В качестве источника возбуждения использовались основная ($\lambda=1064$ нм) и четвертая гармоники ($\lambda=266$ нм) Nd : YAG- лазера. В качестве образцов использо-

вались нитевидные кристаллы (НК) и пластинчатые кристаллы (ПК) АТМ.

Кинетики взрывного разложения НК в области прозрачности ($\lambda=1064$ нм) АТМ с открытой поверхности (рис.1,а) получена в условиях: образец $S\approx 1.1$ мм² устанавливали на входной электрод пьезо - датчика толщиной 100мкм. При этом акустическая задержка составляла 15 нс. Кинетики взрывного разложения НК АТМ с закрытой поверхностью (рис.1,б) получена в условиях: образец $S\approx 1.4$ мм² установился на стеклянную подложку толщиной 5 мм, расположенную на входном электроде датчика толщиной 3мм. При этом акустическая задержка составляла 1360нс. При поджатии образца использовалось кварцевая пластина толщиной 10 мм, давление сжатия $P_{сж} \approx 7000$ кгс/см². Диаметр лазерного пучка на поверхности образца формировался проекционным объективом и составлял 1 мм.

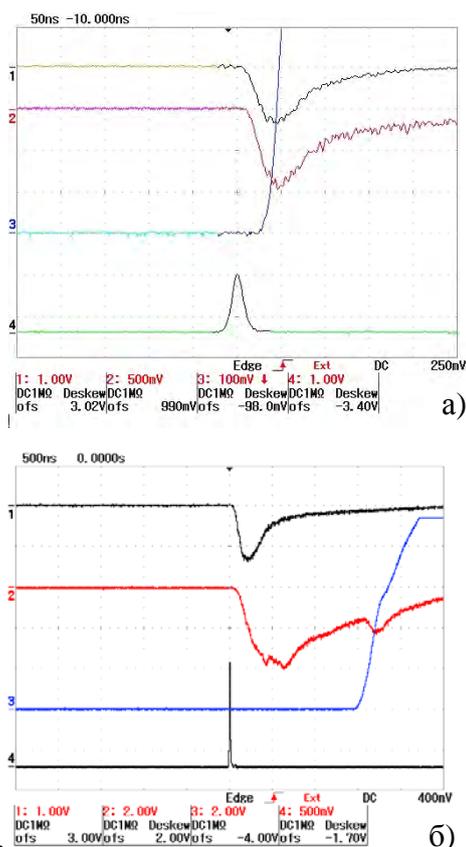


Рис.1. Кинетика взрывного разложения нитевидного кристалла азида серебра: а – с открытой поверхностью, б – при сильном прижатии образца. 1- сигнал из зоны воздействия лазерного импульса, 2- сигнал панорамного ФЭУ, 3-сигнал акустиче-

ского датчика, 4- положение и форма лазерного импульса.

Прижатие поверхности образца к кварцевой пластине не привело к существенному изменению ЭПИ нитевидных кристаллов. Возможно, это связано с тем, что реакционно-способные тепловые очаги расположены глубоко в объеме прозрачного ВВ и состояние поверхности не оказывает существенного влияния на их развитие.

Из анализа кинетики следует, что длительность взрывного разложения при инициировании НК не превышает 200 нс для открытой поверхности, в случае же прикрытой поверхности эта величина составляет порядка 2 мкс. Акустический импульс (с пересчетом на акустическую задержку) появляется почти одновременно с возникновением вспышки взрывного свечения. Такое поведение указывает на тепловой характер взрывного разложения.

Кинетики взрывного разложения ПК в области собственного поглощения ($\lambda=266$ нм) АТМ с открытой поверхности (рис.2, а) получена в условиях: образец $S \approx 4$ мм² устанавливали на фольгу. Кинетики взрывного разложения ПК АТМ с закрытой поверхностью (рис.2, б) получена в условиях: образец $S \approx 0,6$ мм² установился на фольгу, образец поджимался кварцевой пластиной, давление сжатия $P_{сж} \approx 6000$ кгс/см². Диаметр лазерного пучка на поверхности образца формировался проекционным объективом и составлял 1 мм.

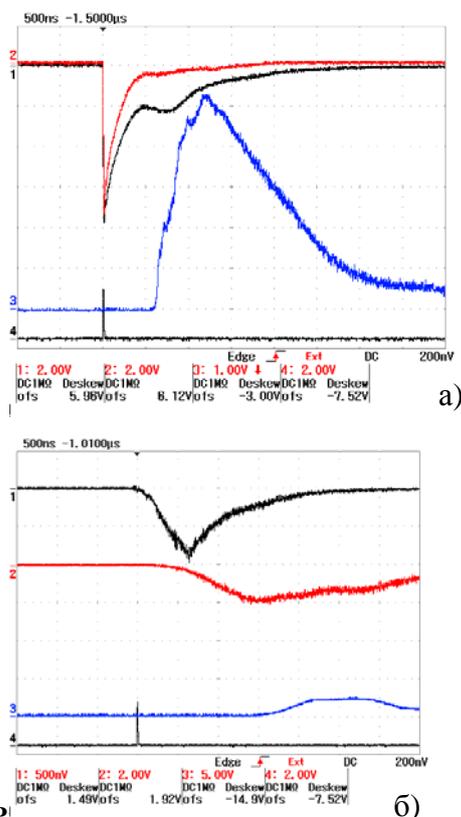


Рис.2. Кинетика взрывного разложения пластинчатого кристалла азидов серебра: а – с открытой поверхностью, б – при сильном прижатии образца. 1- сигнал из зоны воздействия лазерного импульса, 2- сигнал панорамного ФЭУ, 3- сигнал акустического датчика, 4- положение и форма лазерного импульса.

На зонном канале наблюдается вспышка свечения, совпадающая с временным положением ЛИ, которое вероятно является сигналом люминесценции или сигналом оптического пробоя.

В случае прижатого образца ЭПИ уменьшается, а также сильно изменяется кинетика взрывного разложения. В этом случае сигнал люминесценции отсутствует, что, по-видимому, связано с нелинейной зависимостью амплитуды предвзрывного свечения от уровня лазерного воздействия, а именно, более резкое ее падение с уменьшением порога.

Такое поведение показывает на то, что предвзрывное свечение (первый пик свечения на осциллограмме рис.2,а) возникает в результате оптического пробоя в приповерхностном слое ВВ.

Обращает на себя внимание тот факт, что в области прозрачности и в области собственного поглощения прижатие поверхности приводит к увеличению длительности взрывного свечения. В рамках тепловой модели инициирования это можно объяснить возрастанием характеристического времени разлета (расширение) плазмы в последнем случае.

Выводы:

1. Прикрытие облучаемой поверхности прозрачной плотно прижатой подложкой при инициировании в области прозрачности приводит к изменению кинетики взрывного разложения, но не изменяет ЭПИ.

2. В области собственного поглощения закрытие поверхности приводит к резкому изменению энергетических и кинетических характеристик инициирования.

3. Полученные результаты могут быть объяснены с позиции тепловой очаговой модели инициирования, в частности, различие в поведении ВВ в области прозрачности и в области собственного поглощения можно объяснить различиями в структуре формируемых лазерным излучением очагов.

Список литературы

1. Корепанов В.И., Лисицын В.М., Олешко В.И., Ципилев В.П. К вопросу о кинетике и механизме взрывного разложения азидов тяжелых металлов//Журнал ФГВ, №1, 2006, с. 106-119.
2. Буркина Р.С., Морозова Е.Ю., Ципилев В.П. О роли поглощающих включений различных размеров в процессе инициирования АТМ лазерным импульсом//Тезисы докладов XIV симпозиума по горению и взрыву- Черноголовка: Изд. ИФПМ РАН, 2008, с.232.
3. Ципилев В.П., Лисицын В.М., Дамам Ж., Малис Д.. Инициирование азидов тяжелых металлов лазерным импульсом в УФ – области спектра// Известие вузов. Физика – 2009 - №8/2, с.320-323.

СЕКЦИЯ 9

КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Ананина А.А.

Научный руководитель: Бориков В.Н., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: ananina@tdsk.tomsk.ru

Введение

В стандартах ISO серии 9000 одним из основных инструментов совершенствования деятельности организации в области качества является измерение результативности действующей системы менеджмента качества (СМК). Однако в стандартах при декларации данного принципа не предлагается определенного механизма комплексной оценки результативности СМК. Поэтому вопросы, связанные с проблемой адекватной и объективной оценки, а также последующего анализа результативности СМК приобретают вид задачи как теоретической, так и практической значимости.

Описательный метод, который применяется, как правило, для оценки, не позволяет отслеживать все изменения СМК, следовательно, часть информации теряется, и результаты оценки не могут быть учтены для дальнейшего анализа.

В Томской домостроительной Компании, в состав которой входят дочерние общества и где каждое из обществ является частью единого технологического комплекса по созданию домов, разработана методика, позволяющая систематически оценивать результативность СМК каждого общества и проанализировав полученные результаты, оценить результативность всей системы Компании (*P*).

Методика оценки результативности СМК

Оценка результативности СМК Компании по данной методике осуществляется на протяжении трех лет. Она позволяет отслеживать динамику изменения результативности по годам и сравнивать результативность СМК дочерних обществ между собой.

Оценка результативности рассчитывается по бальной шкале. Максимальная оценка – 100 баллов, минимальная – 0.

Экспертным путем определена градация оценки результативности СМК (*P*) в зависимости от полученного значения:

- *P* от 0 баллов до 35 баллов - СМК не результативна;
- *P* от 36 баллов до 45 баллов - низкий уровень результативности СМК;
- *P* от 45 баллов до 60 баллов - средний уровень результативности СМК;
- *P* от 61 баллов до 85 баллов - СМК результативна;

- *P* от 86 баллов до 100 баллов - высокий уровень результативности СМК.

На рисунке 1 представлена информация о результативности СМК Компании за 2009 год. Накопленный опыт позволяет сравнивать результативность с фактическим состоянием и с идеальным — нормативно установленным, т.е. оценить пройденный путь и тот, который осталось пройти до идеала.

Планируемая результативность СМК в Компании в 2009г-70 баллов						
Фактическая результативность СМК в Компании в 2009г-66 баллов						
Идеальное состояние -100 баллов						
Результаты оценки удовлетворенности потребителей	Результаты Аудиты	Результаты Мониторинга процессов	Результаты Оценки качества продукции	Результаты Выполнения Плана по качеству	Статус мероприятий по улучшению	Итого
+1-30	+1-10	+1-15	+1-20	+1-15	+1-10	
+10	+7,7	+10,9	+17,8	+12,81	+6,78	66
+12	+6,5	+8,9	+15,0	+10,81	+6,78	60
+8,5	-3,3	+10	+13,0	+7,0	+4,8	45
						год

Рис.1 Результативность СМК Компании за 2009 год.

За результативность СМК в целом принимается сумма взвешенных показателей результативности по шести факторам: оценка удовлетворенности потребителей, результаты внутренних аудитов, результаты функционирования процессов, результаты оценки качества продукции, результаты выполнения плана качества прошедшего года, результаты выполнения планов по качеству, статус проведенных мероприятий по улучшению.

Выделенные факторы в той или иной степени отражают результативность СМК и могут использоваться как самостоятельная оценка. Значения результативностей факторов позволяют оценить влияние каждого на снижение оценки по сравнению с идеальной. Все факторы одномерны, по каждому разработана формула расчета результативности и определена весомость.

Для примера приведем расчет оценки результативности фактора «Результаты функционирования процессов».

Результативность функционирования каждого процесса определяется путем мониторинга процессов по критериям результативности, которые определены в документах СМК.

Экспертами оценена значимость процессов СМК по десятибалльной шкале по мере возрастания важности. Результаты средних показаний приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты экспертного определения весомости процессов СМК

Наименование видов процессов	Важность (Ai)	Коэффициент весомости (gi)
Управляющие	2,5	0,25
Основные	5	0,5
Вспомогательные	2,5	0,25

Исходя из анализа состояния процесса во времени, показатели результативности процесса устанавливаются в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Показатели результативности процессов

Состояние процесса	Показатель результативности в баллах
Улучшается	1
Стабилен	0,5
Ухудшается	0
Не стабилен	-1

Значение результативности фактора рассчитывается по следующей формуле:

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i * g_i ,$$

где q_i – показатель результативности процесса i ;

g_i – коэффициент весомости процесса i .

Графическое представление состояния части процессов Компании в 2009г представлено на рисунке 2.

№ ДП	Процесс/Деятельность	Характеристика
ДП 3.01-03	Управление НТД в ООО "ПКБ ТДСК"	→
ДП 3.01-04	Управление НТД в ЗАО "СУ ТДСК", ООО "СМУ ТДСК"	не стабилен
ДП 3.01-05	Управление НТД, ПСД и ТД в ООО "Спецстрой ТДСК"	→
ДП 3.01-06	Управление НТД, ПСД и ТД в ЗАО "Стройкомплект ТДСК"	→
ДП 3.02-01	Управление записями СМК	→
ДП 3.03-01	Управление инфраструктурой в ООО "СМУ ТДСК"	→
ДП 3.03-02	Управление инфраструктурой в ЗАО "СУ ТДСК"	→
ДП 3.03-03	Управление инфраструктурой в ООО "ЗКПД ТДСК"	→
ДП 3.03-04	Управление инфраструктурой в ООО "Спецстрой ТДСК"	→
ДП 3.03-05	Управление инфраструктурой в ЗАО "Стройкомплект ТДСК"	→
ДП 3.05-01	Управление средствами измерения и контроля	не стабилен
ДП 3.06-02	Закупки в ООО "ЗКПД ТДСК"	→
ДП 3.06-03	Закупки в ЗАО "СУ ТДСК"	→
ДП 3.06-04	Закупки в ООО "СМУ ТДСК"	→
ДП 3.06-05	Закупки в ЗАО "ТОМ-ДОМ"	→
ДП 3.06-06	Закупки в ООО "Спецстрой ТДСК"	→
ДП 3.06-07	Закупки в ЗАО "Стройкомплект ТДСК"	→
ДП 3.07-01	Складирование и хранение ТМЦ в ЗАО "ТОМ-ДОМ"	→
ДП 3.07-02	Складирование и хранение ТМЦ в ООО "ЗКПД ТДСК"	→

Рис 2. Состояние процессов Компании в 2009г
Изменение значений результативности фактора «Результаты мониторинга» в каждом обществе по годам представлено на рисунке 3. Такой анализ позволяет определить общества, оказывающие наибольшее негативное влияние на результативность СМК Компании.

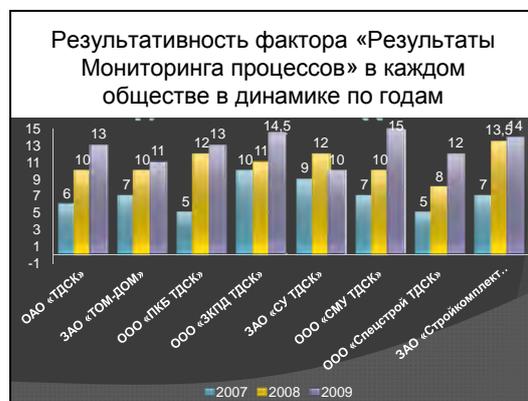


Рис.3 Результативность фактора «Результаты мониторинга процессов» в каждом обществе в динамике по годам

Методика включает анализ отклонений от нормативной результативности СМК по каждому фактору и по каждому обществу. Такой анализ позволяет упорядочить показатели с учетом приоритетности принятия мер по повышению результативности СМК Компании.

Вывод

Методика имеет универсальный характер, не требует больших трудозатрат и может с успехом быть применена и на других предприятиях, и использована для составления годового отчета о результативности функционирования системы менеджмента качества.

С целью эксперимента в Компании было рассчитано значение уровня развития СМК по методу самооценки, изложенному в новой версии стандарта ИСО 9004. В результате полученный уровень развития СМК соответствовал значению результативности системы по действующей методике.

Литература

1. Кондриков В.А., Плотникова И.В. Количественная оценка результативности СМК / Кондриков В.А., Плотникова И.В. Методы менеджмента качества. – 2006. - №11 – с. 26-30.
2. Терещенко Н.В., Яшин Н.С. Модель комплексной оценки результативности СМК / Терещенко Н.В., Яшин Н.С. Методы менеджмента качества. – 2006. - №4 – с. 12-17.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ПЫЛИ НА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ЦИКЛОННОГО АППАРАТА.

Арзамасцева Е.Ю., Василевский М.В.

Научный руководитель: Василевский М.В., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: vasmix40@mail.ru

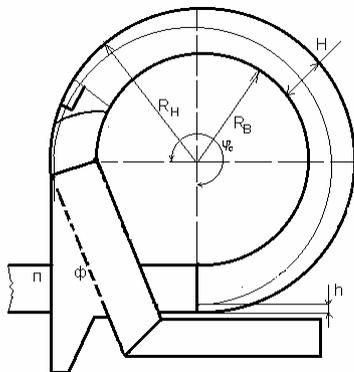
Поступающий в систему газоочистки дисперсный материал состоит из совокупностей первичных частиц, агрегированных частиц, и представляет вместе с несущей средой аэрозоль. В другом состоянии он находится в виде отложений или представляет насыпное тело.

Агломераты образуются в результате турбулентной коагуляции, при срыве потоком отложений с поверхностей, при пересыпках материалов, при сегрегации частиц в результате его транспортировки в различных устройствах.

Процесс концентрирования частиц малой запыленности $\epsilon_n \approx 0.9999$ потока моделируется рассмотрением турбулентного движения аэрозоля в криволинейном канале.

На рис.1 представлен простейший пылеуловитель. При повороте потока пыль концентрируется у внешней стенки, поступает с небольшой частью газа в приемник. В приемнике эта часть газа фильтруется и проходит в газоход.

Рис.1 Пылеотделитель с повышенной транспортирующей способностью дисперсной среды.



Основное значение в оценке турбулентного переноса частиц имеет интенсивность турбулентности. В [1] приведены расчеты распределения безразмерной концентрации частиц определенной фракции $C=c/c_{вх}$ при турбулентном движении аэрозоля в зависимости от поперечной координаты $X = x/(R_2 - R_1)$ и угловой координаты

$$\varphi = \varphi_p \frac{R_c}{H} 0,05 \sqrt{\frac{\lambda}{8}}. \text{ Параметром является величина}$$

$$\alpha = \Delta U H / \epsilon. \quad \text{Здесь:} \quad \Delta U = Re_{\delta} \frac{v}{\delta},$$

$$Re_{\delta} = Re_{\delta,w} \cdot Stk, \quad Stk = \frac{\delta^2 \rho_{\delta} W_0}{18\nu \rho R_c},$$

$$Stk \cdot Re_{\delta,w} = \frac{\rho_{\delta} W_0^2 \delta^3}{\rho R_c 18\nu^2}, \quad \varphi_p - \text{угол поворота в}$$

радианах относительно входного сечения канала; $Re_{\delta} = \delta \Delta U / \nu$; ΔU – скорость движения частицы относительно газа, $\epsilon/H \approx 0,05(\lambda/8)^{0,5} W_0$ – скорость диффузионного переноса, $\lambda = 0,01 - 0,05$ в зависимости от отношения высоты канала к радиусу кривизны, а также от шероховатости стенок,

$$\alpha = Stk \cdot 20 \sqrt{\frac{8}{\lambda}}. \quad W_0 - \text{скорость входа,}$$

δ – диаметр частицы, ν – коэффициент кинематической вязкости, λ – коэффициент трения газа о поверхность, ρ_{δ}, ρ – плотности материала частицы и газа, R_c – среднеарифметический радиус канала; индексы 1 – внутренняя криволинейная поверхность, 2 – внешняя криволинейная поверхность.

Полное число актов коагуляции в единицу времени, обусловленных турбулентным перемешиванием, или скорость коагуляции равна [2]:

$$N_{турб} = 12\pi\beta \sqrt{\frac{\epsilon_d}{\nu}} R^3 n_0^2. \quad (1)$$

Проявление инерционного фактора в механизме турбулентной коагуляции в этой зоне определяется формулой

$$N_{уск} \approx \frac{\rho}{\rho_0} n_0^2 \frac{\epsilon_d^{3/4}}{\nu^{5/4}} R^{-4}, \quad \epsilon_d \approx \frac{v_t^3}{\Delta}, \quad (2)$$

где v_t – динамическая скорость газа (скорость трения), n_0 – концентрация – число частиц в единице объема, $\Delta \approx 0.1(R_2 - R_1)$ – характерный размер пристеночного потока, R – размер области взаимодействия частиц (соизмерим с размером частиц). Скорость частиц также определяется этими распределениями. Для оценки взаимодействия частиц, находящихся на разных расстояниях от стенки, рассматривается градиент скоростей газа и расстояния между частицами по нормали к поверхности. В [2] приведена формула расчета числа встреч частиц в зависимости от размера частиц при градиенте скорости, определяемом отношением скорости трения к расстоянию от стенки, сопоставимом с толщиной вязкого подслоя.

$$N_{град} \approx \frac{32}{3} n_0^2 R^3 \frac{v_t^2}{\nu}, \quad (3)$$

где ν —коэффициент кинематической вязкости газа, v_t —скорость трения, R —размер области взаимодействия частиц. Расчет проводился при входной концентрации частиц $1\text{г}/\text{м}^3$ воздуха с учетом их концентрирования в канале радиусом R_c .

Образование отложений из мелких частиц происходит при взаимодействии агломератов с поверхностями, ограждающими сепарационное пространство циклона. Агломераты из мелких частиц могут содержаться в потоке на входе в циклон. Агломерат, состоящий из мелких частиц, под воздействием центробежной силы движется относительно газа к периферии и при взаимодействии со стенкой может проходить стадии деформирования, разрушения, укрупнения. У поверхности концентрация частиц имеет наибольшее значение в каждом сечении аппарата, число столкновений между частицами велико, поэтому агломераты из мелких частиц образуются в самом циклоне [3].

Если рассматривать прямой удар, то при условии постоянства поперечного сечения при переменной плотности тела напряжение контактного взаимодействия из уравнения импульсов равно

$$\sigma_s = V_0^2 \frac{\rho_1}{1 - \frac{\rho_1}{\rho_2}}, \quad (4)$$

где V_0 , ρ_1 , ρ_2 — скорость агломерата и плотности агломерата до взаимодействия и после. Распределение напряжений по длине в объеме с длиной L_2 может быть представлено в виде

$$\sigma = \sigma_s \left(1 - \frac{l}{L_2}\right)^k.$$

Скорость подлета агломерата к стенке определяется из условия, что агломерат, имеющий радиальную скорость ΔU_δ , тормозится в пристенной зоне медленным газом до скорости V_0 .

$$\Delta U_\delta = 1,7V_\phi \left(\frac{\rho_\delta}{\rho} \frac{\delta}{R}\right)^{0,5}, \quad V_0 = \Delta U_\delta \sqrt{\exp\left(-\frac{3}{2}\xi \frac{\rho}{\rho_\delta} \frac{\Delta}{2\delta_a}\right)}, \quad (5)$$

где δ , ρ_δ , V_ϕ — диаметр, плотность и окружная скорость агломерата вблизи пристенной зоны, $\Delta \approx 0,03R$ — толщина пристенной зоны.

Расчеты показывают, что напряжение контактного взаимодействия агломерата с поверхностью может достигать нескольких атмосфер. Однако исходная плотность и конечная плотности зависят от аутогезионных свойств пыли, т.е. связности пыли [4].

Напряжения сцепления (связность) определяется величиной уплотняющего давления. Она определяется экспериментально [4] с использованием выражения

$$\frac{C_{св}}{P_y} \approx 0,38 \frac{P_3}{P_y} \frac{1}{\exp\left(\frac{2H}{R} k_s\right) - 1}, \quad (6)$$

где P_y , P_3 —напряжения уплотнения и экструзии порошка в матрице с отношением высоты цилиндра к его диаметру, равном 0,8.

P_3 зависит от P_y , которая определяет внутреннее напряжение в материале (прочность). Внутреннее напряжение определяется и плотностью упаковки частиц, которая также определяется экспериментально. Уравнения (4)– (6) позволяют рассчитать возможные сценарии образования отложений. Информация о плотности отложений может явиться и информацией о скорости подлета агломерата к поверхности и о его массе. Можно упростить процедуру определения связности пыли, если воспользоваться простой оценкой формы разрушения брикета, уплотненного в матрице, и в свободном падении вошедшим в контакт с наклонной жесткой поверхностью [5].

Литература

1. Василевский М.В., Зыков Е.Г. Расчет эффективности очистки газа в инерционных аппаратах: Уч. пособие. –Томск: Изд-во ТПУ, 2005. –88 с.
2. Левич В.Г. Физико- химическая гидродинамика.– М.: Физматгиз.–1959.–699 с.
3. Василевский М.В., Арзамасцева Е.Ю., Зыков Е.Г., Разва А.С., Юхнов В.Е.. Взаимодействие частиц при обтекании аэрозолем вогнутой поверхности криволинейного канала. //Материалы пятнадцатой Всеросс. науч.-техн. конференции "Энергетика: экология, надежность, безопасность."–Томск: Изд-во ТПУ,–2009. – С. 140 –142.
4. Василевский М.В., Некрасова К.В., Разва А.С., Зыков Е.Г. Оценка связности дисперсного материала из агрегированных частиц //Заводская лаборатория, 2009, т. 75, №5, с. 32–36.
5. Некрасова К.В., Разва А.С., Василевский М.В. Анализ взаимодействия дисперсного тела с наклонной поверхностью //Материалы четырнадцатой Всеросс. науч.-техн. конференции "Энергетика: экология, надежность, безопасность." – Томск: Изд-во ТПУ, – 2008. –С.142–146.

КОНТРОЛЬ ПОВЕДЕНИЯ ПОТОКА В ЦИКЛОННОМ ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕМ АППАРАТЕ

Арзамасцева Е.Ю., Василевский М.В.

Научный руководитель: Василевский М.В., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: vasmix40@mail.ru

Существующие методы контроля систем обеспыливания газов построены на определении запыленности очищенных газов и ее сравнения с запыленностью поступающего в систему газового потока [1–3]. Однако они выявляют только факт отклонения эксплуатационных параметров от проектных показателей и не выявляют причину такого отклонения. Анализ работы циклонных аппаратов показывает, что концентрация потока на входе в циклон не стационарна: происходит срыв осевшей пыли в газоходе или наоборот ее выпадение. Возмущения в потоке, создаваемые этой нестационарностью на входе в циклон, в наименьшем сечении конической части усиливаются в сотни раз, что приводит к изменению давления в пылевыводном отверстии и смещению начала вынужденного вихря из приемника в объем циклона. Высокоэффективные аппараты СК-ЦН-34М, СК-ЦН-34, СДК-33 – циклоны улиточного типа с высоким коэффициентом сопротивления – оказались чувствительными к повышенным концентрациям и налипанию пыли на внешней стороне газовой водной трубки и в области пылевыводного отверстия [4]. Прямой путь выявления состояния потока в циклонном аппарате – это определение крутки потока. Опыт определения скоростей запыленных закрученных потоков цилиндрическим зондом показал отсутствие воспроизводимости измерений из-за забивки частицами каналов зонда. Поэтому, предпочтительным являются более надежные методы, не требующие корректировок и пригодные для оценки параметров запыленных закрученных потоков. В [5] проанализирован метод определения окружных скоростей закрученного запыленного потока по перепаду давления в радиальном направлении.

Уравнение движения в радиальном направлении имеет вид

$$\Delta P = \int_0^{r_m} \rho \frac{V^2}{r} dr + \int_{r_m}^{R_1} \rho \frac{V^2}{r} dr + \int_{R_1}^{R_n} \rho \frac{V^2}{r} dr \quad \text{где} \quad (1)$$

$$V = V_\Delta \left(\frac{R_n}{r} \right)^n \quad \text{при } R_n > r > r_m; \quad V = V_\Delta r \left(\frac{R_n}{r_m} \right)^n \quad \text{при } r < r_m \quad (2)$$

здесь r_m – радиус максимального значения окружной скорости V в конкретном сечении, R_1 – радиус выхлопного патрубка, V_Δ – окружная скорость на расстоянии $0.03R_n$ от стенки внешнего цилиндра с радиусом R_n . Приведенные уравнения позволяют вычислить значение показателя степени, значения радиуса r_m по данным измерения перепада давлений на стенке выхлопного патрубка и оси, пери-

ферии и оси. Вверху циклона давление на поверхности радиуса r_m неизвестно поэтому, оно должно быть определено.

$$\overline{\Delta P}_{0-m} = \frac{\Delta P_{0-m}}{\rho \frac{V_\Delta^2}{2}} = \left(\frac{R_1}{r_m} \right)^{2n}; \quad \overline{\Delta P}_{1-n} = \frac{\Delta P_{1-n}}{\rho \frac{V_\Delta^2}{2}} = \frac{1}{n} \left[\left(\frac{R_1}{r_m} \right)^{2n} - 1 \right]; \quad (3)$$

$$\overline{\Delta P}_{0-m} + \overline{\Delta P}_{m-1} = \overline{\Delta P}_{0-1} = \left(\frac{R_1}{r_m} \right)^{2n} + \frac{1}{n} \left[\left(\frac{R_1}{r_m} \right)^{2n} - 1 \right] = \overline{\Delta P}_{0-m} + \frac{1}{n} (\overline{\Delta P}_{0-m} - 1)$$

откуда

$$\overline{\Delta P}_{0-m} = \frac{n \overline{\Delta P}_{0-1} + 1}{1 + n} \quad (4)$$

В этих формулах ΔP_{0-m} , ΔP_{1-n} – перепады давлений между осью и поверхностью с радиусом r_m , а также между поверхностью радиуса R_1 и наружной стенкой верхней части циклона соответственно. С помощью первого соотношения (3) определяется положения радиуса r_m :

$$\frac{R_1}{r_m} = \left(\overline{\Delta P}_{0-m} \right)^{\frac{1}{2n}} \quad (5)$$

По второму уравнению (3) численно определим n (табл.1). При $n > 1$ относительные перепады давлений, указанные в таблице, для $\overline{R}_1 > 0.4$ невозможны.

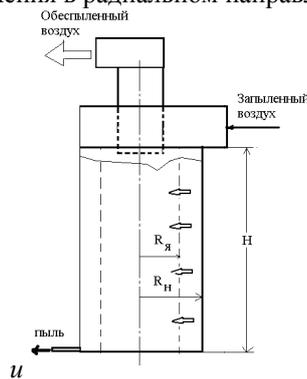
Таблица 1. Значения n

\overline{R}_1	$\overline{\Delta P}_{1-n}$			
	1	3	6	9
0.3	-0.9	0.18	0.7	0.93
0.4	-0.45	0.5	>1	>1
0.6	-0.1	1	>1	>1

Тангенциальная скорость потока на границе пристенной зоны в верхней части циклона отличается от скорости входа из-за трения потока о поверхность. Поэтому необходимо провести оценку этих потерь.

Запишем баланс потоков моментов импульса в радиальном направлении (рис.1). Газ поступает в верхний закручиватель, распространяется в области между поверхностями наружного цилиндра и цилиндра с радиусом R_n и вытекает через поверхность с радиусом R_n во внутреннюю область. При этом момент крутки газа уменьшается от взаимодействия с наружной поверхностью.

Рис. 1 Схема переноса момента количества движения в радиальном направлении



$$\rho Q_{\text{вх}} \Gamma_{\text{вх}} = \rho Q_{\text{я}} \Gamma_{\text{я}} + R_{\text{н}} \cdot T_{\text{тр}} = R_{\text{вх}} \rho V_{\text{вх}}^2 \cdot F_{\text{вх}} = \rho V_{\text{я}} R_{\text{я}} V_{\text{вх}} \cdot F_{\text{вх}} + (V_{\Delta}^2 / 2) \lambda_{\text{тр}} A \rho R_{\text{н}} \quad (6)$$

Здесь $V_{\text{вх}}$, $F_{\text{вх}}$ – скорость потока на входе и площадь входа, $V_{\text{я}}$, $R_{\text{я}}$ – окружная скорость на границе ядра потока, радиус ядра потока, V_{Δ} – скорость вблизи стенки в пристенной зоне, ρ – плотность газа на границе пристенной зоны, $A = 2\pi R_{\text{н}} H$, $T_{\text{тр}}$ – сила трения потока о стенку. После преобразования уравнение (6) имеет следующий вид:

$$1 = \varphi + \varphi^2 \left[\frac{\lambda_{\text{тр}} A}{F_{\text{вх}}} \right] = \varphi + \varphi^2 [B], \quad (7)$$

где $B = \frac{2\lambda_{\text{тр}} \bar{H}}{F_{\text{вх}}}$, $\varphi = R_{\text{н}} V_{\Delta} / R_{\text{вх}} V_{\text{вх}}$,

$$\bar{H} = \frac{H}{R_{\text{н}}}, \quad \bar{F}_{\text{вх}} = \frac{F_{\text{вх}}}{\pi R_{\text{н}}^2}.$$

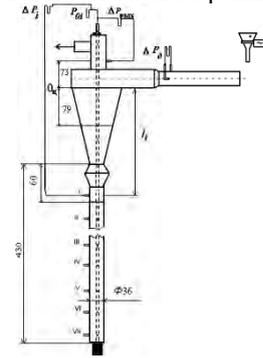
$$\varphi = \frac{\sqrt{4B + 1} - 1}{2B}. \quad (8)$$

При $\lambda = 0.002$ значения B и φ приведены в табл. Экспериментальные значения для вихревых камер взяты из работы [6].

В [7] приводятся распределения давлений для запыленного потока. Используя эти данные можно определить уровень окружных скоростей, определяющих сепарационные эффекты и сопротивление циклона при отклонении от проектных параметров.

Однако для практики важен перепад давления между периферией и осью, который по терминологии И.И. Смольского именуется интенсивностью вихря. Этот параметр зависит от поведения дисперсной фазы в аппарате.

Рис.2. Схема измерений



На рис.2 давление на оси определялось в конкретном сечении, координата которого отсчитывалась от плоскости $O_{\text{ц}}$

Получено, что интенсивность вихря в приемнике на запыленном потоке при концентрации 16 г/м^3 на входе приблизительно в пять раз меньше по сравнению с незапыленным потоком. Интенсивность вихря в верхней части приемника, величина разрежения на оси зависят от его длины.

Литература

1. РД 153-34.0-02.308-98 Методика контрольных испытаний. золоулавливающих установок тепловых электростанций и котельных
2. ГОСТ 17.2.4.06-90 Охрана природы. Атмосфера. Методы определения скорости и расхода газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения.
3. ГОСТ Р 50820-95 Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Методы определения запыленности газопылевых потоков
4. Василевский М.В. Обеспыливание газов инерционными аппаратами. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008.–248 с.
5. Василевский М.В., Арзамасцева Е.Ю., Разва А.С., Зыков Е.Г.. Определение параметров потока по распределению давлений в циклонном аппарате. //Материалы пятнадцатой Всероссийс.науч.-техн. конференции "Энергетика: экология, надежность, безопасность."–Томск: Изд-во ТПУ,–2009. – С. 142–145.
6. Шваб В.А. К вопросу обобщения полей скорости турбулентного потока в циклонной камере //Инж.- физич. журн.-1963.-Т. 6. № 2. – С. 102-108.
7. Разва А.С., Некрасова К.В., Зыков Е.Г., Василевский М.В.. Распределение давлений в циклонном двухфазном потоке //Материалы четырнадцатой Всероссийс.науч.-техн. конференции "Энергетика: экология, надежность, безопасность."–Томск: Изд-во ТПУ,–2008. –С.146–150.

АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ НА УЧАСТКАХ ТРУБОПРОВОДОВ, ИХ ЗНАЧЕНИЕ И МЕРЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

Белькова М.Е.

Научный руководитель: Гриневиц В.А., ст. преподаватель
Омский государственный технический университет, 644050, Россия, г. Омск, пр. Мира, 11
E-mail: thngss@rambler.ru

Нефтедобывающая промышленность в нашей стране была создана в 1920-е г.г и с тех пор стремительно развивается: ресурсы нефти на суше составляют 98,8% запасов, а на шельфе морей и океанов - 1,2%. Для транспортировки добываемых нефтепродуктов используются магистральные нефтепроводы, их доля в общем объеме перевозок достигла почти трети общего грузооборота страны, что объясняется исключительно высокой экономичностью.

Периодически на участках нефтедобычи возникают аварийные ситуации, такие как разлив нефти, утечка нефтепродуктов, пожары, взрывы.

Причинами взрывов и пожаров служат небрежное обращение с открытым огнем, ошибки проектирования технологического оборудования, нарушение технологического процесса, разряды статического электричества, неисправность электрических сетей и производственного оборудования, установок и систем.

Над поверхностью конденсированного вещества образуются пары, способные вспыхнуть в воздухе при поднесении к ним внешнего источника зажигания. Температура вспышки паров нефти составляет 28°C. Если в результате горения образуются газы, то оно сопровождается пламенем. Взрыв - процесс чрезвычайно быстрого, под влиянием внешнего источника воспламенения, химического превращения веществ, сопровождающегося выделением газов и большого количества тепла, достаточного для совершения работы. Реакция при взрыве происходит очень быстро в замкнутом пространстве без доступа воздуха к очагу воспламенения взрывоопасной газовой смеси. Детонационная волна горения распространяется со скоростью 900-1300 м/с. Сила взрыва максимальна, когда содержание воздуха в смеси становится необходимым для полного сгорания.

Нефть и нефтепродукты являются хорошими диэлектриками и способны сохранять электрические заряды в течение длительного времени. На поверхности нефтепродуктов образуется статический заряд, величину которого необходимо уменьшать, обеспечивая его стекание для предотвращения возникновения опасных искровых зарядов. Существуют способы снижения интенсивности накапливания электрического заряда:

1. предотвращение разбрызгивания, распыления и бурного перемешивания нефти при закачивании в резервуары и цистерны, избегание налива светлых нефтепродуктов свободно падающей струей;

2. соблюдение расстояния от конца грузочной трубы до конца приемного сосуда и скоростей движения жидких углеводородов;

3. заземление всех металлических частей аппаратуры и насосов, а так же трубопроводных коммуникаций.

Аварии на водоемах представляют собой экологическую опасность. Тяжесть последствий от аварии на трубопроводе выражается соотношением между размерами водоема и количеством попавшего в него продукта. Часть компонентов испаряется с поверхности воды, вторая впоследствии растворяется в ней, а третья образует осадок, выпадающий на дно. Литр нефти может испортить до миллиона литров воды, делая ее непригодной для обитания, отравляя флору и фауну. Наличие 0,2-0,4 мг/л нефти в воде придает ей специфический запах, который не исчезает даже после хлорирования и фильтрования, а 1 г нефти убивает все живое в 1 м³ вокруг.

Кроме загрязнения водоемов также нефтепродукты могут попадать и в подземные воды, делая их непригодными для питья, использования в хозяйственных целях и повышая риск возникновения пожаров и взрывов.

Во избежание утечек нефти необходимо соблюдать правила строительства и эксплуатации трубопровода, учитывать свойства перекачиваемого продукта, его склонность к испарению и образованию взрывоопасных смесей, устанавливать заградительные барьеры и регистрирующие приборы.

Выбросы углеводородов при их хранении и транспортировке также представляют опасность для экологии и населения. Основными источниками являются: негерметичность соединений, аварийные разливы при чрезвычайных ситуациях на трубопроводах, сжигание нефти и ее продуктов, разлитых по поверхности в результате аварий, утечки и испарения при хранении, пожары на нефтепроводах.

Разливы нефти и нефтепродуктов могут происходить вследствие незаконной холодной врезки запорного устройства с отводящей трубой в трубопровод, осуществляемой группой лиц для отбора транспортируемой продукции с целью ее дальнейшей реализации.

Показатели аварийности можно улучшать по двум направлениям: через предупреждение возникновения утечек и путем «совершенствования» порядка учета вторичных факторов. Так же для обнаружения незаконных врезок используют соответствующие приборы, принцип действия которых состоит в регистрации изменения градиента магнитного поля Земли в местах локализации ферромагнитных масс и контроле градиента магнитного поля Земли вдоль протяженной трубопроводной магистрали. Вектор напряженности трубопроводной трассы складывается на своем

протяжении с вектором напряженности магнитного поля Земли. Суммарный вектор напряженности сохраняет постоянную величину на своем протяжении при отсутствии дефектов на трубопроводе. Места врезок в трубопровод, выходящих вертикально вверх, дают значительно большее отклонение сигнала, чем сигналы от дефектов трубопровода при приближении и удалении к этому месту. Чем выше верхний уровень врезки, тем резче изменение сигнала от расстояния.

Повреждения магистральных нефтепроводов вызываются действием двух групп факторов. Первая группа связана со снижением несущей способности нефтепровода, вторая - с увеличением нагрузок и воздействий. Снижение несущей способности нефтепровода происходит из-за наличия дефектов в стенке труб и старения металла. Факторы второй группы появляются в процессе эксплуатации, когда на нефтепровод действует целый ряд силовых факторов, таких как внутреннее давление, напряжения от воздействий температур перекачиваемой нефти и окружающего трубу грунта, давление слоя грунта над трубой, различные статические и подвижные нагрузки, деформация земной поверхности на подрабатываемых территориях, сейсмические воздействия. Эти факторы формируют в трубах кольцевые и продольные напряжения, способствуют перемещениям трубопровода в продольном и поперечном направлениях.

Коррозия - это разрушение металлических поверхностей под влиянием химического или электрохимического воздействия окружающей среды. Подземные нефтепроводы могут подвергаться коррозии под воздействием почвы, блуждающих токов и переменного тока электрифицированного транспорта. Коррозионный процесс разрушения металла под изоляционным покрытием протекает очень медленно и для подземных трубопроводов не представляет практической опасности. Подземная же коррозия магистральных нефтепроводов наносит большой ущерб, приводя к их преждевременному износу, авариям и потерям нефти.

Магистральные нефтепроводы защищают от коррозии двумя способами: наложением на поверхность нефтепровода изолирующих покрытий или же электрическими методами в зависимости от коррозионной активности грунта и характера распространения блуждающих токов вдоль трассы нефтепровода. Коррозионная активность грунта зависит от его состава, влажности, воздухопроницаемости и электропроводности.

К изоляционным покрытиям предъявляются следующие требования: постоянное низкое водопоглощение, постоянное высокое электросопротивление, отсутствие текучести при различных температурах, прочность к механическим повреждениям, хорошая адгезия к металлу трубы, эластичность, легкость и простота нанесения.

Электрические методы защиты разделяются на электродренажную, катодную, протекторную защиту, электрическое секционирование.

Одним из новых подходов к диагностированию состояния нефтепроводов является использование внутритрубных зарядов. Система диагностирования включает в себя четыре уровня:

1. определение дефектов геометрии нефтепроводов;
2. определение дефектов потери металла, которые уменьшают толщину стенки трубы: коррозии, царапин, расслоений, включений в металл трубы;
3. обнаружение поперечных трещин в теле трубы, а также поперечных и продольных трещин в сварных швах;
4. обнаружение продольных трещин и трещиноподобных дефектов в теле трубы.

Диагностирование осуществляется электронно-механическим способом с помощью внутритрубных профиломеров - калиперов.

Перед запуском профиломера полость трубы необходимо очистить от парафинов и механических примесей путем предварительного запуска чистящих скребков различных типов.

Подземные участки нефтепроводов часто подвергаются внешнему воздействию от наездов на них тяжелой техники, в результате появляются дефекты на теле трубы в виде трещин, вмятин или порывов.

Для исключения таких ситуаций по всей трассе нефтепровода отмечается знаками ось нефтепровода, километр и пикет трассы, а также указывается номер телефона эксплуатирующей организации. На трассе размещаются знаки, запрещающие остановку на пересечениях нефтепровода с автомобильными и железными дорогами, у колодцев линейных задвижек, сборников нефти и в других опасных местах.

Необходимо подчеркнуть, что для обеспечения безопасной эксплуатации нефтепроводов важно осуществлять тщательный контроль над фактическим состоянием повреждений, знать показатели физического старения трубы, деградацию ее элементов. Следует оценивать риск возникновения аварийных ситуаций вследствие влияния различных факторов. Все это осуществляется путем применения приборов, регистрирующих отклонения, обработки полученных данных и исключения дефектов.

Литературные источники:

1. Трубопроводный транспорт нефти: учебник для вузов./С.М. Вайншток, В.В. Новоселов, А.Д. Прохоров и др.- М.: Недра, т 2.-2004.-621 с.
2. Бочарников В.Ф. Справочник мастера по ремонту нефтегазового технологического оборудования.- М.: Инфра-инженерия, т. 1.-2008.-576 с.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Воронкин А.С.

Луганский государственный институт культуры и искусств,
91055, Украина, г. Луганск, ул. Красная площадь, 7
E-mail: alex.voronkin@gmail.com

В пространстве любого высшего учебного заведения независимо от модели его функционирования и развития, объективно существуют и взаимно пересекаются такие сферы деятельности, как научная, образовательная, методическая, административная и общественная. Сегодняшний уровень науки и техники формирует технологическую и информационную среду. Можно утверждать, что в современном мире имеет место тенденция слияния образовательных и информационных технологий, и формирование на этой основе принципиально новых интегрированных технологий обучения, основанных, в частности, на Интернет-технологиях.

На протяжении трех последних десятилетий дистанционное образование (ДО) стало одним из важнейших элементов системы высшего образования многих стран. С одной стороны, это обусловлено развитием информационно-коммуникационных технологий, а с другой - политикой правительств этих стран.

Дистанционное образование – новая форма обучения, идеология которой наиболее точно соответствует принципам современного образования: "образование для всех" и "образование в течение всей жизни". Целью образования является создание соответствующих условий для развития, самоутверждения и самореализации личности на протяжении жизни, а главной функцией виртуального педагога – создание условий для того, чтобы учебный процесс стал творчеством личности, которая бы сама осуществляла свое обучение.

Информационная образовательная среда – это совокупность организационно-педагогических, дидактико-психологических и информационно-коммуникационных мероприятий, которая должна способствовать целостному профессиональному, интеллектуальному, культурному, духовному и социальному развитию личности.

Именно web-технологии позволяют реализовать ДО в режиме реального времени и максимально приблизить процесс обучения территориально отдаленных студентов к условиям обучения заочной формы и, даже, стационарной. С использованием Интернет-технологий появилась возможность неограниченного и очень дешевого тиражирования учебной информации. Обучение при этом стало интерактивным, возросло значение самостоятельной работы студентов. Программное обеспечение должно обеспечивать возможность выбора учащимися преподавателей, у которых они желают проходить обучение. Эти преимущества обусловили активизацию работы коллективов многих ВУЗов по внедрению информационных технологий в традиционную модель учебного процесса.

На сегодняшний день существует большое количество программных платформ для организации дистанционного обучения в сети Internet (Moodle, OLAT, ATutor, Ilias, Claroline, Docebo, Wordcircle, Dokeos), отличающиеся между собой возможностями, технологиями реализации, защищенностью, эргономичностью и т. п. Анализ характеристик систем Moodle, ATutor и Ilias приведен в [1]. Разработанные автором дистанционные курсы («Физические принципы образования, распространения, регистрации и анализа звуковых колебаний», «Микроэлектронные усилители специального назначения») и электронный учебник «Микроэлектронные усилители измерительных устройств» успешно внедрены в учебный процесс, и размещены в платформе Moodle Украинского института информационных технологий в образовании Национального технического университета «Киевский политехнический институт» и Харьковского национального университета радиоэлектроники [2-4]. Электронный учебник «Микроэлектронные усилители измерительных устройств», презентованный Восточноукраинским национальным университетом имени Владимира Даля был награжден почетным дипломом на XII Международной выставке учебных заведений «Современное образование в Украине – 2009».

Программа поддержки дистанционного образования должна обеспечивать возможность учащимся использовать в процессе обучения следующий набор основных функций: доступ в электронную библиотеку ВУЗа, общение с преподавателем (чаты), работа в телеконференциях, консультации, общение со студентами своей виртуальной учебной группы, доступ к доске объявлений электронного деканата, доступ к своему личному делу и ряд других. При реализации курсов в системе ДО следует учитывать: а) качества интеллекта студентов, б) недостаток знаний, умений, навыков связанных с недоработкой студентами учебного материала, в) их возможное отрицательное отношение к отдельным дисциплинам (разделам) курса, г) неадекватную самооценку. В настоящее время продолжают разрабатываться методики создания электронных учебников, в которых уделяется внимание вопросам широкого использования мультимедийных технологий, повышения эффективности тестирующих систем, учета психологических факторов при обучении и др.

На протяжении ряда последних лет в системе образования Украины проводятся работы по интеграции компьютерных телекоммуникационных сетей, научно-методического обеспечения учебного процесса и научных исследований (Ukrainian Research and Academic Network, Electronic Media Resource Centre Ukraine, Ukrainian Distance Learning System, Украинский институт

информационных технологий в образовании НТУУ “Киевский политехнический институт” и др.). Стремление объединить систему образования с новейшими информационными технологиями вызвано желанием сформировать открытое образовательное пространство.

К информационным ресурсам информационно-образовательной среды системы открытого образования следует отнести текстовые материалы, компьютерные обучающие программы, математические модели, мультимедиа продукты образовательного направления, результаты экспериментальных исследований, справочные данные и другие, отражающие научную деятельность ВУЗа.

К объективным факторам, влияющим на качество реализации профессиональных обязанностей преподавателя высшей школы, следует отнести: 1) систему и уровень подготовки преподавателя как лектора, организатора занятий, консультанта и экзаменатора; 2) материально-техническое и учебно-методическое обеспечение образовательного процесса; 3) профессиональную психолого-педагогическую компетентность преподавателя в работе со студентами.

Основными сторонами, заинтересованными в качественной работе преподавателей, являются будущие специалисты – студенты, а также предприятия, в которых будут трудоустроены выпускники, государство и общество в целом. Общество через спрос на выпускников на рынке труда доводит до высшей школы свои потребности и контролирует уровень подготовки специалистов. Престиж университета зависит от того, куда устраиваются на работу его выпускники.

Сложность разработки средств и методов дистанционного обучения заключается в том, что средство есть лишь одним из компонентов системы высшего образования вместе с другими ее звеньями: целями, содержанием, формами, методами, деятельностью преподавателей и студентов. Все эти звенья взаимосвязаны и изменение одного из них обуславливает изменения всех других.

Управление качеством дистанционного учебного процесса – многогранная проблема [5]. Управление качеством в настоящее время ориентировано только на процесс – разработку учебно-методических материалов и подбор педагогического состава. Важное место следует отвести вопросам оценки и контроля качества учебного процесса [5]. Создание адекватной системы управления качеством ДО требует последовательного решения следующих задач: определение целей в области качества образования, требований рынка труда и потенциальных работодателей, разработка и адаптация методов управления процессами, обеспечивающих функционирование и развитие виртуального университета, осуществление контроля, доработка нормативно-правовой базы по

использованию и охране интеллектуальной собственности, создание единого информационно-образовательного пространства ВУЗов Украины.

Необходимость создания единого информационно-образовательного пространства ВУЗов продиктована возможностью получения свободного доступа к новейшим учебно-методическим материалам и максимальным удовлетворением образовательных потребностей учащихся.

Выполненная работа была отмечена Дипломом института инновационных технологий и содержания образования Министерства образования и науки Украины на I-ом всеукраинском Фестивале педагогических инноваций в номинации «Инновации в организации непрерывного повышения квалификации педагогических работников».

Список литературы

1. Воронкін О.С. Організація дистанційних технологій навчання на основі комп'ютерних інформаційних систем ВНЗ України // *Електронне видання «Вестник Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля»*. №6Е. – Киев: Нац. библиотека Украины им. В.И. Вернадского, 2009. – Режим доступа: <http://nbuv.gov.ua/e-journals/Vsunud/2009-6E/09vosnzu.htm>.
2. Воронкін О. С. Фізичні принципи утворення, розповсюдження, реєстрації та аналізу звукових коливань [Електронний ресурс] : дистанц. курс / Алексей Сергеевич Воронкин. – 30,5 МВ. – Киев: УИИТО НТУУ “КПИ”, 2009. – Режим доступа: <http://moodle.udec.ntu-kpi.kiev.ua/moodle/course/view.php?id=111>.
3. Воронкін О. С. Мікроелектронні підсилювачі спеціального призначення [Електронний ресурс] : дистанц. курс / Алексей Сергеевич Воронкин. – 13,8 МВ. – Харьков: Центр технологій дистанційного образования Харьковського нац. ун-та радіоелектроніки, 2009. – Режим доступа: <http://www.dl.kture.kharkov.ua/course/view.php?id=1335>.
4. Воронкін О.С. Мікроелектронні підсилювачі вимірювальних пристроїв [Електронний ресурс] : електрон. учебник / Алексей Сергеевич Воронкин. – 8,2 МВ. – Киев: УИИТО НТУУ “КПИ”, 2008. – Режим доступа: <http://moodle.udec.ntu-kpi.kiev.ua/moodle/course/view.php?id=83>.
5. Кузьмичев В.С. Стратегия формирования в Самарском государственном аэрокосмическом университете внутривузовской системы управления качеством образования / В.С. Кузьмичев, В.А. Колпаков, А.М. Ланский, В.Н. Самсонов // *Мониторинг качества образования: Вестн. учеб.-метод. совета Самар. гос. ун-та*, 2006. –С.14–18.

РАЗРАБОТКА АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА УЛЬТРАЗВУКОВОГО СИГНАЛА И ВЕЙВЛЕТ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Голов В.В.

Научный руководитель: Шестаков В.В.

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 30

E-mail: golov_vasia@mail.ru

Ультразвук – волновое движение в деформируемой среде, частоты волн которого лежат выше диапазона слышимости человеческого уха (свыше 20кГц). Основные уравнения акустики связывают изменение плотности, давления и скорости. Для большинства современных используемых в диагностической практике методов достаточно иметь решения одномерной задачи, когда все перечисленные выше характеристики состояния среды зависят только от одной координаты, отсчитываемой вдоль определенного направления (луча).

Для возбуждения ультразвуковых колебаний и волн в сплошной среде в настоящее время используют в основном обратный пьезоэлектрический эффект. Суть пьезоэффекта заключается в нарушении равновесного распределения электрических зарядов в некоторых материалах при их деформации и, следовательно, в возникновении разности электрических потенциалов между различными точками деформируемого образца. Обратный пьезоэффект состоит в том, что при приложении к образцу из пьезоматериала разности электрических потенциалов образец деформируется.

Для получения ультразвука предварительно генерируют высокочастотные электромагнитные колебания в цепях специального генератора, электрический потенциал с которых прикладывается к образцу из пьезоматериала. Проявление обратного пьезоэффекта приводит к высокочастотным механическим колебаниям пьезоизлучателя. Вводя образец в контакт с объектом, получают ультразвуковые возмущения для целей диагностики. Для улучшения акустического контакта между излучателем и объектом используют специальные смазки или погружают объект в жидкость — масло, глицерин и т.п.

При обработке сигналов обычно приходится решать задачи двух типов - задачу обнаружения и задачу оценивания. При обнаружении нужно дать ответ на вопрос, присутствует ли в данное время на входе некоторый сигнал с априорно известными параметрами. Оценивание - это задача измерения значений параметров, описывающих сигнал.

Сигнал часто зашумлен, на него могут накладываться мешающие сигналы. Поэтому для упрощения указанных задач сигнал обычно разлагают по базисным составляющим пространства сигналов. Для многих приложений наибольший интерес представляют периодические сигналы. Вполне естественно, что используются \sin и \cos . Такое разложение можно выполнить с помощью классического преобразования Фурье.

Спектральный анализ - это один из методов обработки сигналов, который позволяет охарактери-

зовать частотный состав измеряемого сигнала. Преобразование Фурье является математической основой, которая связывает временной или пространственный сигнал (или же некоторую модель этого сигнала) с его представлением в частотной области. Методы статистики играют важную роль в спектральном анализе, поскольку сигналы, как правило, имеют шумовой или случайный характер. Если бы основные статистические характеристики сигнала были известны точно или же их можно было бы без ошибки определить на конечном интервале этого сигнала, то спектральный анализ представлял бы собой отрасль точной науки. Однако в действительности по одному-единственному отрезку сигнала можно получить только некоторую оценку его спектра.

Основными областями применения вейвлет-анализа в обработке изображений являются фильтрация и сжатие. Этот метод позволяет удалять шум, не затрагивая значительно границы и большинство мелких деталей. Идея вейвлет-фильтрации заключается в том, чтобы, проведя кратко-масштабное разложение и получив аппроксимацию сигнала и его детализацию, некоторым образом воздействовать на коэффициенты высокочастотной составляющей (например, обнулить коэффициенты, значения которых ниже некоторого порога). Затем путем обратного вейвлет-преобразования проводят восстановление исходного сигнала и получают отфильтрованное изображение. Метод позволяет эффективно подавлять шумы со спектрами, отличными от белого.

Цель: ознакомиться с функциональными возможностями ультразвукового акустического тракта «ТРАК» и расширить их, посредством разработки программного модуля, реализующего обмен данными с IBM PC и анализ спектра и вейвлет-преобразования получаемого сигнала.

"ТРАК" представляет собой универсальный ультразвуковой акустический тракт, выполненный в виде отдельного модуля, подключаемого к компьютеру через LPT порт по стандарту IEEE Std 1284. Непосредственно в модуле ТРАК реализован только программно-управляемый приемник, генератор и обменный буфер (т.е. акустический тракт).

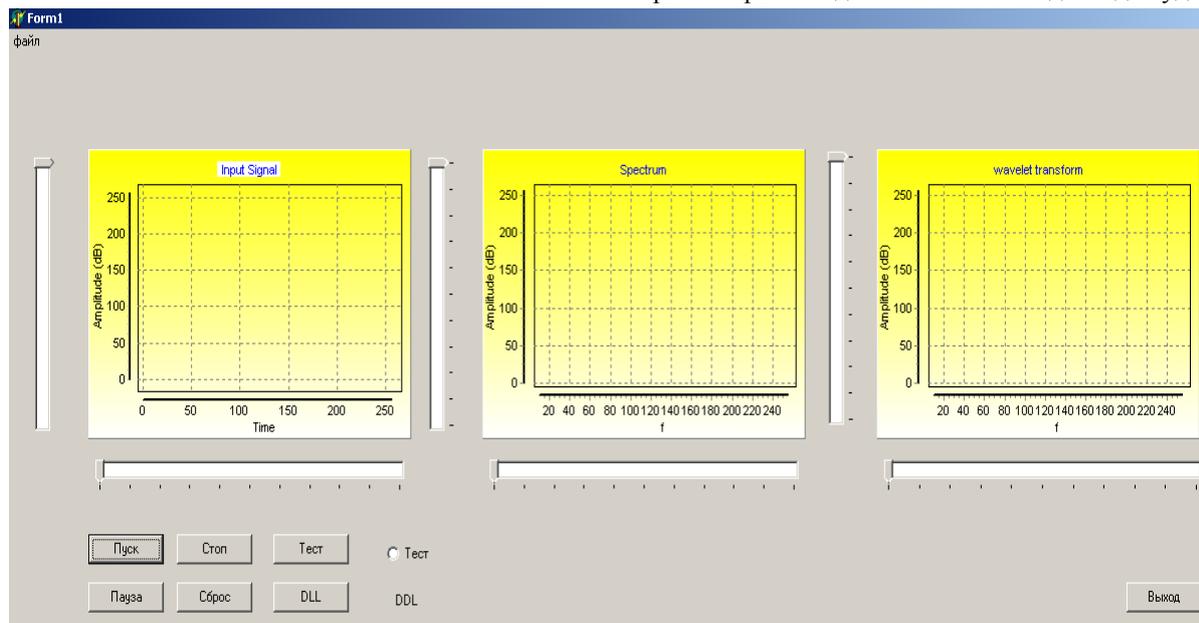
Задача: разработать программу на языке программирования Delphi, для управления прибором «ТРАК», обмена данными и их последующего анализа: получение спектра – сигнала при помощи БПФ (быстрого преобразования Фурье) и вейвлет-преобразование. Создание библиотеки программ для цифровой обработки сигналов, передаваемых с измерительного оборудования через параллельный порт реальном масштабе времени. Источником сигнала может быть ультразвуковой тракт, ультразвуковой дефектоскоп, рентгеновский дефектоскоп, и др.

Автором был разработан программный модуль (рис 1), написанный на языке программирования Delphi. Три основные части разработки интерфейса следующие: проектирование панели, проектирование диалога и представление окон. На панели используются компоненты, встроенные непосредственно в Delphi, который позволяет приспособить эти компоненты к имеющийся задаче, чтобы они работали именно так, как требуется создаваемому приложению. Также здесь имеются предварительно определенные визуальные объекты, включая кнопки. На панели отображены окна, в которых выдны: график слева - функция от времени, т.е. – сигнал, следующий за ним график –

ления расположены основные клавиши управления:

- - «пуск» - разрешает работу программы;
- - «стоп» - полная остановка программы;
- - «пауза» - временная остановка программы;
- - «тест» - запуск тестового сигнала, для проверки работы модуля;
- - «DLL» - подключение динамических библиотек;
- - «выход» - выход из программы.

А так же программный модуль содержит основные клавиши управления: открыть файл, сохранить файл. В данной это необходимо для удоб-



функция от частоты – спектр данного сигнала, а также вейвлет-преобразование. На панели управ-

ства работы в программе и последующего анализа данных.

Рис 1. - программный модуль

В любой работе есть как плюсы, так и минусы. Среди минусов данной работы следует отметить, что программа находится в процессе разработки, но основная цель работы достигнута, т.е. получена качественная зависимость между входным сигналом, спектром данного сигнала и вейвлет-преобразованием, данного сигнала.

В итоге получаем возможность гибкой настройки представления принятого сигнала независимо от оборудования источника сигнала, упрощение использования и настройки современных методов цифровой обработки сигнала, возможность произвольной формы представления (визуализации) полученного сигнала. В частности для ультразвукового сигнала: (А-скан, В-скан, С-скан, секторное, наклонное сканирование), модернизация способов хранения и

систематизации полученной информации, возможность создания баз данных, архивирование, передача информации, средства удаленного управления источником сигнала. Возможность использования в учебном процессе, возможность модернизации (улучшения) и создания новых методик контроля.

Список литературы:

1. Крауткремер, Йозеф. Ультразвуковой контроль материалов : Справочник; пер. с нем. / Й. Крауткремер, Г. Крауткремер. - М. : Metallurgia, 1991. - 750 с.
2. Сухарев, Михаил В. Основы Delphi. Профессиональный подход / М. В. Сухарев. - СПб. : Наука и техника, 2004. - 596 с.
3. Дермин И.М., Иванов О.В., Нечитайло В.А. Вейвлеты и их использование. Успехи физических наук, 2001, т.177, №5, стр.445 – 500.

МОНИТОРИНГ СНЕГОВОГО ПОКРОВА ГОРОДА ТОМСКАДутова А. Н.

Научный руководитель: Смолина Т. В., к.б.н.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40

E-mail: alla-16-23-88@mail.ru

Снеговой покров накапливает в своем составе практически все вещества, поступающие в окружающую среду. В зависимости от источника загрязнения изменяется состав снегового покрова. В связи с этим снег можно рассматривать как своеобразный индикатор чистоты воздуха и почвы.

Цель данной работы – Провести мониторинг снегового покрова г. Томска.

Были поставлены следующие задачи:

- Исследовать значения pH снеговых вод;
- Определить запах и осадок исследуемых образцов снега;
- Исследовать химический состав снеговых вод;
- Сделать выводы по полученным результатам.

В зависимости от источника загрязнения изменяется состав снегового покрова. Так, вблизи автомобильных дорог, котельных следует ожидать повышенное содержание соединений серы, азота. Информативным является показатель величины pH снеговых вод. В обычном (незагрязненном) состоянии он изменяется от 5,5 до 5,8 [1].

Отбор проб производился в г. Томске, Октябрьский район, приблизительно в 400 м от автомобильной дороги. Пробы отбирались в конце зимнего периода при температуре 25 – 28°C в лесном массиве. Отбор производился на разной глубине от 0 до 70 см.

На лесной массив, в котором отбирались пробы, оказывают влияние различные факторы, такие как:

- 1) автомобильная дорога – основной источник загрязняющих веществ, особенно оксидов и окислов свинца;
- 2) железная дорога;
- 3) котельные – источники поступления в атмосферу и литосферу сажи и копоти;
- 4) расположенные на территории лесного массива гаражные комплексы.

Говоря об описании образцов снега, отметим, что:

- структура снеговых частиц от мелкозернистых до крупнозернистых;
- цвет в основном белый, однако, на глубине 0 – 10 см цвет бело-серый;
- снег отбирался до глубины 70 см, и здесь отмечается наличие почвенных частиц различного размера.

Анализ pH снеговых вод производился согласно стандартной методике и показывает, что кислотность образцов относится к нейтральной сре-

де, однако, исследуемые образцы снега являются загрязненными, так как pH незагрязненного снегового покрова находится в пределах [5,5 – 5,8]. Причем наибольший вклад в загрязнение вносят гаражные комплексы, автомобильная дорога и котельная [1].

pH снеговых вод представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Значения pH снеговых вод

Глубина взятия образца	Значение pH
0 – 10 см	6,36
10 – 20 см	6,39
20 – 30 см	7,12
30 – 40 см	5,96
40 – 50 см	6,37
50 – 60 см	5,99
60 – 70 см	6,58

Запах обусловлен наличием в составе образцов пахнущих веществ, которые попадают в них как естественным путем, так и с выбросами. Для определения характера и интенсивности запаха необходимо при комнатной температуре в колбу вместимостью 150 мл налить 100 мл исследуемой воды. Колбу закрыть стеклом, встряхнуть вращательными движениями. После чего, сдвинуть стекло и быстро определить характер и интенсивность запаха [1].

Было выявлено, что наиболее интенсивный запах характерен для образцов глубиной 0 – 10 см, 50 – 60 см, 60 – 70 см. Характер запаха – древесный, землистый и травянистый. Интересен тот факт, что образец с глубины 0 – 10 см имеет стойкий запах выхлопных газов.

Содержание осадка определяется по следующим параметрам:

- наличие и толщина;
- качество;
- цвет;
- осветление в период выпадения осадка.

Определяется через час после взбалтывания пробы [1].

Величина осадка в образцах изменяется с глубиной, характерно наличие почвенных частиц в нижних слоях.

Исследование химического состава проводилось по следующим методикам:

- 1) Определение сульфатов – необходимо в пробирку внести 10 мл исследуемой воды, 0,5 мл раствора соляной кислоты (1:5) и 2 мл 5% раствора хлорида бария и переме-

шать. По характеру выпавшего осадка определяют ориентировочное содержание сульфатов [1]. Данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание сульфатов в образцах

Глубина взятия образца	Содержание сульфатов
0 – 10 см	Менее 5 мг/л
10 – 20 см	Менее 5 мг/л
20 – 30 см	Менее 5 мг/л
30 – 40 см	5 – 10 мг/л
40 – 50 см	Менее 5 мг/л
50 – 60 см	10 – 100 мг/л

- 2) Определение железа общего – в пробирку помещаем 10 мл исследуемой воды, добавляем 1 каплю азотной концентрированной кислоты, несколько капель раствора пероксида водорода и примерно 0,5 мл раствора роданида калия. При содержании железа 0,1 мг/л появляется розовое окрашивание, а при более высоком – красное [1]. Результаты отражены в таблице 3.

Таблица 3 – Содержание железа общего в образцах

Глубина взятия образца	Содержание сульфатов
0 – 10 см	Отсутствует
10 – 20 см	Отсутствует
20 – 30 см	Отсутствует
30 – 40 см	Отсутствует
40 – 50 см	Отсутствует
50 – 60 см	0,1 мг/л

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

- 1) Цвет изменяется из-за влияния автомобильной и железной дороги, а также от близлежащих котельных, выбрасывающих в атмосферу частицы сажи, копоть;
- 2) Структура снеговых частиц зависит от глубины, степени спрессованности снеговых слоев, а также от значения почвенного тепла, выходящего на поверхность, благодаря которому мелкие снеговые частицы превращаются в крупные кристаллики льда;
- 3) Исследуемые образцы снега являются загрязненными. Причем наибольший вклад

в загрязнение вносят гаражные комплексы, автомобильная дорога и котельная;

- 4) Наиболее интенсивный запах характерен для образцов глубиной 0 – 10 см, 50 – 60 см, 60 – 70 см;
- 5) Величина осадка в образцах изменяется с глубиной;
- 6) Наибольшим содержанием сульфатов обладают образцы на глубине 30 – 40 см и 50 – 60 см. Однако эти данные не велики, так как максимальное содержание сульфатов для водоемов - источников водоснабжения допускается до 500 мг/л. Кроме того, исследуемые образцы не подвержены влиянию сбросов сточных вод;
- 7) Железо общее в образцах практически отсутствует, наблюдается только в образце на глубине 50 – 60 см в концентрации 0,1 мг/л. Такое содержание говорит нам о среднем уровне загрязнения, так как предельно допустимая концентрация железа общего в воде порядка 0,3 мг/л;
- 8) Снег является своеобразным индикатором чистоты атмосферного воздуха и почв. И, как отмечалось выше, наиболее информативным является показатель pH снеговых вод;
- 9) Кислотность образцов относится к нейтральной среде, но образцы являются загрязненными. Вдоль автомобильной трассы pH снегового покрова уменьшается, свидетельствуя о кислотности осадков. Вблизи котельных pH снега имеет более высокие значения, т. е. обозначает слабощелочную или щелочную среду, что связано с выпадением зольных частиц, содержащих соединения гидрокарбонатов калия, кальция, магния, повышающих pH снеговой воды;
- 10) Снеговой покров территории говорит о различной степени загрязнения данной местности и о влиянии находящихся вблизи предприятий;
- 11) Анализ проводится в короткие сроки и прост в использовании.

Список использованных источников

1. 1 Экологический мониторинг. Под редакцией Т. Я. Ашихминой. – М.: Академический проект, 2006.

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕДУРЫ АТТЕСТАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ ПО УСЛОВИЯМ ТРУДА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ

Жидкова Н.В., Сакун Т.С., Канина Е.А.

Научный руководитель: Гусельников М.Э., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: ninuly@sibmail.com

Комплексная оценка условий труда на основе специальных исследований факторов производственной среды проводится при аттестации рабочих мест.

В соответствии с Трудовым Кодексом Российской Федерации от 30.12.2001, N 197-ФЗ, ст. 212, работодатель обязан обеспечить проведение аттестации рабочих мест по условиям труда с последующей сертификацией работ по охране труда в организации.

Согласно Порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда, утвержденному приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 31 августа 2007 г. N 569, сроки проведения аттестации устанавливаются организацией исходя из изменения условий и характера труда, но не реже одного раза в 5 лет с момента проведения последних измерений.

Аттестации рабочих мест по условиям труда включает в себя исследования санитарно-гигиенических факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса проводятся на конкретных рабочих местах путем лабораторных исследований, инструментальных замеров и расчетов. Результаты инструментальных замеров параметров вредных и опасных производственных факторов оформляются протоколами и заносятся в Карту условий труда на рабочем месте. Исходя из протоколов и карты аттестации, составляется план мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда в организации.

Что надо сделать для того, чтобы аттестация рабочих мест была проведена с пользой для организации, чтобы результаты аттестации явились закономерным итогом целенаправленной политики высшего руководства организации?

Согласно действующему законодательству, результатами аттестации аргументируется обоснование предоставления льгот и компенсаций за работу в тяжелых, вредных и опасных условиях труда - льготных пенсий, доплат за условия труда, дополнительных отпусков и сокращенного рабочего дня, бесплатной выдачи молока и др. Сведения и данные, полученные при аттестации рабочих мест по условиям труда, применяются при решении трудовых споров, в том числе в судебном порядке.

Создание благоприятных условий труда, его дальнейшее облегчение способствуют, с одной стороны, сохранению здоровья трудящихся, совершенствованию их трудовых навыков, а, с дру-

гой – повышению работоспособности и производительности труда, снижению текучести кадров и улучшению дисциплины на производстве.

Существует прямая зависимость количества бракованной продукции по вине работника, от условий труда. Например, на предприятии с вредными условиями труда ничего не предпринималось для их улучшения, в результате резко повысились утомляемость и заболеваемость рабочих, что в конечном итоге привело к значительному браку продукции и снижению объема ее реализации. Уменьшить число бракованной продукции может правильно организованный распорядок рабочего дня, четко установленные перерывы и смена видов деятельности, так как одна из причин брака – усталость, и следовательно, невнимательность, рассеянность работников.

Таблица 1. Динамика проведения аттестации рабочих мест по условиям труда в Томской области:

Год	2004	2005	2006	2007	2008
Количество организаций прошедших аттестацию рабочих мест по условиям труда	70	48	77	182	230
Количество рабочих мест, прошедших процедуру аттестации рабочих мест по условиям труда	9985	7709	8432	7864	14700
Количество рабочих мест с вредными и опасными условиями труда, в %	47,0	36,1	65,7	75,9	74,8

Из таблицы 1 видно, что количество организаций и количество рабочих мест, прошедших процедуру аттестации рабочих мест по условиям труда с каждым годом увеличивается. Также возрастает и количество рабочих мест с вредными и опасными условиями труда. Людям, работающим таких условиях, согласно Трудовому кодексу, по-

ложены определенные привилегии. Их перечень достаточно обширный.

Государственной инспекцией труда в Томской области за 2008 год было зарегистрировано 120 несчастных случаев на производстве. Из них 12 групповых, 92 тяжелых и 27 со смертельным исходом (показатели 2007 года 11, 76 и 29 случаев соответственно). За 2008 г. число погибших составило 34 человека (2007 г. - 37 человек).

Аттестация рабочих мест по условиям труда поможет избежать работодателю уголовной ответственности при расследовании несчастных случаев на производстве. Ведь ее отсутствие с большой долей вероятности станет доказательством вины организации и ее руководителя в несчастном случае или профзаболевании. А также если проведена аттестация по условиям труда, у работодателя появляется возможность избежать административной ответственности при проверках трудовой инспекции, Роспотребнадзора, Ростехнадзора и прокуратуры.

Что касается финансовых затрат на аттестацию рабочих мест, то, они должны окупаться за счет повышения производительности труда, снижения брака и вызванного им перерасхода материалов. При условии обязательного проведения аттестации рабочих мест, [Федеральный закон "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний" от 24.07.98. №125-ФЗ ст.22], позволяет устанавливать страхователям, с учетом состояния условий труда в организации, скидки и надбавки до 40 процентов к страховым тарифам. Сдерживающим фактором в проведении аттестации является стоимость работ. В связи с этим следует напомнить, что для проведения аттестации рабочих мест можно использовать средства социального страхования в рамках финансирования предупредительных мер по сокращению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости.

Многие организации, уделяющие достаточное внимание созданию здоровых и безопасных условий труда, получили возможность по использованию до двадцати процентов страховых взносов на профилактические мероприятия по предупреждению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, к которым, в числе прочих, относятся и расходы на проведение сертификации работ по охране труда.

Важным направлением работ по созданию возможностей для реализации трудового потенциала является улучшение условий труда. Так, примерно 20% работающих занято на рабочих местах, не отвечающих требованиям безопасности. Вместо того, чтобы улучшать условия труда, создавать благоприятную среду, предприятия тра-

тят средства (причем в 2 раза больше) на компенсацию работнику за производственный риск (введение сокращенного рабочего времени, повышение тарифных ставок, предоставление бесплатного лечебного питания, досрочный выход на пенсию и т.д.) Улучшение условий труда оказывает непосредственное влияние на его эффективность через работоспособность человека, участвующего в трудовом процессе. На предприятиях важно создать такие условия труда, которые позволяли бы полностью использовать возможности человека для высокоэффективного труда без ущерба для его здоровья.

В решении проблемы улучшения условий труда большую роль играет планомерность осуществления мероприятий. Основным документом, определяющим сущность и очередность проведения мероприятий в области улучшения условий труда, является план мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда в организации.

План составляется на основе результатов аттестации рабочих мест по условиям труда аттестационной комиссией с учетом предложений, поступивших от подразделений организации или отдельных работников. План должен предусматривать мероприятия по улучшению техники и технологии, применению средств индивидуальной и коллективной защиты, оздоровительные мероприятия, а также мероприятия по охране и организации труда.

И в заключении следует сказать, что улучшение условий труда экономически выгодно для предприятия, а чтобы мероприятия по улучшению были планомерными и эффективными, нужно проводить аттестацию рабочих мест по условиям труда.

Используемая литература:

1. Трудовой Кодекс Российской Федерации. – Введен в действие Федеральным законом от 30.12.2001 г. № 197-ФЗ
2. Положение о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда. - Утвержден постановлением Минтруда РФ от 14.03.1997 №12
3. Федеральный закон "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний" от 24.07.98. №125-ФЗ
4. Охрана труда в Томской области. [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://ohranatruda.tomsk.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Маслов Е.В. Управление персоналом предприятия: Учебное пособие / Под ред, П.В. Шеметова. - М.: ИНФРА-М; 1999. - 312 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИТ-УСЛУГ

Засухина Т.С., Виноградская М.И.

Научный руководитель: Чарушина Е.Б., ст. преподаватель
Омский государственный технический университет, 644050, Россия, г. Омск, пр. Мира, 11.
E-mail: thngss@rambler.ru

Приходилось ли вам сталкиваться с дисциплинами, которые позволили бы по-новому подойти к давно известным вопросам? Возможно, именно так многие открывали для себя науку менеджмента. По мере накопления опыта, таких областей становится меньше - не так легко открыть что-то концептуально новое, помогающее применить необычный подход и достичь качественно новых результатов. Управление ИТ-услугами - одно из таких исключений. В рамках ISO/IEC 20000 определены 13 важнейших процессов, собранных в пять ключевых групп:

- процессы оказания услуг (Service delivery process). В группу входят управление уровнем услуг (Service level management), управление доступностью (Service continuity and availability management) и управление возможностями сервисов (Capacity management);
- процессы взаимоотношений (Relationship processes). Эта область включает в себя связи и отношения между поставщиком услуг, клиентом и подрядными организациями;
- процессы решения проблем (Resolution processes). Разработчики стандарта фокусируются на инцидентах, которые удалось предотвратить или успешно разрешить;
- процессы контроля (Control processes).

Понятие “ИТ-услуга” или услуга информационных технологий является результатом по выполнению работ в области так называемого сервиса информационных технологий. ИТ-сервис подразумевает совокупность ИТ-систем, используемых для обеспечения бизнес-деятельности предприятия.

В настоящее время зависимость большинства компаний от ИТ сильно возросла по сравнению с серединой прошлого века, и тенденция развития ИТ такова, что эта зависимость, а, следовательно, и вклад ИТ в производственные процессы, будет только усиливаться. Таким образом, ИТ из вспомогательного производства, отвечавшего в первую очередь за информационную поддержку бизнес-процессов предприятия, переходит в разряд основного производства, т.е. участвует в цепочке формирования прибавочной стоимости продукции совместно с основными производственными подразделениями.

IT Infrastructure Library (ITIL) - библиотека методов организации ИТ-инфраструктуры, ставшей

той основой, с которой началось развитие дисциплины Управления ИТ-услугами (IT Service Management, ITSM). Примечательно, что в отличие от других стандартов в области ИТ, применение ITIL не является обязательным, как это происходит, например, со стандартами безопасности или стандартами ИТ-аудита. И тем не менее, ITIL становится стандартом де-факто и особенно востребован организациями, в которых ИТ используются для поддержки основных производственных и бизнес-процессов и фактически являются своего рода “знаком качества” такого использования.

Интерес к управлению ИТ-услугами в России начинался с необходимости решения узкоспециализированной задачи поддержки пользователей посредством организации службы Help Desk (в терминах ITIL - Service Desk). Обычно рассказ о том, как согласно лучшей мировой практике надо организовать современный ИТ-департамент, начинается с проблем поддержки предоставляемых услуг, и именно Service Desk выступает точкой контакта при оказании этой поддержки.

Предметом рассмотрения ITIL является предоставление и поддержка ИТ-услуг, соответствующих бизнес-потребностям предприятия. Услуги при этом описываются и характеризуются в терминах и с точки зрения бизнес-процессов, так же определяется уровень, на котором предоставляются услуги. Создается основа для эффективного взаимодействия, при котором, с одной стороны ИТ-инфраструктура соответствует требованиям и ожиданиям бизнеса, а с другой - определяются критерии оценки качества работы ИТ.

Процессный подход описывает управление ИТ-инфраструктурой как комплекс процессов, затрагивающих различные структурные подразделения и направленных на достижение определенных целей. Для каждого процесса определяются роли, процедуры, входящая и исходящая информация.

В процессной модели ITIL выделяются следующие процессы управления ИТ:

на уровне инфраструктуры (ICT Infrastructure Management): дизайн и планирование; распространение; сопровождение и техническая поддержка; на уровне поддержки услуг (Service Support): управление инцидентами; управление проблемами; управление конфигурацией; управление изменениями; управление релизами; на

уровне предоставления услуг (Service Delivery): управление уровнем обслуживания; финансовое управление ИТ-услугами; управление готовностью; управление непрерывностью обслуживания; управление мощностями.

В части взаимодействия бизнес-подразделений и ИТ-департамента в процессной модели ITIL можно выделить три уровня: операционный (взаимодействие с пользователями), тактический (взаимодействие с заказчиками) и стратегический (согласование целей бизнеса и ИТ).

Служба Service Desk является важным элементом ИТ-департамента, и так сложилось в России, что компании, которые не только познакомились с ITSM, но и постарались применить эти подходы на практике, начинали именно с нее. В 2000 году “пионером” по применению выступил “Альфа-банк”, где несколько этапов ITSM-проекта позволили структурировать работу ИТ-департамента, создать Service Desk и организовать поддержку пользователей. Этот шаг в сочетании с координацией проектов внес существенный вклад в рост авторитета ИТ-департамента среди сотрудников и руководства банка. Пользователям стала видна ориентированность ИТ на решение задач бизнеса, ее динамичность, готовность и профессионализм в оказании поддержки пользователям. Примечательно то, что критерием целесообразности применения подходов ITSM является не размер компании, а важность задач, решаемых с помощью ИТ.

В ряде компаний использование принципов ITSM позволило сократить службу поддержки за счет исключения дублирующихся функций. Наличие проработанных принципов организации работы (процедуры, должностные и рабочие инструкции и т.п.) позволяет ответить на “простой” вопрос - кто и чем занимается. Как результат, складывается цельная картина вовлеченности персонала и путей обеспечения роста.

В компании “Вымпелком” ИТ-департамент сумел не только решить ряд задач в области организации службы сопровождения ИТ, таких как Service Desk, но и сделал ITIL элементом философии своей работы. В результате эта библиотека стала в определенной степени своеобразным языком дискуссий по внутренним вопросам и способом подхода к обсуждению проблем ИТ-службы. Что особенно важно, ITIL стала здесь не только способом организации внутренней работы ИТ, но

и подходом во взаимодействии с руководителями и с персоналом различных подразделений компании - заказчиками и пользователями ИТ. Такой подход позволил выделить и целенаправленно работать с услугами, предоставляемыми ИТ-подразделением своим пользователям, и от которых зависят бизнес-процессы компании. Кроме того, подход внес вклад в организацию работы сотрудников ИТ-департамента, отвечающих за взаимодействие с подразделениями-заказчиками, то есть именно ту область, где часто находятся истоки многих проблем компании.

Путь, пройденный многими российскими компаниями за последние несколько лет, показывает, что ITIL находит реальное применение среди широкого круга заказчиков, причем их количество значительно увеличивается с расширением корпоративного использования технологий.

Аббревиатуры ITIL и ITSM в последние годы стали весьма популярны, возникла даже своеобразная мода на «внедрение ITIL». Однако как это часто бывает, идеи ITSM нередко понимают поверхностно. Так, интерес к управлению ИТ-услугами в России начинался с необходимости решения узкоспециализированной задачи поддержки пользователей посредством организации службы Help Desk (в терминах ITIL — Service Desk).

На многих предприятиях такая служба играет вспомогательную роль; про нее часто не знают сотрудники предприятия, ей не доверяют пользователи и не уделяют достаточного внимания ИТ-руководители. Это объяснимо — должное внимание обычно уделяется развитию, новым проектам, — но не оправдано. Лишь немногие руководители задумываются о том, что без надежной и авторитетной службы последующей поддержки пользователей и эти новые проекты ждет забвение — будут еще проекты, и вся энергия вновь уйдет туда, а пользователи и заказчики этих систем вновь останутся наедине со своими вопросами. Увы, немногие задумываются о том, что авторитет ИТ-департамента закладывается именно на уровне поддержки.

Список литературы:

1. <http://www.itexpert.ru/rus/articles/200406222006/200406222044/>
2. <http://www.osp.ru/os/2004/01/018.htm>
3. Журнал “Стандарты и качество” №11 – 2007.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ РИСКА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДВОДНОГО МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА

Засухина Т.С.

Научный руководитель: Шендалева Е.В., к.т.н., доцент

Омский государственный технический университет, 644050, Россия, г. Омск, пр. Мира, 11.

E-mail: thngss@rambler.ru

География предприятий нефте- и газоперерабатывающей промышленности не всегда совпадает с районами добычи. Поэтому задачи транспортировки нефти и газа привели к созданию большой сети нефте- и газопроводов. Работа по проектированию магистральных нефтепроводов и газопроводов ведется и в настоящее время.

Одним из проектов, реализуемых в настоящее время, является проект Nord Stream (Северный поток), который является уникальным сооружением не только по его протяженности, но и по тем техническим характеристикам, которые необходимо обеспечить в процессе его проектирования и эксплуатации.

Например, давление перекачиваемого газа должно трижды превышать ранее используемое, что увеличивает риск аварийных ситуаций. Кроме того, газопровод должен пройти по дну Балтийского моря, что значительно осложняет его прокладку. В связи с этим ко всем элементам проекта (организационным, технологическим, техническим) предъявляются очень высокие требования.

При строительстве и эксплуатации газопровода возможно возникновение ряда опасностей, оценку и методы предотвращения которых необходимо анализировать на стадии проектирования:

- столкновение строительных судов и других судов, курсирующих по Балтийскому морю;
- строительные работы, ведущие к извлечению из-под земли неразорвавшихся боеприпасов или химических отравляющих веществ (ХОВ);
- зацепление снастей рыболовных судов за трубопроводы, что приводит к порче тралового оборудования или утрате рыболовного судна;
- авария на трубопроводе (по ряду возможных причин), ведущая к выбросу газа, который может воспламениться и оказать воздействие на суда, проходящие по Балтийскому морю.

Для выбора стратегии и методов прокладки и эксплуатации подводных трубопроводов в настоящее время весьма часто используют анализ рисков.

Различают следующие методы:

- качественные (методы проверочного листа, анализ видов и последствий отказов (АВПО));
- количественные (анализ вида, последствий и критичности отказа (АВПКО), ранжирование опасностей и определение степени риска промышленного объекта);
- нечеткие (анализ опасности и работоспособности (АОР));
- логико-графические (анализ деревьев отказов (АДО) и деревьев событий (АДС)).

При анализе рисков применяют различные методы, но наиболее распространенными являются два – анализ дерева отказов АДО и анализ видов, последствий критичности отказов АВПКО.

АДО предназначен для изучения последствий отказов системы, отталкиваясь от которых рассматривают все составные части, процессы и условия, которые сами по себе или в разных сочетаниях могут быть их причинами. Напротив, при проведении анализа методом АВПКО задаются возможными отказами каждого элемента системы, а потом изучают их возможные последствия для системы в целом. Метод АДО наиболее подходит для анализа неисправностей сложных систем, когда их отказы могут быть следствием наложения нескольких причин.

Оценку рисков используют для прогноза возможных неблагоприятных событий. В случае уникальности проекта и отсутствии информации оценка рисков и решения по управлению рисками являются осторожными, требующими более высокого уровня защитных мероприятий по мере возрастания неопределенности возникновения неблагоприятного события.

Качественный анализ риска аварийной ситуации на газоперекачивающей станции построен на методе дерева отказов и представлен на рис.1.

Анализ «дерева отказов» позволяет выделить ветви прохождения сигнала к головному событию (в нашем случае их два – пожар и взрыв), а также указать связанные с ними минимальные пропускные и минимальные отсечные сочетания.

Проведенная количественная оценка риска основана на общедоступных материалах, что в какой-то степени снижает ее достоверность по отношению к объектам Nord Stream. Но даже такой несовершенный анализ позволяет говорить о возможности возникновения техногенной катастрофы с тяжелыми последствиями.

В любом случае основной целью анализа техногенного риска (взрыв, пожар, чрезвычайная ситуация...) должно быть не сравнение с критериями приемлемости, а выявление «слабых» мест в системе функционирования объекта для последующего обоснования мер безопасности, так, как это отражено в РД 03-418-01, ГОСТ Р 51901-2002, ISO 17776:2000.

Список литературы:

1. РД 08-120-96 Анализ риска опасных объектов
2. ВППБ 01-04-98 Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой промышленности
3. ГОСТ Р 51901.13-2005 Анализ дерева неисправностей

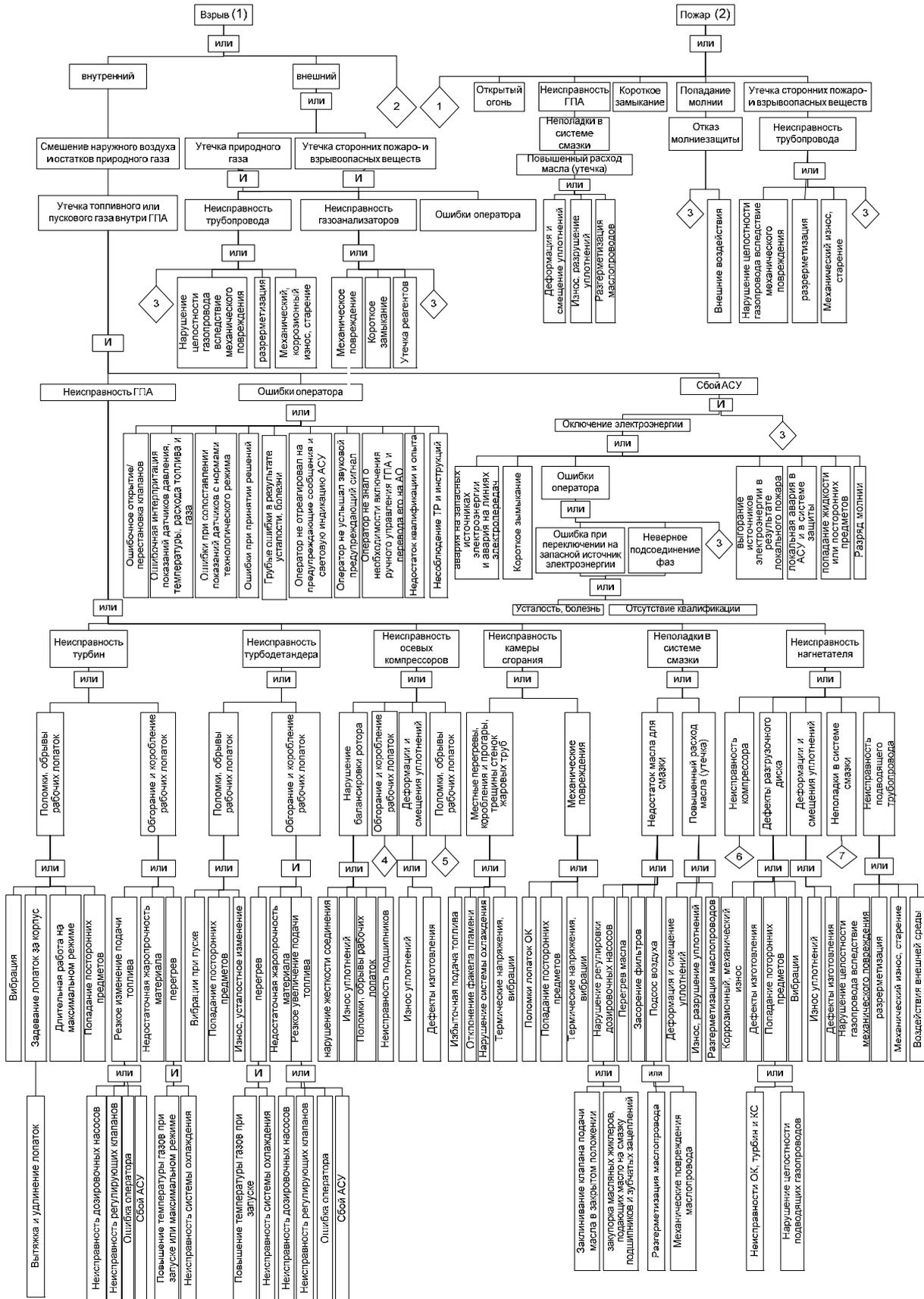


Рис. 1. Последовательность развития аварийной ситуации в машинном зале ГПС

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Зеленцова О.А.

Научный руководитель: Печаткин А.В., к.т.н., и.о. зав. кафедрой
Рыбинская государственная авиационная технологическая академия имени П.А. Соловьева
152934, ул. Пушкина, 53, г. Рыбинск, тел./факс (4855) 22-28-37
E-mail: rts@rgata.ru

Подготовка молодого специалиста, рационально подготовленного к своей деятельности и способного активно включаться в сложный производственный процесс, может быть осуществлена только при условии полной согласованности учебного процесса и формирования эффективной методической платформы для оптимального усвоения знаний с последующим их использованием на практике. Выполнение этого требования не может быть осуществлено лишь на основе простого изучения многообразных инженерных систем и специализированных САПР (т.н. САЕ/CAD-платформ), т.к. любой сложный инструмент требует безусловного наличия определенного объема знаний и навыков, в т.ч. в смежных дисциплинах.

Учебный процесс подготовки студентов специальности 210201 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» выпускающей кафедры радиоэлектронных и телекоммуникационных систем РГАТА им. П.А. Соловьева предусматривает выполнение студентами ряда самостоятельных работ, таких как РГР, курсовые работы и проекты. При этом активно используются различные схмотехнические САПР, позволяющие визуализировать процессы, протекающие в электронных цепях, провести серию виртуальных испытаний и тем, самым повысить качество выполняемой работы и уровень профессиональной подготовки студента.

Уже на 3-м курсе очной формы обучения в дисциплине «Моделирование элементов и узлов РЭС» студенты выполняют сложную расчетно-графическую работу, посвященную полному схмотехническому расчету, комплексному моделированию и анализу электронного частотно-избирательного или резистивного усилительного каскада во временной и частотной областях – рис. 1.

Общий объем пояснительной записки РГР, содержащей методики и результаты вычислений, графические результаты моделирования, систематизацию и анализ полученной информации, в зависимости от уровня сложности индивидуального задания и схемы каскада может достигать 80 листов формата А4 (работа выполняется в электронном шаблоне с системой навигации и автоматизации, поддерживаемой текстовым процессом WORD).

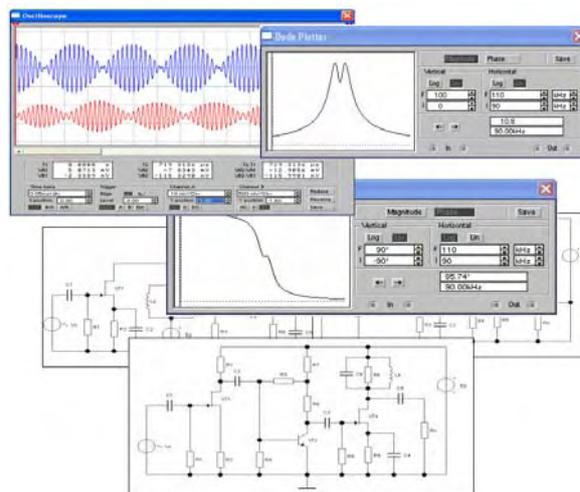


Рис. 1. Виртуальные испытания усилительного каскада в расчетно-графической работе студента-радиота (3-й курс очного обучения)

Несмотря на наличие детализированного методического обеспечения и применения дружественной САПР схмотехнического моделирования электронных схем Electronics Workbench, выполнение РГР требует постоянных консультаций и, особенно, на этапе аналитического инвариантного расчета каскада.

Сказанное выше можно отнести и другим самостоятельным работам, относящимся к профессиональным и специальным дисциплинам выпускающей кафедры и отличающимся еще большей сложности и объемом в связи с необходимостью движения по всему жизненному циклу проектируемого радиоэлектронного изделия.

Следует отметить и наличие психологического порога, зачастую препятствующего получению консультации в необходимом для понимания объеме, особенно при необходимости возвращения к одному и тому же рассмотренному ранее вопросу.

Следовательно, для успешного изучения профессиональных и специальных дисциплин, а также используемых в них САПР и аналитических платформ необходимо внедрять экспертные системы и системы поддержки принятия решений, которые бы сопровождали студента в процессе изучения дисциплины и выполнения самостоятельных работ и создавали необходимый фундамент для формирования системы знаний.

Известно, что экспертные системы представляют собой специализированные программные

комплексы, аккумулирующие знания специалистов в конкретных предметных областях и тиражирующие этот эмпирический опыт для консультации менее квалифицированных пользователей в тех областях человеческой деятельности, где качество принятия решений традиционно зависит от уровня знаний.

Таким образом, в учебном процессе подобные системы представляют собой необходимую платформу для эффективного управления студенческими знаниями и открывают новые возможности для повышения уровня и качества образования.

Как уже отмечалось выше сложность самостоятельных работ, связанных с проектированием и выполняемых на младших курсах, заключается в том, что студенты имеют минимальные начальные базовые знания в этой области, т.к. специальные дисциплины, посвященные этим вопросам, детально рассматриваются на старших курсах. Вместе с тем необходимо, чтобы формирование знаний в этой области последовательно закладывалось уже на младших курсах, чтобы для выполнения итоговых курсовых проектов и сформированной на их базе выпускной квалификационной работы студенты имели сложившийся аналитический и методический аппарат, не вызывающий сложности для практического использования.

Характер, объем и, конечно же, результативность выполняемой студентами самостоятельной работы заставляет задуматься об эффективной методической и консультационной поддержке. Эту задачу и должны выполнять рассматриваемые информационно-аналитические системы.

На кафедре радиоэлектронных и телекоммуникационных систем РГАТА проводится активная работа в области создания и развития подобных систем. Особенностью этой работы является то, что в ней непосредственно участвуют студенты, завершившие обучение по сопровождаемой дисциплине и накопившие предложения по оптимизации учебного процесса. Одной из таких разработок является информационно-аналитическая система (система поддержки принятия решений), ориентированная на процесс изучения, расчета и анализа усилительных каскадов и непосредственного использования при выполнении РГР на основе схмотехнических САПР Electronics Workbench, OrCAD, MicroCAP – рис. 2.

Система имеет открытую фреймовую структуру, реализованную в среде табличного процессора Excel, представляющего собой ограниченный генератор поддержки решений и предоставляющего пользователю спектр основных аналитических инструментов, широкий набор логических, статистических и математических функций, а также возможность создания собственных форм с актив-

ными элементами управления за счет интеграции с платформой структурного программирования VBA.

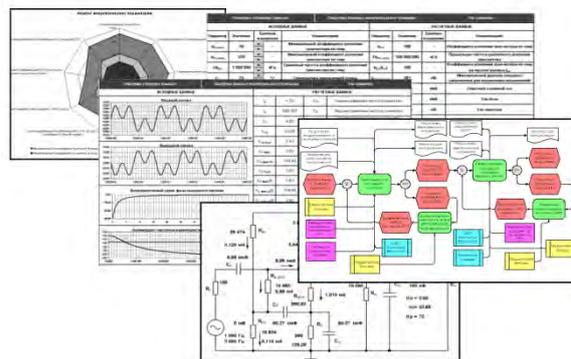


Рис. 2. Фрагменты информационно-аналитической системы для инвариантного расчета и анализа электронных каскадов

Наиболее объемным аналитическим модулем рассматриваемой системы является модель расчета и анализа усилительных каскадов на биполярных и полевых транзисторах с различными цепями смещения. Модуль содержит совокупность автономных фреймов, имеет необходимый набор входных и выходных показателей и визуализаторов и позволяет обмениваться данными с другими фреймами экспертной системы.

Каждый фрейм данного модуля содержит следующие компоненты: область исходных данных; область результатов расчета каскада; область визуализированных временных и частотных характеристик; область схемного решения.

Каждый фрейм позиционирован на расчет и анализ конкретной схемы и содержит ряд элементов управления, позволяющих провести очистку области данных, пошаговый дискретный ввод и/или изменение параметра.

Кроме того, аналитические фреймы позволяют осуществить загрузку контрольного примера или переход к фрейму глобальных данных, с помощью которого осуществляется загрузка данных технического задания во все аналитические фреймы экспертной системы, что позволяет, детально исследуя одну из десяти возможных схем усилителей, получить информацию о работе и показателях всех остальных

Использование информационно-аналитической системы позволяет не только существенно облегчить проектирование усилительных каскадов, но и получить необходимую информацию для изучения особенностей их функционирования каскада и возникающих ограничений, а также оптимизировать последующий этап моделирования в среде специализированных САПР.

ПРИБОР ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ

Ивженко О. О.

Научный руководитель: к.т.н., Бразовский В. В.
Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова,
656038, г.Барнаул, пр-т Ленина, 46,
E-mail: Oksana_Ivzhenko_@mail.ru

Для определения дисперсионного состава двухкомпонентных потоков, образованных при распыливании жидкостей в газах, применяются приборы и методы, одним из самых распространенных являются приборы, изготовленные на базе твердотельного лазера с длиной волны 750 нм и производят анализ образцов в водных и органических средах или в сухом виде. Время анализа: 15 - 90 секунд, область распределения измеряемых размеров частиц от 0,04 мкм до 2000 мкм. Результаты рассчитываются из данных дифракции с использованием теории Фраунгофера и теории Ми и представляются в виде распределения частиц по объему. Столь высокие показатели прибора достигаются за счет использования стационарной схемы измерения и, соответственно, значительного времени работы с объектом для проведения анализа. В то же время процесс работы форсунки дизельного двигателя при распылении топлива относится к быстропротекающему. Очевидно, подобные приборы высокой точности не могут быть использованы для этой цели как из-за высокой скорости дисперсного потока, так и по технологическим причинам.

Не менее серьезной проблемой для методов, основанных на теории Ми, является неоднозначность решения обратной задачи рассеяния, приводящая, в частности, к отрицательным значениям функции распределения частиц по размерам в области малых диаметров последних [1, 2]. Кроме проблем чисто вычислительного характера имеются и проблемы физического и технического характера. Прежде всего, в данном методе не учитывается интерференция излучения, рассеянного различными частицами. Еще одна проблема при регистрации возникает за счет наличия посторонних примесей в распыляемом топливе. Неоднородность в дисперсной струе приводит к неконтролируемым отклонениям рассеянного излучения и приводит к дополнительным ошибкам результатов измерений, которые могут оказаться весьма существенными [3].

Указанных недостатков лишен голографический метод [4]. Голографический метод регист-

рации волновых полей позволяет записать и хранить полную информацию об исследуемом объекте, в частности, информацию о размерах и пространственном расположении аэрозольных частиц. Для регистрации голограммы быстро движущихся частиц обычно применяется импульсный рубиновый лазер с длительностью импульса порядка 10^{-8} с. Апостериорное изучение описанного динамического объекта до настоящего времени производилось путем визуального наблюдения восстановленного с помощью непрерывного газового лазера изображения объекта в микроскоп, обладающий малой глубиной резкости. Это дает возможность наблюдать отдельные слои исследуемого объекта. Такой метод исследования обладает существенными недостатками, главный из которых - отсутствие какой-либо автоматизации обработки данных эксперимента. Кроме этого, на восстановленном изображении присутствуют шумы, создаваемые частицами объемного ансамбля, находящимися вне плоскости фокусировки микроскопа. Для получения голографической картины в этом случае должны быть предъявлены очень высокие требования к используемой оптике и пространственной структуре лазерного излучения, что для технического объекта осуществить практически невозможно. Наибольшими перспективами в настоящее время обладает метод числовой голографии, не получивший в свое время широкого распространения в силу низкой производительности вычислительных машин [5].

Авторами настоящей работы создан экспериментальный стенд (рис.1), который позволяет исследовать параметры процесса распыления. Осуществлена голографическая регистрация капель распыляемого топлива при работе форсунки дизельного двигателя А-01.

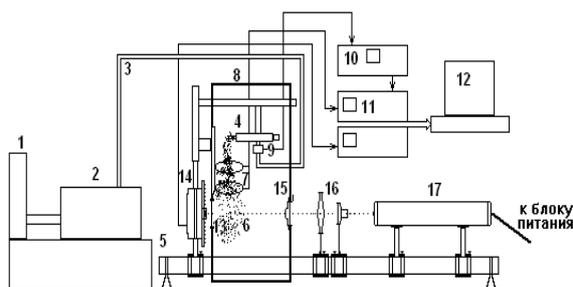


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – емкость топлива; 2 – топливный насос; 3 – трубопровод; 4 – форсунка; 5 – крепежный штатив; 6 – дисперсный поток; 7 – сечения с датчиками; 8 – защитный кожух; 9 – тензодатчик; 10 – тензометрический усилитель; 11 – блок обработки сигналов с датчиков сечений; 12 – ЭВМ; 13 – защитное стекло матрицы камеры; 14 – скоростная видеокамера VS-СТТ-285-2001; 15 – диафрагма; 16 – коллиматор; 17 – лазер ЛГ-72.

Для получения голограммы использована осевая схема регистрации. Особенностью установки является использование в качестве регистрирующего материала матрицы скоростной цифровой камеры VS-СТТ-285-2001 с размером пиксела 6,45 мкм и габаритами матрицы 8,8x6,6 мм. Отметим, что размер пиксела сравним и для ряда материалов даже меньше зерна фоточувствительных пленок. Другим преимуществом перед использованием пленок является линейная зависимость от интенсивности падающего излучения, чего для пленок принципиально недостижимо (у последних – логарифмическая зависимость).

Для обеспечения необходимого разрешения регистрируемый объект располагался на расстоянии около 15 см от матрицы цифровой камеры. На матрицу сначала регистрировалось излучение лазера без исследуемых капель, затем излучение, прошедшее через дисперсный поток. Первая картина вычиталась из второй. Это позволило избавиться от постоянной засветки матрицы, которой техническими средствами устранить не удавалось. В результате этих операций остается чистая голографическая картина, которая далее подвергается обработке.

Голограмма выдается в виде BMP-файла размером 1360x1024 точек. Восстановление картины с хорошим разрешением обычными вычислительными методами достаточно долго. Поэтому численный анализ полученных картин осуществляется поисковыми методами по выборке отдельных зарегистрированных частиц и построении качественного распределения их по размерам (рис.2).

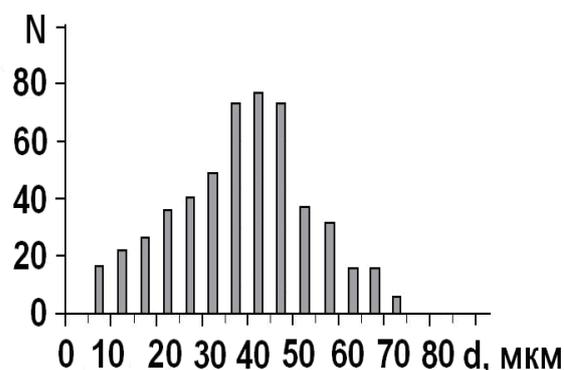


Рис. 2. Распределение капель по размерам для форсунки А-01.

Литература

1. Шифрин К.С., Чайнова Э.А. Определение спектра частиц по индикатрисе рассеяния // Изв. АН СССР, 1966. Т.2, №2.
2. Шифрин К.С., Пунина В.А. Об индикатрисе рассеяния света в области малых углов // Изв. АН СССР, 1968. Т.4, №7.
3. Гуляев П.Ю., Иордан В. И., Карпов И.Е., Еськов А.В. Ошибка восстановления функции распределения частиц по размерам в методе малых углов // Вестник АлтГТУ. 1999. № 2 .
4. Д.И.Стаселько. Особенности голографической регистрации быстротекающих процессов при использовании импульсного лазера на рубине./ В сб. "Оптическая голография".- Л., "Наука", 1975, с.4.
5. А.И.Водзинский, В.А.Сойфер, А.Г.Храмов. Исследование пространственных ансамблей частиц с применением метода числовой голографии / Материалы 9 Всесоюзной школы по голографии. ЛИЯФ, Л., 1977.

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ВНУТРИТРУБНЫХ ОБЪЕКТОВ

Калиниченко А.Н., Лапшин Б.М.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: lex-k@tpu.ru

В последние десятилетия в трубопроводном транспорте нефти и газа начали широко использовать акустические приборы для автоматического контроля прохождения всех видов очистных устройств, поршней и средств внутритрубной диагностики, движущихся с потоком перекачиваемой жидкости по трубопроводу при различных условиях технологического процесса, и передачи необходимой информации в автоматизированную систему управления продуктопроводом. [1]

По шумам, при помощи таких приборов, устанавливаемых на трубопровод без нарушения его целостности (без врезки в трубу) (рис. 1), определяют момент прохождения внутритрубным объектом (ВТО) контрольной точки.

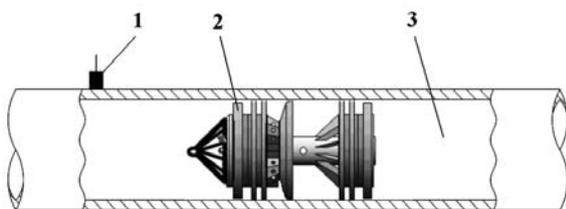


Рис. 1 Принцип работы сигнализатора прохождения ВТО, работающего на пассивном акустическом методе: 1 – модуль первичного преобразования, обработки и передачи сигнала; 2 – ВТО; 3 – трубопровод.

Все акустические сигналы (шумы) можно разделить на две группы: акустические помехи (например, течение продукта по трубопроводу, осадки, работа насосно-перекачивающих станций и др. случайные внешние акустические сигналы) и акустические сигналы от прохождения ВТО, источником которых является трение ВТО о стенку трубопровода, основная энергия которого сосредоточена в определенном частотном диапазоне. Работая в таком диапазоне частот, аппаратура способна выделять полезный сигнал на фоне помех, что позволяет зафиксировать момент прохождения ВТО (устройства из твердых материалов, снабженных уплотняющими кольцевыми манжетами, например, из резины или полиуретана; устройства из мягких материалов, например, из поролона) при скорости потока от 0,1 до 10 м/сек.

Однако в литературе указывается достаточно противоречивая информация по выбору частотного диапазона, в котором должен работать акустический сигнализатор: в одном случае эта частоты от 10 до 4300 кГц [2], в другом случае – от 100 до 200 кГц [3].

В связи с этим существует проблема – какой частотный диапазон использовать для достоверного контроля прохождения ВТО.

Цель работы – разработка установки для исследования акустических сигналов, возникающих при прохождении ВТО. Конечной целью установки является создание условий достоверной работы акустического датчика.

Главной задачей экспериментальных исследований является исследование распределения частотного спектра акустического сигнала в зависимости от материала, из которого изготовлен ВТО, а так же скорости его передвижения. Тем самым можем определить условия достоверной работы акустического датчика, что в основном определяет возможность использования акустических сигнализаторов прохождения ВТО в эксплуатационных условиях. Кроме того, задачей испытаний является исследование вышеуказанных параметров в зависимости от типа транспортируемой по трубопроводу среды: жидкой или газообразной.

Для предварительного определения условий достоверной работы акустического датчика были приняты следующие практические соображения:

- аппаратура должна обнаруживать ВТО, движущийся по трубопроводу со скоростями от 0,1 до 6 м/с, однако при случайных ускорениях скорость ВТО может достигать до 10,0 м/с;
- толщина стенок трубопровода 8 – 15 мм;
- аппаратура должна обеспечивать конструкционную целостность трубопровода;
- аппаратура должна обеспечивать простоту и надежность обслуживания, а так же отсутствие вредного воздействия на обслуживающий персонал и окружающую среду.

Для проведения экспериментальных исследований была разработана и сооружена специальная установка, принципиальная схема которой приведена на рис. 2.

Испытуемый образец (1) жестко закреплен на валу (2) и контактирует с поверхностью участка трубопровода (3). Вращение вала (2) передается от электродвигателя (4), при помощи ременной передачи со шкивами (5). Электродвигатель (4) закреплен на стойке (6), которая может перемещаться по направляющим (7) для регулировки натяжения ремней при изменении скорости вращения вала (2) с испытуемым образцом (1).

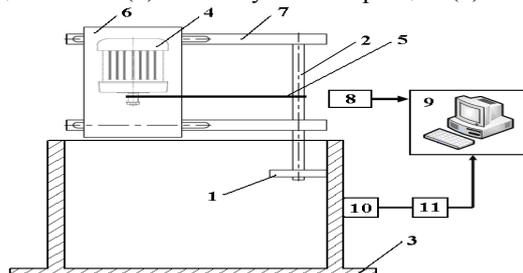


Рис. 2 Принципиальная схема экспериментальной установки: 1 – испытуемый образец; 2 – вал для крепления испытуемого образца; 3 – участок трубопровода; 4 – электродвигатель; 5 – ременная передача со шкивами; 6 – стойка; 7 – направляющие; 8 – датчик для замера скорости вращения; 9 – персональный компьютер; 10 – приемный преобразователь; 11 – аналого-цифровой преобразователь (АЦП).

Устройство для замера частоты оборотов (8) и, следовательно, скорости скольжения установлено напротив вала (2) и состоит из датчика, который при каждом прохождении светоотражающей метки, закрепленной на валу (2), подает сигнал на персональный компьютер (9) – на котором при помощи специального программного обеспечения выводится информация о скорости вращения.

При экспериментальных исследованиях регистрируются акустические сигналы. Для этого к участку трубопровода был прикреплен приемный преобразователь (10), который передает акустические сигналы для первичной обработки на АЦП PCS500 (11). После чего преобразованные сигналы поступают на персональный компьютер (10) для окончательной обработки.

С учетом выбранного частотного диапазона (30 – 300 кГц), в котором при перемещении ВТО фиксируется основное количество акустических сигналов, в экспериментах для регистрации акустических сигналов используется набор узкополосных приемных акустических преобразователей с различными параметрами. Пьезоэлектрические пластины преобразователей изготовлены из пьезокерамики ЦТС-19 и имеют параметры, которые приведены в таблице 1. Набор таких пластин позволяет полностью перекрыть частотный диапазон, в котором будут проводиться исследования.

Аппаратура для обработки сигналов содержит РС Осциллограф PCS500 с установленным на персональном компьютере программным обеспечением, которое позволяет проводить спектральный анализ акустического сигнала, полученного с приемного преобразователя.

Таблица 1. Параметры пьезоэлектрических пластин из пьезокерамики ЦТС-19

№	Толщина пластины t , мм	Резонансная частота пластины f , кГц
1	15	100
2	12	110
3	10	130
4	8	165
5	6	220
6	4	300

Испытания образцов проводятся по схеме диск – плоскость: образцы из исследуемых материалов (диск с наружным диаметром 150 мм) скользит по поверхности участка трубопровода с

заданными скоростями. Условия испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2. Условия проведения испытаний.

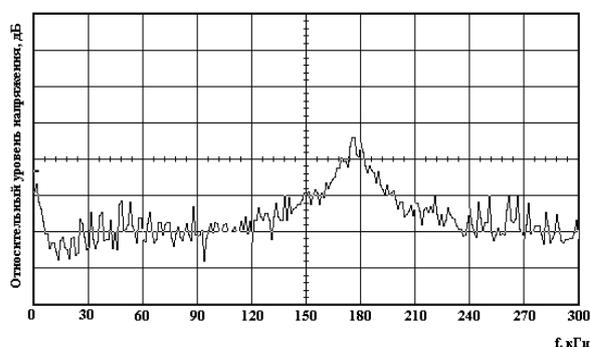
№	Скорость скольжения V , м/с	Частота вращения испытуемого образца f , об./мин
1	0,3	40
2	0,5	65
3	1	130
4	2	255
5	3	380
6	5	635

Как видно из таблицы условия испытаний перекрывают практически весь требуемый диапазон скоростей перемещения ВТО.

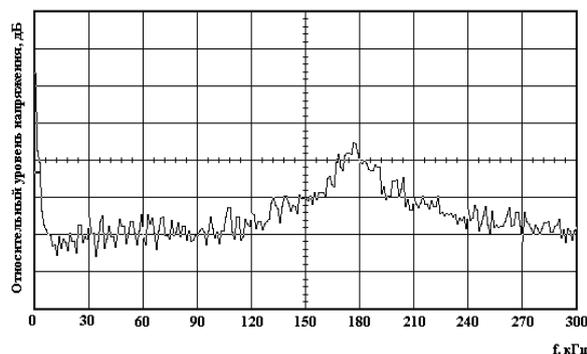
Исходя из опыта применения стандартных типов ВТО, были изготовлены образцы из следующих материалов: металлический диск из обрезков стального троса; металлический диск из жесткой проволоки; диск из высокоэластичной, вибростойкой, износостойкой, устойчивой к действию топлива и масел резины; два диска из разных марок полиуретана – материала подходящего на смену резине.

Таблица 3. Сравнительные физико-механические характеристики резины и полиуретана

Наименование показателей	Значение для резины	Значение для полиуретана
Условная прочность при растяжении, МПа (кгс/см ²)	20 (130)	30 (350)
Относительное удлинение при разрыве, % не менее	300	300-600
Твердость, единица Шора А	40-50	55-97
Истираемость, м ³ /т ДЖ не более	45-80	11,25-26,6
Диапазон рабочей температуры, °С	от –30 до +130	от –40 до +110



а



б

Рис. 3 Частотные спектры: а – собственных шумов датчика с пьезопластиной диаметром 10 мм и толщиной 8 мм, при выключенной установке; б – акустических шумов включенной установки.

Тестирование системы производилось без контакта образец – стенка трубопровода. Полученный при помощи вышеописанной аппаратуры спектр акустических шумов установки приведен на рис. 3б.

Как видно из рис. 3а и 3б спектр акустических шумов установки практически не отличается от собственных шумов датчика, что позво-

ляет работать только с исследуемым акустическим сигналом, полученным в результате трения образца о стенку участка трубопровода.

Литература

1. Штин И.В., Тарасов А.П., Размыслов А.Г., Лапшин Б.М. Опыт эксплуатации сигнализаторов прохождения внутритрубных объектов типа СПРА-4. – Трубопроводный транспорт нефти: ежемесячный журнал. – М.: Транснефть, 2004.

№ 3 (2004).

2. Патент 2030678 РФ. МПК F17D5/00. Устройство для контроля прохождения очистного объекта в трубопроводе / В.А. Алексеев, В.А. Донченко, А.Г. Сакенко, В.Я. Шаповалов. - 5022573/29; Заявлено 16.01.1992; Опубл. 10.03.1995.

3. А.с. 1629684 СССР. МПК F17D5/00. Устройство контроля прохождения очистных объектов в трубопроводах / Б.М. Лапшин, И.В. Штин, Е.Д. Николаева, В.А. Саенко. – 4687835; Заявлено 31.03.1989; Опубл. 23.02.1991

ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗАО «СЕВЕРСКИЙ СТЕКОЛЬНЫЙ ЗАВОД»

Корф Е.Д.

Научный руководитель: Чулков Н.А., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: korf-kat@mail.ru

Согласно федеральному закону Российской Федерации «об Охране окружающей среды» качество окружающей среды - состояние окружающей среды, которое характеризуется физическими, химическими, биологическими и иными показателями и (или) их совокупностью [1].

Любая производственная деятельность оказывает негативное воздействие на окружающую среду. Задача руководства каждого предприятия – минимизировать воздействие на окружающую среду: сократить, выбросы в атмосферу, сбросы сточных вод, количество твердых бытовых отходов, а также сократить уровень энергетических отходов (шум, вибрация,

ультразвук, инфразвук, изменение микроклимата окружающей среды и т.д.)

Северский стекольный завод функционирует с 2004 года в поселке Самусь, принадлежащего ЗАО Северск Томской области.

ЗАО «Северский стекольный завод» находится на территории ЗАО Северск и является одним из его производственных объектов.

Основной сферой деятельности предприятия является производство различных стекольных изделий (стеклотары): банки, бутылки.

Источники загрязнения окружающей среды ЗАО «Северский стекольный завод» расположены на одной площадке в поселке Самусь.

К основным объектам ЗАО «Северский стекольный завод» относятся:

- составной цех
- стекловаренный цех.
- складской участок.

Основным достоинством ЗАО «Северский стекольный завод» в области охраны окружающей среды является не только отсутствие твердых бытовых отходов собственного производства, но и переработка твердых бытовых отходов других производств, например, Томского электролампового заводы. Привозной и собственной стеклобой перемешивают с шихтой, состоящей из следующих материалов: кварцевого песка, соды кальцинированной, натриевой селитры, полевого шпата, сульфата, мела. И эта смесь из составного цеха поступает в стекловаренный цех, где загружается в печь.

ЗАО «Северский стекольный завод» - это ресурсосберегающее предприятие, использующее вторичные сырьевые ресурсы в своём производстве.

Однако, охрана окружающей среды при производственном процессе на ЗАО «Северский стекольный завод» связана, прежде всего, с уменьшением выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от составного цеха, стекловаренной печи, участка обработки изделий (отжиг): пыли стекла, оксидов азота, серы, оксидов углерода, примесей оксидов меди и кобальта (для повышения прочности и пластичности изделий), дихлорида олова (на участке горячего напыления).

Увеличение содержания углекислого газа в атмосфере ведёт к повышению температуры Земли. При увеличении содержания CO_2 можно ожидать повышения средней температуры Земли, хотя зависимость между этими параметрами довольно сложная. Было проведено множество модельных исследований по этой проблеме. Судя по их результатам, примерное удвоение содержания CO_2 произойдет около 2040 года, в результате чего средняя температура планеты возрастёт на 2 или 3 С. В полярных районах повышение температуры может превысить данное значение в несколько раз. Считается вероятным, что около 2000г. содержание CO_2 будет составлять ~400млн. ,что вызовет повышение температуры на 1С, причём

также с более значительным повышением в полярных областях.

Содержание водяного пара также может измениться при изменении температуры. Таким образом, конечным результатом изменения концентрации CO_2 в атмосфере могут стать сложные климатические процессы, связанные с изменением, как температуры, так и процессов образования осадков.

Оксиды азота находятся в атмосферном воздухе до 2-5 суток, перемешиваясь с потоками воздуха на расстояния до 1000 км. За это время происходит их превращение в кислоты, и смог из атмосферы попадает с осадками в почву и поверхностные воды, главным образом в виде слабых растворов азотной и азотистой кислот.

Для очистки запыленного воздуха в производственном процессе на предприятие установлены современные природоохранные сооружения, циклоны и рукавные фильтры (шесть циклонов и десять фильтров на линиях доломита, песка, стеклобоя, шихты, соды). Осажденная пыль из циклонов и рукавных фильтров поступает обратно на ленточный конвейер соответствующей линии.

Сокращению выбросов в атмосферу от стекловаренной печи способствует использование топлив, в процессе сжигания которых образуется меньше загрязняющих веществ, а также применение усовершенствованных технологических процессов и оборудования. Северский стекольный завод использует природный газ в качестве топлива. Газ является наиболее целесообразным с экологической точки зрения видом топлива. На единицу производимой энергии он оказывает наименьшее воздействие на окружающую среду, в особенности на воздух и хвойные леса.

Для отвода газов в атмосферу от стекловаренной печи на ЗАО «Северский стекольный завод» используют дымовую трубу. Труба спроектирована в соответствии с [2]. Она обеспечивает эффективное рассеивание газов в атмосфере.

Однако, помимо трубы, имеется еще ряд источников выбросов в атмосферу, таких как, три вытяжки, установленных у точильно-шлифовального станка в целях уменьшения концентрации пыли стекла в воздухе рабочей зоны. Также имеется четыре неорганизован-

ных источника выбросов в атмосферу (металлические ворота). Влияние этих источников на окружающую среду требует изучения.

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) отделяет территорию промышленной площадки от жилой застройки, ландшафтно-рекреационной зоны, зоны отдыха, курорта с обязательным обозначением границ специальными информационными знаками [3].

Санитарно-защитная зона является обязательным элементом любого объекта, который является источником воздействия на среду обитания и здоровье человека.

Использование площадей СЗЗ осуществляется с учетом ограничений, установленных действующим законодательством и настоящими нормами и правилами. Санитарно-защитная зона утверждается в установленном порядке в соответствии с законодательством Российской Федерации при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии санитарным нормам и правилам.

Для объектов, их отдельных зданий и сооружений с технологическими процессами, являющимися источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, в зависимости от мощности, условий эксплуатации, характера и количества выделяемых в окружающую среду загрязняющих веществ, создаваемого шума, вибрации и других вредных физических факторов, а также с учетом предусматриваемых мер по уменьшению неблагоприятного влияния их на среду обитания и здоровье человека, в соответствии с санитарной классификацией предприятий, производств и объектов устанавливаются следующие размеры санитарно-защитных зон:

- предприятия первого класса - 1000 м;
- предприятия второго класса - 500 м;
- предприятия третьего класса - 300 м;
- предприятия четвертого класса - 100 м;
- предприятия пятого класса - 50 м.

Согласно санитарной классификации предприятий ЗАО «Северский стекольный завод» относится к предприятиям четвертого класса с санитарно-защитной зоной 50 м, как объект ведущим фактором которого является шумовое воздействие на население. Сделан вывод,

что существующие границы СЗЗ соответствуют установленным нормам.

Нами были проведены измерения концентрации окислов азота и углерода и шумового загрязнения на границе санитарно-защитной зоны ЗАО «Северский стекольный завод».

Измерения были проведены 24 июля 2009 года.

Условия проведения измерений:

Температура воздуха $t = 18^{\circ}\text{C}$;

Скорость ветра $v = 1.8$ м/с; направление северное;

Облачно.

Измерения были проведены в присутствии инженера-эколога труда Решетниковой Н.П.

Данные измерений представлены в таблице 1

Таблица 1. Измерения на границе СЗЗ

Определяемые показатели	Результаты испытаний, исследований	Величина допустимого уровня
Оксид азота	<0,13	0,4
Диоксид азота	<0,04	0,2
Оксид углерода	< 1	3
Шумовое воздействие	58	60

По результатам проведенных измерений концентрация оксидов азота и углерода соответствует требованиям санитарных норм.

Шумовое воздействие соответствует требованиям санитарных норм.

ЗАО «Северский стекольный завод» является современным производственным предприятием. Но тем не менее оно не может функционировать не нанося урон окружающей среде. Предприятие оснащено современной техникой и природоохранными сооружениями, которые сводят этот урон к минимуму.

Список использованной литературы:

- Федеральный закон Российской Федерации от 10.01.2002 №7-ФЗ.
- СНИП-2.09.03-85 «Сооружения промышленных предприятий».
- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1.200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий».

УСЛОВИЯ ТРУДА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ЗАО «СЕВЕРСКИЙ СТЕКОЛЬНЫЙ ЗАВОД»

Корф Е.Д.

Научный руководитель: Чулков Н.А., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: korf-kat@mail.ru

В настоящее время в России эффективность производственной деятельности и функционирование технологического процесса напрямую зависят от состояния трудовых ресурсов. Руководитель каждого конкретного предприятия обязан следить за условиями труда своих кадров. Условия труда и состояние рабочих мест влияют на эффективность трудовой деятельности, поэтому каждый работник имеет право получить максимально комфортное и безопасное для жизни и здоровья рабочее место.

Обеспечение трудящихся комфортными и безопасными рабочими местами – это задача государственного уровня. Важно сохранять квалифицированные кадры в стране и создавать им достойные условия труда. Государство управляет условиями труда по средствам законодательных механизмов. Существуют государственные стандарты в области управления охраной труда. основополагающим стандартом в этой области является ССБТ ГОСТ Р 12.0.006-2002 Общие требования к управлению охраной труда в организации.

В основе методологии создания и функционирования систем управления условиями труда, определяемой международными стандартами ИСО серии 9000, положены известные принципы: «планируй — выполняй — контролируй — совершенствуй», реализуемые в рамках политики в рассматриваемом направлении деятельности. Модель такого подхода приведена на рисунке 1.

Система управления охраной труда должна предусматривать [1]:

- планирование показателей условий и охраны труда;
- контроль плановых показателей;
- возможность осуществления корректирующих и предупредительных действий;
- внутренний аудит системы управления охраной труда и анализ ее функционирования, с тем чтобы обеспечивать соответствие этой системы принятой политике и ее последовательное совершенствование;
- возможность адаптации к изменяющимся обстоятельствам;
- возможность интеграции в общую систему управления (менеджмента) организации в виде отдельной подсистемы.

В организации должен быть назначен руководитель (специальный представитель руководства), который независимо от других возложенных на него "обязанностей" должен нести ответственность и обладать полномочиями для:

- организации разработки, внедрения и обеспечения функционирования системы управления охраной труда в соответствии с настоящим стандартом;
- обеспечения выполнения всех нормативных требований охраны труда на всех рабочих местах и во всех областях деятельности организации;
- инициирования проведения мероприятий, направленных на улучшение условий и охраны труда, совершенствование системы управления охраной труда, а также на предупреждение профессиональных заболеваний, несчастных случаев и аварий;
- выявления и регистрации любых проблем, касающихся условий и охраны труда;
- выработки рекомендаций и обеспечения выполнения решений по совершенствованию охраны труда;
- организации работ по аттестации рабочих мест по охране труда;
- проверки выполнения принятых решений;
- управления устранением несоответствий;
- регулярного представления отчетности о функционировании системы управления охраной труда с целью анализа и использования ее руководством организации для совершенствования системы управления охраной труда.

Рис.1. Модель системы управления охраной труда.



При аттестации рабочих мест проводят оценку условий труда и травмобезопасности рабочих мест. При этом учитывают наличие средств коллективной защиты, обеспеченность работников средствами индивидуальной защиты и определяют эффективность этих средств.

В соответствии со [2] работодатель обязан обеспечить безопасность работников при эксплуатации зданий, сооружений, оборудования, осуще-

ствлении технологических процессов, а также применяемых в производстве инструментов, сы-
рабочих мест по условиям труда с последующей
сертификацией организации работ по охране тру-
да.

Порядок проведения аттестации рабочих мест
приведен в [3]. Аттестация рабочих мест по усло-
виям труда предполагает проведение оценки усло-
вий труда на рабочих местах в целях выявления
вредных и (или) опасных производственных фак-
торов и осуществления мероприятий по приведе-
нию условий труда в соответствие с государст-
венными нормативными требованиями охраны
труда.

Результаты аттестации рабочих мест по усло-
виям труда, проведенной в соответствии с Поряд-
ком, используются в целях:

- контроля состояния условий труда на
рабочих местах и правильности обеспечения
работников сертифицированными средствами
индивидуальной и коллективной защиты;
- оценки профессионального риска как
вероятности повреждения (утраты) здоровья;
- принятия мер по надлежащему санитарно-
бытовому и профилактическому обеспечению
работников организации;
- обоснования планирования и
финансирования мероприятий по улучшению
условий и охраны труда в организациях, в том
числе за счет средств на обязательное социальное
страхование от несчастных случаев на
производстве и профессиональных заболеваний;
- проведения мероприятий по
осуществлению федеральным органом
исполнительной власти, уполномоченным на
проведение государственного надзора и контроля
за соблюдением трудового законодательства и
иных нормативных правовых актов, содержащих
нормы трудового права;

применения предусмотренных законодательст-
вом мер ответственности к лицам, виновным в
нарушениях законодательства об охране труда.

Северский стекольный завод функционирует с
2004 года в поселке Самусь, принадлежащего ЗАО
Северск Томской области.

ЗАО «Северский стекольный завод» находится
на территории ЗАТО Северск и является одним из
его производственных объектов.

Основной сферой деятельности предприятия
является производство различных стекольных
изделий (стеклотары): банки, бутылки.

К основным объектам ЗАО «Северский сте-
кольный завод» относится:

- составной цех

рья и материалов. Следовательно, на работодателя
возлагается обязанность проведения аттестации

- стекловаренный цех.

- складской участок.

На предприятие существует отдел по охране
труда, который ведёт политику организации охра-
ны труда. Ответственный за управление условия-
ми рабочих мест на ЗАО «Северский стекольный
завод» - инженер по охране труда.

Аттестация рабочих мест стекловаренного це-
ха показала, таких как, засыпщик шихты, стекло-
вар, наладчик стекольных автоматов и полуавто-
матов, оператор стеклоформирующих машин и
машинист штабелеформирующей машины, пока-
зала, что условия труда не соответствуют требо-
ваниям санитарных норм. Основными вредными
производственными факторами стекловаренного
цеха показатели микроклимата рабочей зоны
(температура воздуха в стекловаренном цехе пре-
вышает 30°C); повышенный уровень шума, воз-
никающий в результате производственной дея-
тельности; уменьшение концентрации токсичных
и вредных веществ в воздухе рабочей зоны (пыль
стекла, кремний содержащие аэрозоли). Для того,
чтобы уменьшить воздействие вредных факторов
на работников, руководство завода обеспечивает
их всеми необходимыми средствами индивиду-
альной защиты (респираторы, беруши, спецодеж-
да); следит за периодичностью медосмотров в це-
лях профилактики профессиональных заболева-
ний (ухудшение слуха, туберкулёз); следит за не-
обходимым режимом труда и отдыха сотрудни-
ков.

Приоритетной задачей для отдела охраны тру-
да ЗАО «Северский стекольный завод» становится
снижение показателей по вредным факторам:

- для снижения температуры в стекловаренном
цехе необходимо установить систему местного
кондиционирования;

- для снижения уровня шума необходимо при-
менить звукоизолирующие средства в источнике
возникновения шума;

- для снижения концентрации вредных веществ
в воздухе рабочей зоны нужно увеличить крат-
ность воздухообмена в производственном поме-
щении.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 12.0.006-2002 Общие требования
к управлению охраной труда в организации.
2. Трудовой кодекс Российской Федерации
от 30.12.2001 № 197-ФЗ.
3. Порядок проведения аттестации рабочих
мест по условиям труда от 31.08.2007.

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛЁТНОЙ ГОДНОСТИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Корчевская А.В.

Научные руководители – Чарушина Е.Б., старший преподаватель кафедры ТХНГСС,
Кожушко А.А., старший преподаватель кафедры ТХНГСС
Омский государственный технический университет,
644050, Россия, г. Омск, пр. Мира 11
E-mail: thngss@rambler.ru

В связи с тем, что в настоящее время происходит рост мирового парка воздушных судов, увеличение объемов перевозок, загруженности воздушных трасс, это, в свою очередь отражается и на Российской авиации. Более 75 % самолетов и вертолетов парка воздушных сил (ВС) гражданской авиации РФ имеют аттестат о годности к эксплуатации и срок службы более 15 лет. По международным меркам они относятся к "старейшему" парку ВС (Aging Airplanes), для которого должны существовать специальные программы и нормы поддержания их летной годности. В настоящее время идет замена авиационного парка России, расширяется парк иностранных самолётов, происходит увеличение транзитных перевозок через Российскую Федерацию - это всё не позволяет традиционными способами обеспечивать приемлемый уровень безопасности полетов. Эти способы, связанные с реагированием на уже произошедшие авиационные события и соблюдением нормативных требований, на сегодняшний день малоэффективны. Поэтому ключевая роль в управлении безопасностью полетов отводится превентивному выявлению латентных условий возможного авиационного события. [1]

На основании этого одной из тенденций развития мировой авиационной науки, связанной с повышением эффективности обеспечения безопасности полетов, является возрастание интереса к фундаментальным и прикладным исследованиям различных аспектов риска. Важным моментом здесь является то, что происходит внедрение управляющих воздействий на существующие риски не только в финансовой деятельности эксплуатантов авиационной техники, но и в производственных блоках авиакомпаний. [2]

Как известно, независимо от используемой модели установления причин авиационных событий, подлежащих расследованию, перед данными событиями проявляются их предвестники, так называемые опасные условия. Как правило, они всегда бывают очевидными. Для выявления и подтверждения таких опасных условий требуется проведение объективного и всестороннего анализа факторов риска. В связи с этим существующие методы количественной оценки безопасности полётов получают новый этап развития.

Оценки рисков – это натурально-вещественный и стоимостный анализ всех рисковых обстоятельств, характеризующих параметры риска.

Методы оценки рисков:

- метод индивидуальных оценок;
- метод средних величин;
- метод процентов.

В процессе анализа операционных рисков происходит не только выработка конкретных мероприятий по ликвидации последствий происходящих инцидентов, но и в отдельных случаях, по предотвращению неблагоприятных событий, по формированию бюджета и контролю целевого использования вложенных в производство средств.

Отмеченные факторы, определяют жизненную необходимость и актуальность постановки и решения проблемы обеспечения комплексной безопасности на строго научной основе с учетом всех аспектов этой многофакторной проблемы.

Выявление факторов риска для всего производственного блока авиационного предприятия является сложной и многосторонней задачей, решение которой до конца пока не представляется возможным.

Главнейшим проблемным вопросом обеспечения безопасности полетов является совершенствование современной нормативной и законодательной базы в части поддержания летной годности воздушных судов. Именно организация работ по созданию и совершенствованию нормативной базы в гражданской авиации, является "узким местом" в системе государственного регулирования. Нельзя не сказать о проблемах, связанных с очередным перераспределением функций Росавиации и Ространснадзора. Воздушное законодательство России (имеются в виду приказы, положения, инструкции) достаточно полно отражает необходимые функции государственной регистрации. Однако в процессе образования Росавиации и Ространснадзора следовало бы более четко определить их полномочия по реализации функций государства регистрации в области сохранения летной годности, прописанные в 4-й главе приложения 8 к Чикагской Конвенции.

В настоящее время при анализе существующих нормативных баз по поддержанию летной годности (ПЛГ) авиационной техники (АТ), определяются структура и система их работы. В авиационной общественности мира происходят стремительные процессы гармонизации авиационных законодательств при весьма ограниченном участии России. За основу международных стандартов принята нормативная база Европейского

Агентства Безопасности Полетов, как новейшая и прогрессирующая на сегодняшний день. Сегодня происходит переход от нормативной базы JAA к EASA (стандарты Европейского агентства по авиационной безопасности). Система нормативно-технической документации FAA проводит активную работу по сближению с европейским законодательством. Данный пример перехода от одной системы к другой системе нормативно-технической документации (НТД) полезен для отечественного опыта. При гармонизации отечественной системы НТД необходимо рассматривать структуру, содержание и параметры эффективности НТД по ПЛГ АТ, а также ее концептуальные положения существования. Таким образом необходимо провести гармонизацию норм и стандартов для обеспечения единства подходов при разработке, производстве, эксплуатации авиатехники и проведении ее испытаний, сертификации.

В работе предлагается создание метода гармонизации систем нормативно-технической документации по поддержанию летной годности авиационной техники. Процесс гармонизации систем НТД строится на использовании трех методологий: графической, логической и математической, а так же процессном подходе.

Процессный подход – это управленческая концепция, согласно которой управление есть непрерывная серия взаимосвязанных действий или функций управления.

Графической являются IDEF0 методологии, в основе которых стоит принцип построения общей визуальной модели бизнес-процессов новой системы нормативно-технической документации. IDEF0 – это методология используемая для создания функциональной модели, отображающей структуру и функции системы, а также потоки информации и материальных объектов, преобразуемых этими функциями. Методология IDEF0 основана на подходе, получившем название SADT (Structured Analysis & Design Technique — метод структурного анализа и проектирования), концепция которой основана на следующих положениях:

- модель, как искусственный элемент представляющий собой отображение системы и ее компонентов;
- блочное моделирование и графическое представление;
- лаконичность и точность;
- передача информации;
- строгость и формализм;
- итеративное моделирование;
- отделение «организации» от «функции». [3]

Для более детального сравнительного анализа необходимо построение моделей как существую-

щих, так и будущих систем нормативно-технической документации.

Логический метод применяется для анализа декомпозиции элементов системы при построении графической модели бизнес-процессов. В основу данной методологии был заложен метод MSG-3 анализа. Метод MSG-3 анализа позволяет определять влияющие факторы на элемент бизнес модели, а также закладки фундаментальных превентивных мер по надежности ее функционирования. Для формирования корректной структурной системы элементов в MSG-3 анализе с учетом влияющих факторов использовались немарковские модели. При окончательном построении новой бизнес модели системы нормативно-технической документации, требуется полная оценка итоговых временных и стоимостных результатов всех проанализированных и созданных систем НТД, которые являются основными критериями эффективности модели. В данном случае был использован метод системного анализа на основе механизма принятия решений.

Все представленные выше методологии образуют комплексный метод гармонизации любых систем нормативно-технической документации по поддержанию летной годности и анализа их эффективности. Результат эффективности анализа зависит от глубины построения бизнес модели, проработки связей и влияющих факторов.

Результатами данного исследования становятся: создание метода гармонизации систем нормативно-технической документации, модели будущей системы нормативно-технической документации по поддержанию летной годности авиационной техники и метода ее внедрения в современных условия функционирования гражданской авиации.

Список литературы:

1. Громов М.С., Диогенов С.В., Шапкин В.С. Проблемы государственного контроля и регулирования процессов поддержания летной годности и обеспечения безопасности полетов воздушных судов гражданской авиации на современном этапе и пути их решения. НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК МГТУ ГА – 2009. - № 141
2. Авиадвигателестроение. Качество, сертификация и лицензирование: учеб. пособие / В.Ф. Безъязычный [и др.]; под общ. ред. В.Ф. Безъязычного. М.: Машиностроение, 2003. - 840 с.
3. Р 50.1.28-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. Рекомендации по стандартизации. – М.: Госстандарт, 2001. – 75 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ИСТОЧНИКАХ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Коснырева Н.А., Ратникова Н.В.

Научный руководитель: Фоменко А.И., д.т.н., профессор
Череповецкий государственный университет, 162600, Россия, пр. Луначарского, 5
E-mail: fomenko@chsu.ru

В решении проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов одной из актуальных задач является повышение качества воды в источниках питьевого водоснабжения. В последние годы практически все источники питьевого водоснабжения подвергаются техногенному загрязнению. Это отражается на качестве питьевой воды, доставляемой населению. Правительством РФ утверждена Водная стратегия государства и план мероприятий по ее реализации на период до 2020 г., одной из приоритетных задач которой является обеспечение населения чистой питьевой водой [1]. Основными показателями, определяющими пригодность воды для разных категорий водопотребителей, является состав и концентрация содержащихся в ней примесей. Гигиенические требования к качеству воды систем питьевого водоснабжения и правила контроля качества воды, производимой и подаваемой системами питьевого водоснабжения населенных мест в России, устанавливаются по гигиеническим нормативам ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» и санитарно-эпидемиологическими правилами и нормами СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников».

Информация о результатах контроля качества воды, используемой для питьевого водоснабжения населенных мест, приведена во многих литературных источниках. По данным Роспотребнадзора [2] качество воды в источниках питьевого водоснабжения на территории Российской Федерации в 2008 г. по сравнению с 2007 г. ухудшилось на 2,9 % по санитарно-химическим показателям. Для Северо-Западного федерального округа этот показатель составил 26,1 %, что значительно превышает средние показатели по РФ.

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения городов и населенных пунктов Вологодской области используются поверхностные и подземные воды. Основным источником водоснабжения являются поверхностные воды, покрывающие около 85 % потребности общего водопотребления. Доля подземных вод в водоснабжении области составляет около 15 %. Качество воды в источниках во-

доснабжения оценивается как неудовлетворительное. В целом по области в 2008 году доля неудовлетворительных проб питьевой воды по санитарно-химическим показателям составила 36,6 %, по микробиологическим показателям – 7,5 %.

Учитывая, что безвредность химического состава является одним из основных критериев качества питьевой воды, нами поставлена цель создания базы данных о качестве воды в источниках питьевого водоснабжения. Аналитические исследования, ориентированные на идентификацию широкого спектра соединений, будут способствовать совершенствованию системы контроля качества питьевой воды, что в свою очередь направлено на сохранение здоровья населения. Кроме того, анализ воды по санитарно-химическим показателям позволяет не только судить о качестве воды, но и служит необходимой основой для контроля выполнения требований санитарного законодательства по обустройству источников водоснабжения, а также для правильного подбора оборудования систем водочистки.

В качестве объекта исследования в данной работе рассмотрены источники нецентрализованного водоснабжения сельских населенных пунктов Вологодской области, расположенных в зоне техногенного воздействия предприятий Череповецкого промышленного комплекса.

Водозаборные сооружения нецентрализованного питьевого водоснабжения на исследуемой территории представлены, в основном, шахтными колодцами. В ходе проведенных исследований установлено, что в ряде сельских поселений используемые для питьевого водоснабжения источники не соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4.1175-02 по устройству и оборудованию водозаборных сооружений, а также по их месторасположению.

Основной задачей проводимых исследований являлась оценка степени соответствия показателей качества воды в источниках, используемых для питьевого водоснабжения сельских поселений, с точки зрения их соответствия санитарно-гигиеническим требованиям.

Исследования выполнены с применением ГОСТ и нормативных методик, регламентирующих требования к отбору проб, методы проведения количественного химического анализа состава, гигиенические требования к качеству питьевой воды. Пробы воды были отобраны на территории 69 сельских поселений из шахтных колодцев общественного и индивидуального пользования.

Отобранные пробы воды были проанализированы по показателям химического состава и обобщенным показателям качества. Перечень определяемых показателей включал химические вещества, наиболее часто встречающиеся в природных водах, а также вещества техногенного происхождения, получившие распространение на исследуемой территории. В качестве основных методов экспериментальных исследований использовались методы физико-химического и химического анализа качественного и количественного состава анализируемых проб воды. *Запах* определялся по ГОСТ 3351-74. Характер и интенсивность запаха воды исследованы при комнатной температуре и при нагревании до 60°C. Для определения *цветности* воды использовался фотометрический метод по ГОСТ 3351-74. *Мутность* воды определялась по ГОСТ 3351-74 фотометрическим методом путем сравнения проб исследуемой воды со стандартными суспензиями. Определение *сухого остатка* проводилось в соответствии с ПНД Ф 14.1:2.114-97 гравиметрическим методом. *Перманганатная окисляемость* определялась в соответствии с ПНД Ф 14.1:2.4.154-99. Для определения *жесткости*, содержания в воде *ионов кальция и магния* использовался титриметрический метод в соответствии с ПНД Ф 14.1:2.98-97 и ПНД Ф 14.1:2.95-97. Для определения содержания *ионов аммония, нитрат –ионов и нитрит –ионов* использовался фотометрический метод в соответствии с ПНД Ф 14.1:2.1-95 и ПНД Ф 14.1:2.4-95. Кроме того, содержание *нитрат - ионов* определялось потенциометрическим методом в соответствии с МКХА 1104-00209438-94-06. Массовое содержание *сульфат - ионов* определялось турбидиметрическим методом согласно МКХА 1104-00209438-22-01. Для определения содержания *хлорид - ионов* в воде использовался меркуриметрический метод согласно ПНД Ф 14.1:1.111-97. *Фосфат - ионы* определялись в соответствии с ПНД Ф 14.1:2.112-97 фотометрическим методом. Содержание *фторид - ионов и ионов натрия* устанавливалось потенциометрическим методом согласно МКХА 1104-00209438-17-01 и МКХА 1104-00209438-20-01. Для определения содержания *алюминия* в воде использовался фотометрический метод согласно МКХА 113-08-199-97. Содержание в воде *железа общего, ионов марганца, хрома и никеля* определялось фотометрическим методом в соответствии с ПНД Ф 14.1:2.50-96, ПНД Ф 14.1:2.103-97, ПНД Ф 14.1:2.52-96, ПНД Ф 14.1.46-96. Массовое содержание *ионов меди, кадмия, свинца и цинка* определялось инверсионно вольтамперометрическим методом согласно ПНД Ф 14.1:2.4.149-99. Содержание в воде *фенолов, анионоактивных поверхностно-активных веществ (АПАВ), формальдегида и нефтепродуктов* определялось флуориметрическим методом в соответствии с ПНД Ф 14.1:2.4.182-2-98, ПНД Ф 14.1:2.3:4.123-97, ПНД Ф 14.1:2.4.120-96 и ПНД Ф 14.1:2.4.128-98.

Данные результатов количественного химического анализа исследованных проб воды проанализи-

рованы по санитарно-химическим показателям качества на соответствие их требованиям СанПиН 2.1.4.1175-02. Полученные при выполнении исследований результаты показали, что условия хозяйственно-питьевого водоснабжения на исследуемой территории, в основном, характеризуются повышенной степенью потенциальной эпидемиологической опасности. Во всех пробах, отобранных из нецентрализованных источников водоснабжения населенных мест на исследуемой территории, качество питьевой воды по санитарно-химическим показателям, в основном, не соответствует требованиям СанПиН. Основными показателями, по которым питьевая вода не соответствует требованиям СанПиН, для большинства исследованных проб являются мутность, цветность, перманганатная окисляемость, ХПК, БПК₅, превышение ПДК по содержанию нитратов, ионов аммония, железа, марганца. В ряде проб установлено превышение ПДК по содержанию нефтепродуктов, формальдегида, ионов алюминия, свинца. Для исследованных водоисточников характерны определенные региональные типологические особенности. Все исследованные пробы воды характеризуются недостаточным содержанием ионов фтора.

Данные инвентаризации источников водоснабжения и выполненные химико-аналитические исследования показателей качества подземных вод, используемых для нецентрализованного питьевого водоснабжения, показали, что основные существующие проблемы гигиены водопользования на исследуемой территории связаны как с природным и техногенным загрязнением водоисточников, так и недостаточной санитарной надежностью существующих систем хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Таким образом, на основании данных инвентаризации источников водоснабжения и выполненных исследований, направленных на оценку гигиенической безопасности территории в зоне техногенного воздействия предприятий промышленного комплекса, установлено, что проблема обеспечения сельских населенных пунктов на исследуемой территории питьевой водой, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам, требует своего дальнейшего теоретического изучения и углубления технологических проработок.

Список литературы

1. Водная стратегия до 2020 года // Экология производства, 2009, № 11, с. 3-7.
2. Справка Роспотребнадзора о состоянии водных объектов в местах водопользования населения // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение, 2010, № 1, с. 12-22.

Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы» по ГК № П793.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЧЕРЕЗ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ

Кустова И. В.

Научный руководитель: Кононов В. А., к.т.н., доцент

ГОУ ВПО «Рыбинская государственная авиационная технологическая академия имени П. А. Соловьёва», 152934, Россия, Ярославская область, г. Рыбинск, ул. Пушкина, 53

E-mail: kustovaiv@mail.ru

Повышение качества подготовки специалистов технических специальностей с высшим образованием, и, в частности, специалистов авиационного профиля является одной из насущных задач современной России. Этого требует необходимость перехода на инновационный путь развития страны, о котором говорится во многих программных документах, опубликованных на уровне Президента Российской Федерации, Правительства, Федерального собрания.

Система менеджмента качества (СМК) высшего учебного заведения, разработанная и функционирующая на основе требований международного стандарта ИСО 9001:2008, является одним из инструментов решения задачи повышения качества образования. Одними из ключевых постулатов, на которых построен стандарт ИСО 9001:2008, являются процессный и системный подходы в деятельности организации, в том числе и высшего учебного заведения, которое использует систему менеджмента качества. При этом деятельность вуза организуется как система взаимосвязанных и взаимозависимых процессов, осуществляющихся в определенной последовательности.

Одним из ключевых требований стандарта является повышение результативности деятельности организации. Поскольку деятельность реализуется через процессы, то речь идет, прежде всего, о повышении результативности процессов. Ключевым звеном в повышении результативности является необходимость разработки критериев результативности процессов, проведения мониторинга, измерения и соответствующей оценки. Однако в стандарте ИСО 9001:2008 приведены только требования, а конкретный механизм реализации данных требований не определен. Соответственно возникает необходимость в разработке процедуры измерения, мониторинга и оценки результативности процессов СМК. Для этого необходимо, прежде всего, определить требования к критериям результативности процессов, а также выявить все факторы, элементы и аспекты, которые влияют на точность оценки и возможность эффективного использования результатов этой оценки. Это также дает возможность в общем виде сформулировать содержание показателей, входящих в критерий оценки и их значимость при расчете конкретных значений критериев.

После проведенного анализа было выделено шесть основных областей, определяющих наибо-

лее важные направления эффективности процедуры измерения и оценки результативности процессов системы менеджмента качества. К ним относятся:

- действенность критериев оценки результативности;
- всесторонняя оценка процессов;
- полнота охвата процессов;
- периодичность оценки + временная актуальность;
- эффективность действий по результатам оценки;
- затраты на проведение оценки результативности.

Наиболее важной и многочисленной по отдельным элементам является область «Затраты на проведение оценки результативности», которая включает в себя следующие элементы:

- доступность данных и информации;
- информационная насыщенность процесса;
- емкость критериев оценки;
- сложность процесса;
- длительность процесса;
- сложность полученных данных;
- количество однотипных процессов;
- количество сотрудников;
- количество источников информации;
- объективность данных;
- многогранность информации по информационному носителю;
- необходимость проведения расчетов;
- количество и разнообразие работ в процессе;
- тип данных (количественные или качественные).

Далее идет область «Всесторонняя оценка процессов», включающая такие элементы, как:

- многогранность характеристик качества процесса;
- количество и разнохарактерность процессов потребителей;
- количество сотрудников;
- количество значимых выходов процесса;
- сложность процесса;
- количество и разнообразие работ в процессе;
- длительность процесса;
- объективность данных.

Затем область «Действенность критериев оценки результативности», в которую вошли:

- степень отражения целей процесса;
- количество показателей;

- достоверность данных;
 - информационная емкость критерия по отношению к процессу;
 - компетентность экспертов.
- «Эффективность действий по результатам оценки», включающая:
- время для разработки корректирующих и предупреждающих действий;
 - уровень подготовки персонала;
 - необходимые ресурсы;
 - количество участвующих сотрудников;
 - время реализации корректирующих и предупреждающих действий.

На предпоследней позиции находится область «Полнота охвата процесса», которая содержит следующие показатели:

- количество процессов СМК;
- сложность оценки;
- значимость и актуальность результатов оценки;
- классификация процессов по важности и значимости.

И последней, наиболее малочисленной по отдельным элементам, но от этого не менее важной стала область «Периодичность оценки + временная актуальность», включающая:

- время цикла процесса;
- затраты на реализацию корректирующих и предупреждающих действий;
- длительность разработки и реализация корректирующих и предупреждающих действий.

Основными критериями оценки результативности СМК организации должны быть критерии соответствия продукции требованиям внутренних и внешних потребителей.

Применительно к вузам эти критерии могут быть представлены учебными планами и программами, промежуточными и итоговыми аттестациями, вступительными испытаниями, измерение которых позволяет выявлять несоответствия в ходе образовательного процесса, накапливать данные для их последующего анализа.

Процедура измерения, мониторинга и оценки результативности процессов СМК в соответствии с которой в вузе непрерывно должен осуществляться мониторинг и измерение процессов и продукции должна включать методы мониторинга и измерения, которые зависят от специфики процессов и могут включать в себя следующие:

- оценку хода процесса руководителями процесса;
- определение и расчет показателей результативности процесса;
- мониторинг степени достижения плановых показателей процессов;

– анализ фактических показателей критериев результативности процесса в ходе его осуществления и по его окончании;

– идентификацию и анализ всех проблем, возникающих в ходе осуществления процесса.

В отношении реализации содержания образовательных программ должны осуществляются следующие мероприятия по мониторингу и измерению:

– проверка выполнения планов учебной деятельности кафедр проректорами, деканами, учебным управлением;

– проверка выполнения индивидуальных учебных планов преподавателей деканами, заведующими кафедрами, учебным управлением;

– проверка соблюдения расписания занятий деканами, заведующими кафедрами, учебным управлением;

– контроль соответствия содержания учебного курса требованиям рабочей программы заведующими кафедрами;

– взаимное плановое перекрестное посещение занятий преподавателями;

– рассмотрение хода учебного процесса на оперативных совещаниях руководителей академии, на ученых советах факультетов, на заседаниях кафедр, на заседаниях учебно-методических советов и учебно-методических комиссий.

В отношении степени усвоения содержания образовательных программ обучающимися необходимо проводить следующие мероприятия по мониторингу и измерениям:

– во время изучения учебной дисциплины учебного плана в форме контрольных работ, коллоквиумов, семинарских занятий, тестов, рефератов, отчетов по лабораторным и практическим занятиям;

– по окончании изучения учебной дисциплины учебного плана в форме зачета или экзамена;

– по завершению выполнения курсовой работы или курсового проекта путем их защиты;

– по завершении производственных и других практик путем подготовки отчета и сдачи зачета;

– по окончании теоретического курса изучения путем сдачи государственного экзамена;

– по окончании обучения в академии защитой выпускной квалификационной работы.

Результативная система менеджмента качества вуза является инструментом, позволяющим обеспечить выпуск высококвалифицированных специалистов, соответствующих мировому уровню и востребованных на российском и международном рынках труда, что является основной целью любого вуза. Таким образом, оценка результативности процессов в системе менеджмента качества является актуальной проблемой, стоящей перед учебными заведениями страны.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ОТНОШЕНИЙ ПРЕДПОЧТЕНИЯ

Новикова О.Л.

Научный руководитель: Муравьев С.В., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ol.noviko@gmail.com

Введение

В рамках проблемы обеспечения качества продукции и услуг, одним из этапов является определение ранжирования объектов с учетом характеризующих их разнородных показателей. Эта проблема может быть поставлена и решена как задача нахождения единственного отношения предпочтения объектов (отношения консенсуса) на множестве отношений предпочтения, построенных для каждого показателя. Методы нахождения отношения консенсуса составляют предмет классической теории голосования.

Проблема голосования или группового решения, состоит в следующем. Имеем A – множество, состоящее из n кандидатов, которые ранжируются группой из t избирателей (экспертов, судей и т.д.). Необходимо найти решение (ранжирование), которое бы устроило каждого из избирателей – это и есть отношение консенсуса [1].

Существует большое многообразие подходов к ее решению. Геометрический подход к проблеме позволяет рассматривать ее с точки зрения пространства отношений предпочтения и построить новые алгоритмы ее решения [2].

Принципы голосования

В данной статье рассмотрим три принципа голосования: принцип простого большинства, счет Борда и метод Кондорсе. Данные принципы наиболее

Древний принцип простого большинства (simple majority или plurality) гласит, что победителем голосования является тот кандидат, который большинством избирателей поставлен на первое место.

Жан-Шарль де Борда в 1784 г. предложил принцип, в соответствии с которым каждой альтернативе присваивается количество баллов в зависимости от ее места в ранжировании: 0 баллов за последнее место, 1 балл за предпоследнее место и т.д. до $n - 1$ баллов за первое место. Баллы каждой альтернативы суммируются по всем ранжированиям, и ее место в отношении консенсуса определяется полученной суммой.

Принцип Кондорсе заключается в следующем: в каждом парном сравнении кандидатов предпочтительным кандидатом является тот, что предпочитается большинством избирателей, т.е. $a_i \succ a_j$, если и только если $s_{ij} > s_{ji}$ для всех $i \neq j$. Иными словами, если альтернатива a_i получила большинство голосов в парном сравнении со всеми другими альтернативами, эта альтернатива объявляется

победителем и называется альтернативой Кондорсе. Более подробно все упомянутые методы рассмотрены в специальной литературе [3].

Геометрическое представление

Рассмотрим геометрический подход на примере голосования для трех альтернатив. В случае, когда имеем три альтернативы a_1, a_2, a_3 количество возможных ранжирований равно количеству перестановок, т.е. $3! = 6$.

Введем шесть типов ранжирований (таблица 1)
Таблица 1 – Типы ранжирований

Тип ранжирования	Ранжирование
1	$a_1 \succ a_2 \succ a_3$
2	$a_1 \succ a_3 \succ a_2$
3	$a_3 \succ a_1 \succ a_2$
4	$a_3 \succ a_2 \succ a_1$
5	$a_2 \succ a_3 \succ a_1$
6	$a_2 \succ a_1 \succ a_3$

Этим типам ранжирований можно поставить в соответствие равносторонний треугольник, в пределах которого расположены все ранжирования учитывая расстояние между вершинами. Каждая из вершин треугольника представляет собой одну из альтернатив a_1, a_2, a_3 . Распределение типов ранжирований внутри треугольника представлено на рисунке 1.

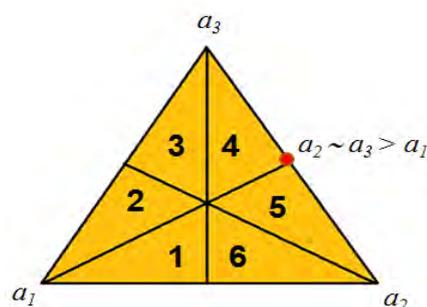


Рис. 1 – Распределение типов ранжирований в треугольнике

На гранях треугольника расположены ранжирования включающие отношение эквивалентности наряду с отношением предпочтения. Точке равноудаленной от вершин a_2 и a_3 и более удаленной от вершины a_1 соответствует следующее отношение $a_2 \sim a_3 \succ a_1$ [4].

Рассмотрим предложенный подход на конкретном профиле (таблица 2).

Таблица 2 – Профиль голосования

Ранжирование	Количество голосов
$a_1 \succ a_2 \succ a_3$	33
$a_1 \succ a_3 \succ a_2$	0
$a_3 \succ a_1 \succ a_2$	25
$a_3 \succ a_2 \succ a_1$	17
$a_2 \succ a_3 \succ a_1$	14
$a_2 \succ a_1 \succ a_3$	25

В треугольнике, изображенном на рисунке 2, представлена полная информация, касающаяся данного профиля. В каждом из секторов треугольника, соответствующих введенным типам ранжирований, имеется число, равное количеству избирателей, проголосовавших за данное ранжирование [5]. Далее на основе этих чисел путем простых расчетов реализуем все три метода.

Числа, расположенные у вершин треугольника, равны количеству голосов в пользу соответствующей альтернативы. Данные получены путем суммирования чисел характеризующих сектора расположенные под вершиной.

Введем числа на каждое из внешних ребер секторов, и поясним, что каждое из чисел будет означать количество побед в парных сравнениях. Так, например, в нашем профиле отношению $a_3 \succ a_2$ соответствует три сектора. Сложим числа внутри секторов и запишем полученное число около ребра сектора. Таким же образом определим число парных побед для остальных отношений.

Видим, что данный треугольник несет полную информацию о профиле, т.е. дает полное представление о решениях, которые могут быть получены по каждому из трех рассмотренных ранее методов: метод простого большинства, метод Борда и метод Кондорсе.

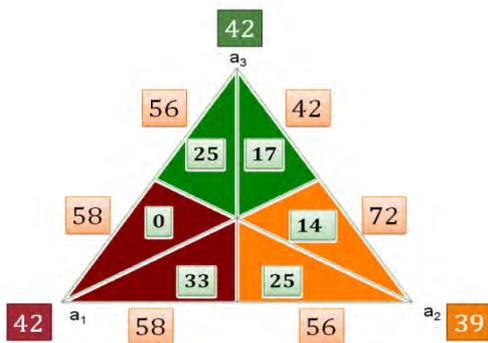


Рис. 2 – Треугольник голосования

Представим на примере треугольника решения для рассматриваемого нами профиля.

Принцип простого большинства: победителем является альтернатива a_3 набравшая наибольшее количество голосов. Видим, что в треугольнике, числа находящиеся у вершин характеризуют количество голосов, набранные каждой альтернативой. Для представленного профиля (таблица 2) победителем является альтернатива a_3 , т.к. ей соответствует максимальный счет – 42 голоса.

Правило Борда: Для решения по Борда необходимо сложить числа, присвоенные ближайшим к вершине (т.е. альтернативе), граням секторов треугольника. В нашем случае для a_1 – это 58 и 58, для a_2 – 56 и 72, для a_3 соответственно – 56 и 42. Заметим, что те же числа получены ранее в электоральной матрице при счете парных побед. Победителем считается альтернатива сумма чисел для которой максимальна, очевидно, что победителем является альтернатива a_2 , для которой сумма 56 и 72 равна 128.

Согласно методу Кондорсе, победителем считается альтернатива, получившая большинство голосов в парном сравнении со всеми другими альтернативами. На треугольнике данная задача сводится к сравнению чисел характеризующих стороны треугольника примыкающие к вершине. Т.е для сравнения a_1 и a_2 сравниваем числа 58 и 56, для сравнения a_2 и a_3 72 и 42, и для a_1 и a_3 , соответственно, 58 и 56. Видим, что a_1 одерживает победу в парных сравнениях с каждой из альтернатив. Следовательно, a_1 – победитель.

Выводы

Геометрическое представление не только обеспечивает удобное наглядное представление исходных профилей предпочтения, но и устанавливает связь между разными методами выбора отношения консенсуса. Дальнейшие исследования будут посвящены установлению аналитической связи между решениями по каждому из методов голосования. Это позволит иметь решения сразу по всем методам, из которых можно выбирать оптимальное решение, исходя из условий поставленных задач. Кроме того появится возможность объяснять конфликты и несовместимости, возникающие в решениях, полученных разными методами.

Литература

1. Muravyov S.V. Rankings as ordinal scale measurement results. Metrology and Measurement Systems, 2007, Vol. 13, No. 1, pp. 9-24.
2. Saari, D. G.: Basic geometry of voting. Berlin Heidelberg New York: Springer 1995
3. Литвак Б.Г. Экспертная информация: Методы получения и анализа. – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.

4. Saari, D.G.: Explaining all three alternative voting outcomes. *Journal of Economic Theory* 87, 313–355 (1999)

5. Sen A. The possibility of social choice, *American Economic Review*, Vol. 89, No. 3, pp. 349–378, 1999.

6.

МОНИТОРИНГ ЗДОРОВЬЯ УЧАЩИХСЯ ВУЗА

Павлов А.А., Никифорова О.А., Андреев Д.А.

Научный руководитель: Кулешов В.К., д.т.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30

E-mail: kserious@mail.ru

Для управления системой образования ВУЗа необходимо знать, как усваиваются учащимися знания предметов, и как учебный процесс влияет на их показатели здоровья. Ответ на эти и другие вопросы дает методика комплексного мониторинга системы качества образования, разрабатываемая по инициативе начальника Управления социальной и воспитательной работы Томского политехнического университета Ведяшкина М.В.

Суть методики комплексного мониторинга системы качества образования - является объединение функционирующей кредитно-рейтинговой системы организации учебного процесса с разрабатываемой системой мониторинга здоровья учащихся высшего учебного заведения.

В данном докладе речь пойдет не об объединении этих двух систем, хоть это и немаловажно, а о предоставлении научному сообществу, руководителям подразделений, преподавателям, кураторам студенческих групп ТПУ информации касающейся системы мониторинга здоровья коллектива ВУЗа.

Понятие «мониторинг» уже не новое и реализуется в различных системах. Здоровье в своем понимании является системой обширной и многогранной.

Формирование высокоинтеллектуальных, здоровых, высоконравственных и высокоморальных субъектов производственного, социального и культурного развития общества, отвечающих требованиям государственного образовательного стандарта и образовательного стандарта ТПУ является приоритетом политики ВУЗа. В современных условиях, когда ТПУ получил статус национальный, все признаки ресурсоэффективности кадров необходимо соединить в систему, что является основой непрерывного образования.

Исходя из этих предпосылок, складывается необходимость разработки комплекса мер, направленных на интеллектуальную охрану здоровья обучаемого контингента и коллектива ТПУ. Под интеллектуальной охраной здоровья понимается совокупность мер политического, экономиче-

ского, правового, социального, культурного, научного, медицинского, санитарно-эпидемиологического характера, направленных на сохранение и укрепление физического, психологического, духовного здоровья каждого человека и поддержание его активной долголетней жизни [1]. Здоровье есть состояние полного физического, морального и социального благополучия, а не только отсутствие болезней или физических дефектов [2].

В соответствии с представленными взглядами, главная идея состоит в необходимости системного подхода к категории здоровья. Важнейшими элементами которого являются:

- 1) нормирование (разработка и внедрение директивных документов, программ и/или стандартов - требований к здоровью студентов, сотрудников, подразделений и ТПУ в целом);
- 2) испытания (проверки определения фактических параметров и характеристик здоровья) или др. словами мониторинг здоровья;
- 3) сертификация и стандартизация (подтверждение соответствия здоровья установленным требованиям и стандартизация проводимых испытаний);
- 4) достоверная информация потребителям о качестве здоровья студентов, сотрудников и подразделений ТПУ.

Системность подхода обеспечивается путем учета интегральных принципов управления:

- 1) принцип стандартизации – типизация, унификация и обеспечение государственными и отраслевыми стандартами, что является базой и автоматизмом функционирования;
- 2) принцип системности – создание, планирование и формирование системы с учетом динамического взаимодействия.

И других принципов: оптимальности, динамичности, автоматизации, преемственности, адаптации и организации.

Системный подход к здоровью коллектива высшей школы является неотъемлемой частью глобально-конкурентоспособной системы подго-

товки кадров, разработки и реализации инновационных ресурсоэффективных технологий направленных на подготовку профессиональной элиты для национальной экономики.

Представленная идея основывается на главном документе ТПУ «Политика качества ТПУ», в частности на таком его пункте как «Непрерывное прогнозирование, планирование, обеспечение, достижение и гарантирование улучшения качества подготовки специалистов всем коллективом, действующим под руководством Ученого Совета и Ректора, лично ответственного за качество образовательных услуг перед личностью, обществом и государством».

Здоровье является главным национальным богатством и определяющим фактором устойчивого развития не только страны, но также и ВУЗа, так как категория «здоровье» это комплексное свойство живого организма, обуславливающее способность к выполнению его функции в соответствии с требованиями окружающей среды, другими словами, к адаптации. Это характеризует качество здоровья, которое может быть оценено как количественно, так и качественно.

Задачи, которые решает системный подход к «здоровью ВУЗа»:

- 1) отслеживание в динамике основных показателей, характеризующих по тестам физического развития, физической и функциональной подготовленности, состояние физического здоровья контингента;
- 2) первичная самодиагностика, выявляющая отклонения от установленных медицинской наукой половозрастных норм;
- 3) комплексная оценка организации работы образовательного учреждения по сохранению и укреплению здоровья;
- 4) проверка эффективности внедрения различных инновационных образовательных и оздоровительных программ;
- 5) путь к профилактике негативных проявлений в молодежной среде;
- 6) принятие научно-обоснованных решений по управлению системой образования;
- 7) использование для обработки результатов современных информационно-диагностических технологий.

В свою очередь, говоря о практической стороне вопроса, мониторинговые исследования, т.е. регулярное отслеживание и наблюдение заданных объектов, делятся на несколько этапов:

- 1) фактические измерения показателей здоровья каждого учащегося, группы и подразделения;
- 2) их расчет с получением количественных и качественных характеристик.

Составными частями модели мониторинга здоровья, изображенной на рис. 1, является сам механизм реализации, ряд организационных мер, направленных на разработку основ мотиваций и идеологий формирования здорового образа жизни, коррекции образовательного процесса в направлении здоровья. Модель описывает:

- а) разработку системы оценки индивидуальных особенностей здоровья студентов и работников ТПУ (личностных, психологических, физиологических, социальных);
- б) разработку научно обоснованных нормативов здоровья ТПУ;
- в) разработку базы данных индивидуального здоровья;
- г) создание электронных «паспортов здоровья»;
- д) разработку рекомендаций по оптимальному выбору специальности и психофизиологической адаптации студенческих групп;
- е) проведение скрининг тестов (экспресс-тесты) общей функциональной диагностики, физической тренированности, работоспособности и их резервов (сердечно-сосудистой и дыхательных систем, исследования состояния опорно-двигательного аппарата; оценка соответствия биологического возраста календарному, антрометрические измерения, оценка особенностей вегетативной нервной регуляции, оценка состояния центральной нервной системы и интегральная оценка уровня здоровья).

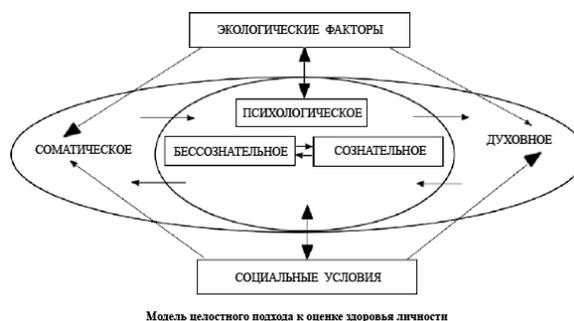


Рис. 1. Модель комплексного подхода к оценке здоровья личности.

Скрининг тесты обеспечивают:

- 1) быстроту исследования (диагностики) организма по перечисленным видам обследования;
- 2) дешевизну обследования и меньшие затраты по времени;

- 3) научную обоснованность в их использовании;
- 4) результативность тестов подтвержденным научным сообществом.

В условиях рыночных отношений здоровье относится к категории политико-экономической и является капиталом, другими словами, товаром, за который работодатель обязан платить.

Для создания глобально-конкурентоспособной системы подготовки кадров через комплексную систему мониторинга требуется стратегическое решение ВУЗа. На разработку и внедрение системы влияют изменяющиеся потребности потребителей, оказываемые услуги и конкретные цели.

Установка на здоровый образ жизни и связанные с ней атрибуты должны пронизывать все стороны жизнедеятельности университета (учебной, научной, финансовой, хозяйственной, структурных подразделений, межличностных подразделений).

На рис. 1 представлен общий круг системы управления ВУЗа, в который заключены 2 «звезды качества». Одна из них изображает «Пятиугольник качества», который отражает идеологию формирования всеобщего управления. Вторая, «Звезда качества здоровья» внедрена в «Пятиугольник качества» в виде остроконечной звезды, вершины которой не разбивают вершины образующихся треугольников, обеспечивая связь между ними, тем самым отражая взаимодействие интересов университета и общества. В самом центре, изображена пиктограмма «здоровой компоненты», являясь частью остроконечной звезды, которая разделяется трапецией, но и в тоже время связывает 3 составляющие «здоровья»: психологическое, физическое и социальное.

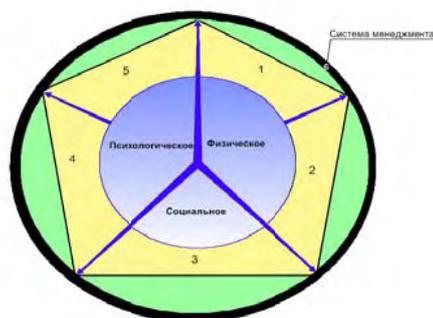


Рис. 1. Видение комплексной системы мониторинга на основе системы менеджмента

(1,2,3,4,5,6 – сферы интересов «здорового» университета).

Стороны «пятиугольника качества» определяют:

- соответствующий период развития управления качеством и основную цель его управления;
- сущность основных действий, проводимых в рассматриваемый период развития управления качеством, что образно отражено на всех остальных последовательно расположенных сторонах пятиугольника, и показывающих соответственно следующее:
 - систему взаимоотношений;
 - используемый метод мотивации качества;
 - направленность обучения персонала;
 - ответственность руководства;
 - направленность взаимоотношений с внешней средой (потребителями, общественностью и т.п.).

Таким образом, рисунок отражает всю взаимосвязь функционирования системы «здорового университета» совершенствуя саму систему управления университетом, направленную на повышение эффективности деятельности, системы обеспечения качества образования и системы комплексной экономической безопасности ТПУ.

В силу многофакторного воздействия исследований, образования и интеллектуальных услуг на экономику количественно оценить все социально-экономические эффекты от них не представляется возможным. Однако, качественная характеристика воздействия каждого фактора доказывает, что инвестиции в осуществление программы и систем развития ТПУ принесут значительно превосходящие приросты общественных и частных благ [3].

Среди обстоятельств, мешающих эффективно-му решению проблем здоровья можно назвать следующее: возведение категории «здоровье» на второстепенный план, забывая о тех возможностях, которое оно предоставляет.

Литература

1. Основы законодательства РФ об охране здоровья граждан.
2. Определение Всемирной организации здравоохранения.
3. Программы развития «НИУРТ» ТПУ».

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ В СМАЗОЧНОМ МАСЛЕ

Пономарева О.В., Гильц В.О.

Научный руководитель: Власов Ю.А., к.т.н., доцент
Томский государственный архитектурно-строительный университет
Россия, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2
E-mail: pk@tsuab.ru

Смазочные материалы содержат загрязнения, образованные в процессе их производства; загрязнения, которые появились в результате контакта с атмосферой; загрязнения, которые попали в результате износа деталей машин, а также загрязнения, которые возникли в результате физико-химических изменений и продуктов разложений.

Вода в нефтепродуктах может находиться в растворенном состоянии, в виде эмульсии, в кристаллической форме при охлаждении, а также в виде отстоя [1].

Наличие воды в топливе и смазочных материалах с одной стороны приводит к ухудшению работы двигателя, с другой стороны способствует кавитационному и коррозионному износу. Это сокращает межремонтный пробег транспортных средств и приводит к удорожанию стоимости ремонта. При выборе метода, определяющего качественные параметры топливно-смазочных материалов, особое внимание следует уделять его чувствительности к изменению рабочей среды.

Существующие методики определения физико-химических показателей масла базируются на использовании аналитических методов, требующих значительных временных затрат и соответствующей квалификации персонала. В этой связи, универсальные экспресс-методы контроля качества масла наиболее перспективны.

Обзор экспресс-методов контроля качества работающих масел [2, 3] позволил выбрать метод определения эксплуатационных свойств масел по изменению диэлектрических потерь. Проведенные ранее исследования изменения физико-химических и диэлектрических свойств работающих масел позволили установить корреляционные зависимости между некоторыми эксплуатационными показателями (наличие в масле воды, топлива, механических загрязнений) и величиной изменения диэлектрической проницаемости.

Для отработки браковочных показателей моторное масло М₃-6/10В в лабораторных условиях загрязнялось водой, с целью возможности её процентного выявления прибором ИКМ-2, разработанного фирмой «Микротех» г. Томска. Загрязнение проводилось от 0 до 5 % воды от массы масла. Показания прибора определялись по величине значения диэлектрической постоянной среды, нанесенной на обкладки сенсора, а также положением регулировочной ручки. Результаты фиксировались в виде числового значения выведенного на светодиодные индикаторы в относительных условных единицах обозначаемых ИК. Время снятия

показаний с каждой пробы выполнялось с интервалом 15 секунд в течение одной минуты.

Установление корреляционной зависимости между показателями воды и ИК проводилось методом однофакторного регрессионного анализа с учетом фактора времени измерения (T). Полученные результаты для масла М₃-6/10В приведены на рис. 1 и в таблице.

Таблица

Зависимости показателя качества масла ИК от концентрации воды в масле М₃-6/10В

Концентрация воды в масле, %	Зависимость ИК = $f(T)$	Коэффициент корреляции (R)
1	ИК = 2,4 + 0,31 * T	0,99
2	ИК = 6,2 + 0,31 * T	0,99
3	ИК = 11,6 + 0,4 * T	0,99
4	ИК = 11,2 + 0,42 * T	0,99
5	ИК = 19,4 + 0,76 * T	0,99

Числовое значение углового коэффициента при переменной T в зависимости $ИК = f(T)$, характеризует скорость седиментации воды на обкладку датчика, а свободный член уравнения – коэффициент пропорциональности объемной концентрации воды в масле. Первый замер фиксировался сразу, после нанесения исследуемого масла на датчик сенсора.

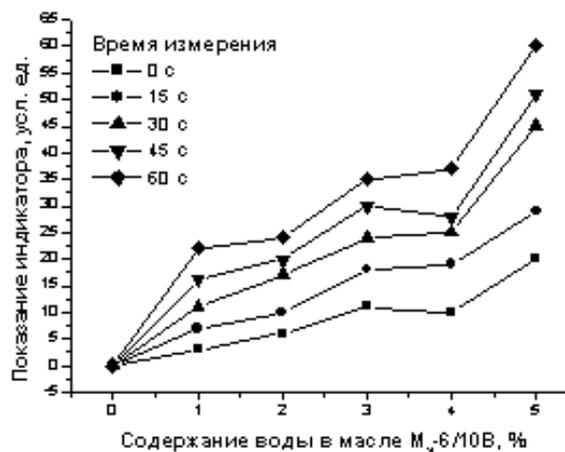


Рис. 1. Зависимость показателя индикатора качества масла (ИК) от концентрации воды в масле М₃-6/10В

По значениям коэффициентов корреляции можно судить о возможности измерения воды в масле при условии нескольких замеров. Время замера проб масла через некоторые интервалы времени позволяет отличить пробу масла с водой от пробы с механическими примесями. У проб масла, в которых в тех или иных концентрациях находится свободная вода, при замере наблюдается своеобразный «дрейф» числовых значений на табло индикатора, который растянут по времени. А у проб с механическими примесями, например, окись кремния, числовое значение индикатора не изменяется при неоднократном измерении этой пробы.

Это подтверждается результатами исследований.

При сравнении двух уравнений, характеризующих измерения сразу после нанесения исследуемых проб масла на сенсор, скорости седиментации загрязнителей на обкладку датчика разные:

$$ИК = -0,67 + 3,6H_2O, \text{ при } R = 0,96;$$

$$ИК = 0,67 + 15Si, \text{ при } R = 0,94.$$

Для воды скорость седиментации – 3,6 (усл. ед./с), а у кремния – 15 (усл. ед./с). Т.е. у кремния скорость седиментации на датчик более чем в 4 раза больше, чем у воды. Это на наш взгляд объясняется иными физико-химическими свойствами воды: вода находится в состоянии микрокапель, а кремний в виде микрогранул; данные загрязнители имеют разные показатели плотности, массы, величины диэлектрической постоянной и др.

Среднее квадратичное отклонение у проб масла с кремнием в 3 раза ниже, чем с водой. Эту числовую характеристику можно интерпретировать следующим образом. Сигнал, выводимый на светоиндикатор прибора в условных единицах *ИК*, характеризует электропроводность в неполярном диэлектрике, которым и является масло. Вода, в силу своих физических возможностей, способна увеличивать электропроводность в диэлектрике и заметно уменьшать объемное сопротивление. Следовательно, с приростом концентрации воды в смазочном материале будет происходить уменьшение сопротивления на датчике, и, соответственно, будет снижаться диэлектрическая проницаемость масла. Это в свою очередь приведет к увеличению значения *ИК* прибора, но скорость протекающего процесса, при этом, будет меньше, чем у твердого загрязнителя, в нашем случае кремния.

Это также подтверждается зависимостями, представленными на рис. 2. Из графиков видно, что с ростом концентрации воды в смазочном материале наблюдается рост значения электропроводности, т.е. увеличивается величина *ИК*. Электропроводность зависит от времени контакта масла с датчиком. При продолжении измерения более минуты, при условии большой концентрации воды, может наступить «пробой», тогда значения показателя качества масла, выводимые на

светодиодный индикатор, выйдут за пределы измеряемого двузначного диапазона.

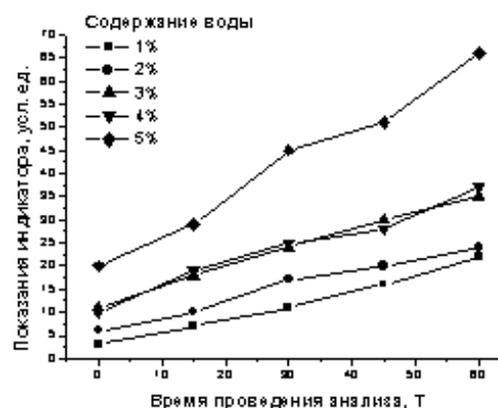


Рис. 2. Зависимость показателя индикатора качества масла (*ИК*) от концентрации воды в масле М₃-6/10В

Предлагаемый метод определения воды в настоящее время проходит апробацию на разных марках масла, с различными концентрациями загрязнителей. Такой подход даст возможность определить диагностические способности прибора ИКМ-2.

Можно утверждать, что данный метод определения воды в смазочном материале с использованием электрофизических свойств измерения диэлектрической проницаемости среды, соответствует всем концептуальным признакам экспресс-диагностики [3].

Предлагаемый в работе способ контроля качества смазочного масла, позволит в условиях автотранспортных предприятий или в полевых условиях диагностировать силовые энергетические установки машин с замкнутой системой смазки и выявлять неисправности системы охлаждения данных силовых агрегатов. Дальнейшие исследования данного метода предполагают отработку браковочных показателей на разных сортах моторного масла для двигателей внутреннего сгорания, как наиболее энергоемких в трудозатратах агрегатов, а так же проведение широкомасштабного эксперимента в условиях эксплуатации транспортно-технологических машин.

Список литературы

1. Удлер, Э.И. Фильтрация нефтепродуктов / Э.И. Удлер. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1988. – 216 с.
2. Шатохина, Е.В. Устройство для экспресс-контроля качества масел / Е.В. Шатохина // Химия и технология топлив и масел. – 2007. – № 5. – С. 46–48.
3. Гурьянов, Ю.А. Концепция разработки портативных средств экспресс-диагностики двигателя по состоянию моторного масла // Химия и технология топлив и масел. – 2007. – № 6. – С. 23–27.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ НА РЕНТГЕНОВСКОМ ДИФРАКТОМЕТРЕ «ДИФРЕЙ»

Пьянкова Л.А., Елохин В.А., Комиссаров А.А.

ЗАО «Научные приборы», Санкт-Петербург, 190103, Санкт-Петербург, Рижский пр., д.26

E-mail: lyuba_pyan@mail.ru

Проблема контроля качества лекарственных средств (ЛС) и выявления фальсифицированных ЛС привлекает к себе все больше внимания [1]. Стандартные методы определения поддельных лекарств (ВЭЖХ, ИК-спектроскопия и т.д.) нацелены на количественное определение компонентов активных и вспомогательных веществ в смеси составляющей лекарственный препарат [2].

Рентгенофазовый метод позволяет идентифицировать вещества, входящие в состав исследуемых образцов, определять их содержание (до 1 вес. %), а так же даёт информацию о степени кристалличности и текстурированности образцов.

Поскольку таблетированные формы лекарственных препаратов, как правило, представляют собой однофазную или многофазную систему, состав и условия формирования которой строго лимитированы технологией производства, то дифракционные спектры ЛС содержат совокупность данных не только о фазовой принадлежности составляющих средство веществ, но и об условиях производства ЛС (давление, температурный режим, условия хранения и т.д.). А так как фармацевтическое сырьё в большей части имеет органическую природу, механическая обработка ведет к многочисленным изменениям в органических веществах: либо разрыву и формированию внутримолекулярных ковалентных связей, либо разрыву и образованию более слабых межмолекулярных связей [3]. Механическая обработка твердых кристаллических веществ в различных мельницах, ведет к уменьшению степени кристалличности и к аморфизации веществ. Известно, что механическая активация ацетилсалициловой кислоты [4] приводит к уширению рентгенографических рефлексов и уменьшению их интенсивности, что можно рассматривать как подтверждение частичной аморфизации. Уширение рефлексов в дифрактограммах происходит в результате уменьшения размеров кристаллических частиц и разупорядочения структуры, связанного с нарушением системы водородных связей. Основное практическое применение этого явления – увеличение растворимости аспирина [4].

На примере препарата «Ацетилсалициловая кислота» показана возможность применения сравнительного анализа дифракционных спектров ЛС для контроля качества препаратов, или выявления фальсификатов.

«Ацетилсалициловая кислота» является кристаллическим однофазным веществом, химическая формула - $C_9H_8O_4$ (карточка PDF № 120850), рентгенодифракционный спектр представлен на рис. 1. Коэффициент корреляции между двумя

таблетками из одного блистера в исследуемом диапазоне измерений ($8-50$ град 2θ) составляет 99%.

Образцы таблеток «Ацетилсалициловая кислота» разных производителей исследовались на настольном рентгеновском дифрактометре ДИФРЕЙ (производство ЗАО «Научные приборы») без какой либо пробоподготовки. Условия съемки: рентгено-оптическая схема Брега-Брентано, острофокусная трубка БСВ-30, анод - Cr_{ka} (2,28970 Å), напряжение на трубке 25 кВ, ток 10 мА, диапазон регистрации спектра $20-100^\circ 2\theta$ детектор – изогнутый позиционно-чувствительный, программный комплекс Difract. Калибровка детектора проходила по эталону ГСО - Al_2O_3 . Набор спектра осуществлялся в течение 300 сек. Исследовано 40 образцов. Аппаратурная погрешность прибора определённая на основании многократного измерения одной пробы не превышает 0.3%.

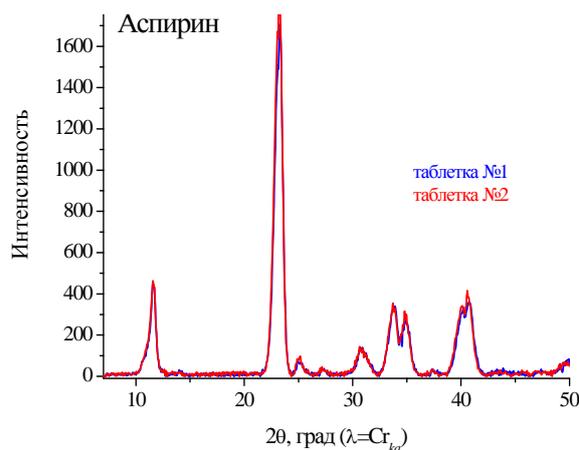


Рис.1. Дифрактограммы двух таблеток из одного блистера ацетилсалициловой кислоты

Для однозначного подтверждения принадлежности таблеток аспирина к определенной серии и производителю использовался хемометрический метод обработки данных – метод главных компонент (МГК) [5]. По сути, этот метод - графически-ориентированный (визуальный) подход к анализу данных, представленных матрицей размерности ($n \times p$, где n – количество образцов, p – набор переменных) в двумерной декартовой системе координат. На рис.2 и 3 представлены данные характеризующие особенности и отличия дифракционных спектров таблеток аспирина. Координаты ГК1 и ГК2 – первая главная компонента (лежит в направлении максимального изменения исходных данных) и вторая главная компонента, соответственно.

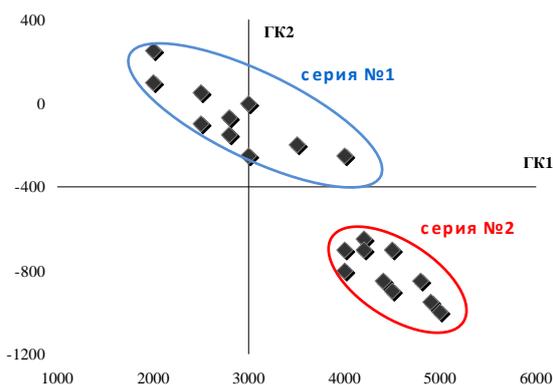


Рис.2. Применение метода главных компонент для анализа дифрактограмм таблеток Аспирина двух серий одного производителя (Екатеринбург)

Применение метода главных компонент очень наглядно. На рис.2, 3 на графике GK1-GK2 видно достаточно четкое разделение объектов на группы. Фактически образовались «разделяющие классы данных», т.е. области данных разных серий одного производителя или разных производителей можно с легкостью разделить. На рис.3. четко видно, что области данных разных производителей ЛС не перекрываются, и наиболее однородные таблетки аспирина относятся к Пермскому и Хабаровскому предприятиям.

Таким образом, дифрактометрический метод анализа ЛС позволяет однозначно определить принадлежность кристаллического вещества или смеси веществ к эталону, партии, серии или производителю.

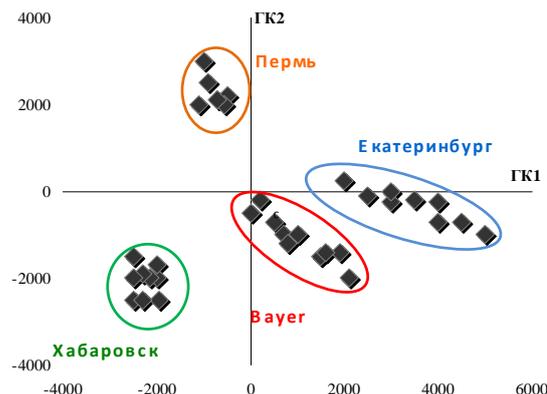


Рис.3. Применение метода главных компонент для анализа дифрактограмм таблеток Аспирина разных производителей

Литература

1. Болл С.В., Елохин В.А., Соколов В.Н. Фальсифицированные лекарственные средства и роль государства в борьбе с ними//М., 2009.- 96 с.
2. Гацура В.В. Методы первичного фармакологического исследования биологически активных веществ.- М.: Медицина, 2000г.
3. Dubinskaya A.M. Mechanochemical transformations in organic substances. Chemistry Reviews, 1998, V.23, p. 201-261.
4. Полубояров В.А., Коротаева З.А., Киселевич С.Н. Влияние механической обработки аспирина на его реакционную способность. Препринт, СО РАН, Новосибирск, 1998.
5. Эсбенсен К. Анализ многомерных данных// РХО, М., 2010, 157с.

ОЦЕНКА РИСКОВ – НЕПРЕМЕННОЕ УСЛОВИЕ ДЛЯ РАБОТЫ ВНУТРЕННИХ АУДИТОРОВ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА

Рупакова В. В.

Научный руководитель: Рувинский О. Е., д.х.н., профессор
Кубанский государственный технологический университет,
Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Московская 2 А
E-mail: Ruvinский@kubstu.ru

В условиях развитых рыночных отношений острая конкуренция дает потребителю широкие возможности для выбора. При этом решающим аргументом в пользу того или иного поставщика уже является не просто высокое качество его продукции. Сегодня на рынке побеждает тот, кто обеспечивает стабильно высокое качество. Наиболее эффективный и доступный инструмент для улучшения деятельности и совершенствования

системы менеджмента качества – внутренний аудит. Внутренний аудит, являясь средством для улучшений, часто и сам нуждается в совершенствовании. Качество внутренних аудитов может быть повышено за счет использования современных информационных технологий.

Для более эффективного проведения внутреннего аудита для российских предприятий, предлагается внедрить оценку рисков, что сейчас

успешно делают зарубежные предприятия, а наши российские рынки пока не испробовали этот метод.

Оценка рисков является основой для создания эффективной стратегии внутренней проверки. Она направлена на предвидение того, где могут возникнуть определенные проблемы и как руководители предприятия могут избежать, принять, предоставлять или передавать эти риски. Оценка риска является доказанным и эффективным методом для выявления основных рисков. Для этого нужно взвесить их значимость и разработать мероприятия с целью предотвращения риска или серии катастрофических событий.

Вероятность того, что аудитор сделал неверное заключение, называют аудиторским риском. Предлагается внедрить одну из моделей для российских предприятий, в которой описывается механизм формирования аудиторского риска (AR) последствий, представляют в виде произведения трех вероятностей, относящихся к различным элементам процесса тестирования: $AR = IR * CR * DR$, [1] где IR – риск содержания ошибок в предоставленных сведениях; такой риск обычно называют внешним риском. Он отражает вероятность того, что внешние условия (кроме деятельности аудитора) могут привести к существенным ошибкам; CR – риск средств контроля, вероятность того, что система внутреннего контроля не предупреждает появления существенных ошибок; DR – риск необнаружения, измеряется вероятностью того, что аудитор не обнаружит имеющейся существенной ошибки. Наряду с аудиторским риском применяют и противоположное понятие – аудиторская надежность (AS). Очевидно, что между аудиторским риском (AR) и аудиторской надежностью (AS) существует простая зависимость: $AR = 1 - AS$.

Представленную модель, следует рассматривать не как уравнение, а как своеобразное указание на то, что перечисленные факторы совместно влияют на величину риска, а изменение любого из них увеличивает или сокращает величину аудиторского риска.

Во многих зарубежных предприятиях, реальным способом проведения внутреннего аудита является выборочное тестирование. Как говорится, что это единственное возможное при больших размерах проверяемых документов. Кроме того, оно резко сокращает издержки на проведение проверки, позволяет заметно уменьшить сроки его проведения. Но, это не целесообразно, потому что неизбежны погрешности в полученных результатах. Так как при выборочном наблюдении получают не точные значения необходимых параметров для тестируемой совокупности, а их оценки.

Такие погрешности (ошибки выборки) в определенных условиях имеют объективное измерение и их можно корректировать, связав с приемлемыми уровнями вероятностей. Основанием для отбора данных служат интуиция или «чутье» аудитора в отношении «подозрительности» документов или их источников, опыт прошлых проверок, дополнительная информация со стороны. Таким образом, аудитор получает результаты, относящиеся только к заранее сформированной им совокупности документов, которую он проверяет полностью. В связи со сказанным уместно отметить некоторую «несимметричность» получаемых результатов при отборе. Действительно, если выборка обнаруживает отрицательные факты, то для аудитора это уже данные для исключения. Однако если направленный отбор, да еще при небольшом объеме выборки, не обнаружил отрицательных фактов (например, ошибок или приписок в тестируемых документах), такой результат мало что дает для аудитора. [2]

Если производить полное тестирование, то эти нюансы устраняются и есть большая вероятность, что внутренняя проверка пройдет эффективно для предприятия. Есть только один минус, который возникает – это затрата большого количества времени при проведении проверки, но это стоит затраченного времени. Лучше тщательно проверить затратив большое количества времени и увидеть все недостатки, чем потом возвращаться к этим же проблемам заново.

Обычно, во время проведения аудита, предлагают уделять внимание на более важные документы, аргументировав тем, что если там убрать несоответствия, то и в других документах тоже в последствии уйдут, но мало кто задумывался, что самые документы создавались на основе менее важных документов. Может надо задуматься над этим. Изучив направление от менее важных казалось бы документов к более серьезным, что будет наиболее целесообразно.

Хорошо продуманная стратегия не только поможет компаниям определить приоритетность их внутренние усилия аудита, но также может сэкономить деньги и время. Так что надо обязательно изучать и пробовать новые зарубежные технологии, но при этом и предлагать свои варианты решения проблемы.

Список литературы.

1. Васильева Н. Е. Внутренний аудит. Некоторые пути его развития// Внутренний контроль в кредитной организации.- 2009.- №1.
2. Четыркин Е. М., Васильева Н. Е. Выборочные методы в аудите. – М.: Дело, 2003

ОЦЕНКА ЗРЕЛОСТИ СМК В ВУЗЕСергеева А.А.

Научные руководители: Цой Г.А., старший преподаватель, Янушевская М.Н., ассистент Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: kinzaupal@mail.ru

Зрелость – это степень развития организации и ее внутренней системы управления информационными потоками. Зрелость определяет насколько быстро происходит распределение и сбор информации в организации.

Для оценки зрелости СМК образовательного учреждения (ОУ) в Санкт-Петербургском Государственном электротехническом университете "ЛЭТИ" разработана и апробирована методика, основанная на «Модели совершенствования деятельности вуза (ссуза) в области менеджмента качества» [1]

Под Моделью совершенствования деятельности ОУ понимается определенная совокупность критериев и составляющих, характеризующих основные компоненты деятельности ОУ с позиций менеджмента качества, а также описание «уровней совершенства» (квалиметрических шкал в виде матриц) всех составляющих, которые в совокупности определяют все процессы ОУ, направленные на достижение требуемых результатов по качеству. Модель содержит 9 критериев (лидирующая роль руководства; политика и стратегия; менеджмент персонала; ресурсы и партнеры; менеджмент процессов; удовлетворенность потребителей; удовлетворенность персонала; влияние ОУ на общество; результаты деятельности ОУ) и 60 подкритериев и составляющих. [1]

Для оценки «уровней совершенства» всех подкритериев и составляющих разработаны специальные квалиметрические шкалы, которые вербально описывают пять упорядоченных «уровней совершенства» или стадий развития подкритериев и составляющих. Это позволяет перейти от качественной оценки соответствующих подкритериев (видов деятельности, работ) к их количественной оценке, соответствующей номеру выбранного «уровня совершенства» от 1 до 5 по 10-ти бальной числовой шкале. [1]

Процедура проведения самооценки включает в себя следующие этапы: формирование рабочей группы для самооценки и первичное распределение обязанностей; инструктаж рабочей группы по самооценке; подготовка и рассылка исходных опросных форм; процедура самооценки; согласование и заполнение итоговых форм; расчет значений «уровней совершенства» критериев Модели. Заключительным этапом является определение областей для улучшения. [1]

В ходе процедуры самооценки члены рабочей группы знакомятся с описанием шкал «уровней совершенства» различных составляющих критериев, приведенным в формах опросных листов. Они оценивают по заданной шкале уровень, на

котором, по их мнению, находятся те или иные составляющие критериев Модели. На основе индивидуальных исходных опросных форм для каждого критерия и его составляющих заполняются итоговые формы, которые в графах, соответствующих «уровням совершенства», напротив каждой составляющей содержат количество оценок, соответствующих данному «уровню совершенства». [1]

Значение согласованной самооценки по каждой составляющей может вычисляться одним из следующих способов: по среднему арифметическому всех оценок с округлением результата до ближайшего целого числа; по оценке с наибольшей частотой появления. Выбирается оценка, которая встречается большее число раз. В случае равной частоты появления нескольких оценок выбирается либо средняя из них, если это возможно, либо меньшая. [1]

После формирования итоговых форм самооценки значения «уровней совершенства» критериев Модели рассчитываются с учетом весовых коэффициентов подкритериев и составляющих. По значениям «уровней совершенства» критериев Модели строится лепестковая диаграмма, которая показывает исходное состояние СК и направления для ее улучшения в разрезе девяти критериев. [1]

Таким образом, в результате проведения самооценки по методике СПбГЭТУ «ЛЭТИ» можно оценить исходное состояние СК ОУ, определить сильные и слабые стороны, идентифицировать процессы (виды деятельности) ОУ, нуждающиеся в улучшении и разработать план мероприятий по совершенствованию СК. [1]

Однако, очевидные плюсы представленной модели одновременно являются и ее недостатками. Очень подробные описания шкал «уровней совершенства» делают слишком объемными формы опросных листов, что в свою очередь приводит к увеличению затрат времени на ознакомление с ними и на последующее присвоение оценки. Так квалиметрические шкалы «уровней совершенства» составляющих модели совершенствования представляют собой документ, состоящий из 60 листов формата А4.

Одним из вариантов решения этой проблемы может стать изменение формы опросных листов следующим образом. Описание каждого «уровня совершенства» разбивается на утверждения, которые в свою очередь переформулируются в вопросы таким образом, чтобы на них можно было дать однозначный ответ «да» или «нет». Затем из полученных вопросов составляется последовательность. Особенность ее состоит в том, что каждый

последующий вопрос относится к более высокому «уровню совершенства». Поэтому член рабочей группы, отвечая на вопросы, может не дойти до самого последнего вопроса (самого высшего «уровня»), потому как с помощью предыдущих вопросов уже определит текущий уровень ОУ.

Например, рассмотрим последовательность вопросов для подкритерия «Личное участие руководства ОУ в обеспечении обратной связи с персоналом для улучшения своей деятельности». Сокращенный перечень задаваемых вопросов по этому подкритерию представлен в Таблице 1. Последовательность вопросов задана на Рис. 1. Короткие синие стрелки подразумевают ответ «да», длинные красные стрелки – ответ «нет». Так, дав ответ «да» на вопрос 1.1, член рабочей группы переходит к следующему вопросу 2.1. В случае если анкетированный сотрудник дает ответ «нет», то цепочка вопросов прерывается и рассматриваемому подкритерию присваивается 1 балл, что говорит о том, что система взаимодействия руководства с персоналом не налажена и ОУ вероятнее всего находится на начальном этапе развития. Аналогичным образом даются ответы на все последующие вопросы.

Очевидно, что не во всех подкритериях будет одинаковое количество вопросов, а значит и максимальное количество набранных баллов будет также разное. Поэтому значения подкритериев будут представлены в процентном соотношении, в данном случае максимальное количество набранных баллов – семь – будет приравниваться ста процентам. В другом подкритерии максимальное число баллов будет, например 9, и оно будет приравнено ста процентам. Для оценки «уровней совершенства» всех подкритериев и составляющих с

учетом перечисленных выше «измерений» будут использоваться те же квалиметрические шкалы, что и в Модели совершенствования деятельности.

Таким образом, вместо прежней формы, в которой дается описание всех пяти «уровней совершенства», членам рабочей группы будет предложена последовательность вопросов, которая поможет определить уровень зрелости СМК на текущий момент, позволяя сократить время для заполнения опросных форм. В настоящее время рассматривается возможность компьютеризации процесса с помощью преобразования последовательности вопросов в алгоритм со встроенным счетчиком. Осуществить данный проект возможно с помощью языка программирования С.

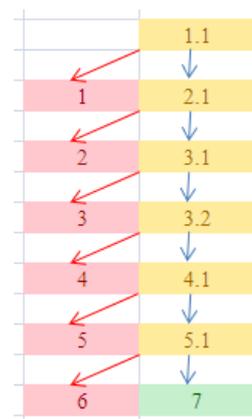


Рис.1 Последовательность вопросов

Литература

1. Методические рекомендации для вузов и сузов по организации и проведению самооценки эффективности функционирования систем управления в области менеджмента качества на основе модели совершенствования [электронный ресурс] <http://www.tqm.spb.ru/>

Таблица 1. Сокращенный перечень вопросов для подкритерия «Личное участие руководства ОУ в обеспечении обратной связи с персоналом для улучшения своей деятельности»

№ «уровня совершенства»	№ вопроса	Вопросы
1	1.1	Руководство ОУ выделяет время (приемные часы) для решения вопросов персонала?
2	2.1	Руководство <u>систематически</u> использует обратную связь с <u>руководителями</u> структурных подразделений по вопросам улучшения деятельности?
3	3.1	Руководство <u>систематически</u> использует обратную связь с <u>персоналом</u> различных уровней?
	3.2	Велись ли работы по созданию системы обеспечения регулярной обратной связи с персоналом, включая анкетирование?
4	4.1	Создана ли система обеспечения регулярной обратной связи с персоналом разного уровня, включая анкетирование?
5	5.1	Совершенствуется ли система обеспечения регулярной обратной связи с персоналом ОУ, включая различные формы конференций, семинаров, проведение анкетирования

РАДИОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ УСКОРИТЕЛЬНЫХ КАМЕР БЕТАТРОНА

Сидор А.М.

Научные руководители: Штейн М.М., к.т.н., доцент; Калиниченко Н.П., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, НИИ Интроскопии, 634028, Россия, г.Томск, ул. Савиных 7
E-mail: alexa_555@mail.ru

В последние годы расширились области применения малогабаритных бетатронов различных типов. Учитывая, что каждый выпускаемый бетатрон комплектуется тремя ускорительными камерами, а также все возрастающий спрос на запасные камеры из-за ограниченного ресурса их работы (гарантийная наработка 300-400 часов), объем выпуска ускорительных камер, обеспечивающий гарантированную мощность дозы должен составлять около 150-200 камер в год. Оставляя пока в стороне актуальный вопрос об увеличении ресурса работы камеры, рассмотрим некоторые проблемы, с которыми приходится сталкиваться при эксплуатации камер.

Одной из проблем при эксплуатации является большой разброс параметров камер, таких как мощность дозы и оптимальный ток инжекции.

Естественно предполагать, что основной причиной большого разброса параметров камеры является плохая повторяемость размеров и взаимного расположения электродов инжекторного узла.

Поэтому была сделана попытка измерить размеры инжектора и оценить, какие из них наиболее сильно влияют на мощность дозы и оптимальный ток камеры. Для исследования были выбраны 34 камеры РБКЗ-3М, которые применяются в нескольких типах малогабаритных бетатронов

Внутренние детали инжектора можно увидеть только в рентгеновских лучах. Для решения этой задачи были опробованы все рентгеновские установки, которые имелись в НИИ Интроскопии.

Лучшие результаты были получены на установке для цифровой радиографии «Фосфоматик-40», поставляемых ООО «Юнитест» (г. Санкт-Петербург).

В процессе обработки изображений в нашем случае использовались операция увеличения выделенного участка изображения и встроенная процедура измерения размеров между любыми точками изображения.

Схема просветки камер на установке «Фосфоматик-40» приведена на рис.1.

В качестве рентгеновского аппарата использовался аппарат фирмы YXLON Y.XPO.225. Максимальное анодное напряжение аппарата равно 225кВ, максимальный анодный ток – 6мА, размеры фокусного пятна 2,5ммx2,5мм.

Медианная плоскость ускорительной камеры 2, сочлененная с блоком инжекции 4, располагалась на расстоянии 3 м от выходного окна излучателя.

Запоминающий экран 3 типа KODAK Industrex FlexGp(SO-170) прикладывался вплотную к баллону камеры. На обращенной к излучателю сторо-

не кассеты, в которую вкладывался экран, в правом нижнем углу была приклеена узкая и тонкая свинцовая полоска длиной 50 мм, служившая масштабом измерения.

Во внутренний диаметр камеры плотно вставлялась пенопластовая втулка 5. На оси втулки со стороны, обращенной к экрану, была вставлена латунная шайба толщиной 1 мм, имеющая внутреннее отверстие диаметром 1мм. По изображению этого отверстия находился центр камеры.

Для снижения рассеянного излучения был изготовлен коллиматор 7, который вставлялся в выходное окно излучателя.

Ускорительная камеры юстировалась таким образом, чтобы ось пучка рентгеновского излучения проходила через центр инжектора. При юстировке использовался лазерный указатель, встроенный в излучатель рентгеновского аппарата.

Выбранная геометрия обеспечивала увеличение деталей инжектора в худшем случае не более 1% и практически полное отсутствие размытия изображения, связанное с размерами фокусного пятна.

Путем пробных снимков был выбран следующий режим просвечивания: анодное напряжение 180кВ, анодный ток 2мА, время экспозиции 15с. После экспонирования экран помещался в считывающее устройство, и изображение в цифровом виде записывалось на компьютер.

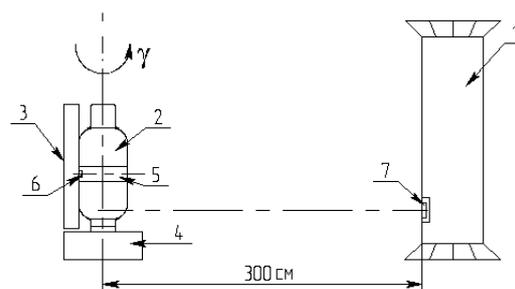


Рис. 1 - Схема просвечивания камеры
1 – излучатель рентгеновского аппарата,

2 - рентгеновская бетатронная камера ,
3 – запоминающая пластина, 4 - высоковольтный блок инжекции, 5 - втулка из пенопласта,
6 – рентгеновский центратор, 7 – коллиматор.

Обозначение измеряемых параметров инжектора и камеры приведено на рис.2 и 3.

Для оценки точности измерений были выбраны две камеры, которые не проходили по мощности дозы. По изложенной выше методике были измерены их основные размеры. Потом инжекторные патрубки были отколоты, и те же размеры были

определены напрямую соответствующими мерительными инструментом. Расхождение не превышало 0,1 мм, что является приемлемым.

По полученным данным при помощи Mathcad 13 были построены зависимости выходных параметров камеры от размеров инжектора

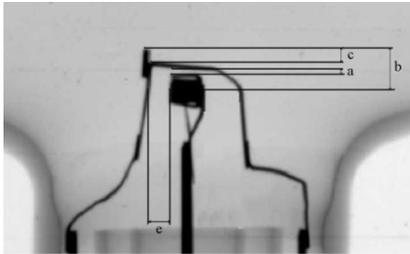


Рис. 2



Рис. 3

Для выяснения функциональной зависимости был ещё применен простейший регрессионный анализ, когда каждый график аппроксимировался линейной функцией $y = y_0 + k \cdot x$.

Для двух размеров, а именно, радиуса и угла наклона инжектора, где по физическим соображениям можно ожидать экстремальные зависимости, дополнительно определялось параболическая аппроксимация по формуле $y = y_0 + k \cdot (x - x_0)^2$.

Используя приложение Statistica 6.0 методом наименьших квадратов, были найдены коэффициенты аппроксимации. Полученные выражения и построенные по ним зависимости были нанесены штрихованными линиями и точками на графики с экспериментальными данными.

Таким образом, была установлена вероятностная связь между мощностью дозы, а также оптимальным током и размерами, указанными на рис.2 и 3. Наиболее значительными оказались величина радиуса r и наименьший размер a между фокусирующим электродом и анодом. Для примера эти зависимости приведены на рис. 4-7.



Рис.4 Зависимость мощности дозы от размера а

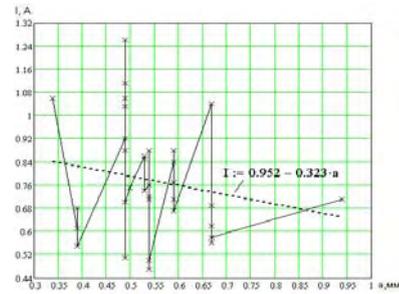


Рис.5 Зависимость оптимального тока от размера а

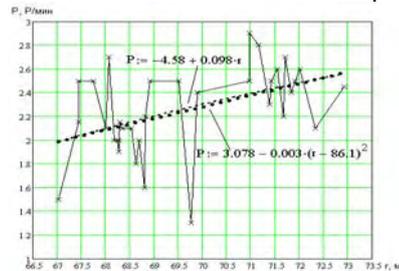


Рис.6 Зависимость мощности дозы от размера r

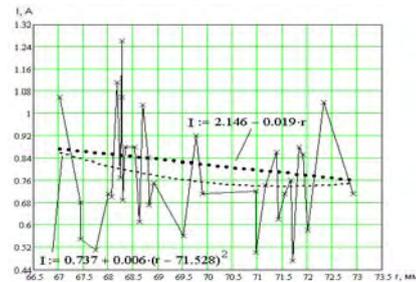


Рис.7 Зависимость оптимального тока от размера r

Выводы:

1 Предложенный радиографический метод и выбранная аппаратура обеспечивают измерение размеров инжектора и его положения в камере бетатрона с приемлемой точностью $\pm 0,1$ мм.

2 Проведенные исследования показали большой разброс всех размеров. Относительное среднеквадратическое отклонение для различных размеров лежало в пределах от 4 до 50%.

3 Выбранное наименьшее расстояние a между фокусирующим электродом и анодом, равное в среднем 0,54 мм, не является обоснованным. Его увеличение до 0,7 мм позволило бы поднять среднюю мощность дозы примерно на 10%.

4 Целесообразно также увеличить средний радиус расположения центра инжектора, который сейчас имеет величину 68,69мм, до 72-73мм, что можно бы дать ещё такую же прибавку мощности дозы.

5 Аналогичные рекомендации были получены и по другим размерам, хотя их эффект уже не будет столь значительным.

Список литературы:

1. О.Н. Кассандрова, В.В. Лебедев Обработка результатов наблюдений: Москва: «Наука», 1970
2. Х.-И. Кунце Методы физических измерений: Москва: издательство «Мир», 1989.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБУЧЕНИЯ

Сорокина Л.В.

Научный руководитель: Яговкин Г.Н., д.т.н., профессор
Самарский государственный технический университет, 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: bjd@list.ru

В настоящее время основными принципами развития образования являются:

- смыслообразующим фактором проектирования образования становится развитие личности обучаемого. Центрация образования на становление личности обуславливает принципиально новые организацию, содержание образования и технологии обучения;

- целью образования провозглашается формирование компетентностей, компетенций и социально значимых качеств обучаемого как личности, способной к самоопределению, самообразованию, саморегуляции и самоактуализации;

- дифференциация содержания и организации процесса образования осуществляется на основе учета индивидуально-психологических особенностей обучаемых, их потребностей в реализации и осуществления себя;

- обеспечивается преемственность всех уровней образования (общего, начального, среднего специального и высшего) с ориентацией на целостное образование. Ядром реализации этого принципа провозглашается развивающаяся личность обучаемого, которая станет фактором междисциплинарной интеграции содержания и технологии обучения;

- адекватность уровней образования и культуры обеспечивается вариативным, личностно ориентированным характером содержания и технологиями обучения

При этом решение этих вопросов возможно только если образовательный процесс управляемый и контролируемый.

Моделирование процесса управления и контроля за качеством образования применяется для выявления индивидуальных различий обучаемых (групп обучаемых), что дает возможность адаптировать среду обучения к их возможностям и, в результате, сократить время обучения, и повысить его качество.

Для управления и контроля качества используются пять наиболее распространенных методов: регистрация пройденного материала; контекстная модель; анализ ошибок; метод наложения; порождающее моделирование.

В работе предлагается метод, основанный на учете индивидуальных способностях обучаемых и условия обучения.

С целью учета индивидуальных способностей каждого обучаемого, а также влияния внешней среды и условий обучения введен параметр T , который определяет время усвоения учебного материала при обучении, то есть дос-

тижения требуемого состояния $T_{\text{по}}$, или время решения контрольных заданий при контроле $T_{\text{пк}}$ [3].

Для анализа деятельности обучаемого в процессе обучения используется математическая модель, представляющая обучаемого в виде двухрежимного объекта управления, режим работы которого определяется характером процесса усвоения или контроля знаний [1]. Исследуемые процессы описаны в виде дифференциальных уравнений с неопределенными коэффициентами:

$$y'(t) = \begin{cases} T_0^{-1}U(t) - T_0^{-1}y(t), & 0 < U(t) - y \leq U_{\text{пор}}; \\ 0, & U(t) - y > U_{\text{пор}}; \quad U(t) - y < 0; \end{cases} \quad (1)$$

$$y'(t) = \begin{cases} T_K^{-1}U(t), & y \geq U_{\text{тj}}; \quad \frac{y(t)}{T_K^{-1}U(t)} \neq 1; \\ 0, & y < U_{\text{тj}}; \end{cases} \quad (2)$$

где T_0 и T_K - коэффициенты, отражающие индивидуальные способности обучаемого в соответствующем режиме работы и влияние внешней среды;

y_0 - начальный уровень знаний обучаемого;

$U(t)$ - управляющее воздействие (обучающий материал, тексты);

$U_{\text{пор}}$ - пороговый уровень сложности обучающего материала, который способен воспринимать обучаемый;

$U_{\text{тj}}$ - минимальный уровень сложности тестирующего материала;

$y(t)$ - текущий уровень состояния знаний.

Уровень знаний обучаемого, а также управляющее воздействие измеряются в байтах, а T_0 и T_K измеряются в секундах (T_0 - время усвоения одного байта информации, T_K - время, необходимое для контроля усвоения одного байта информации).

Траектории управления обучением в режимах обучения и контроля знаний при использовании многоуровневой обучающей программы, полученные с использованием данной модели, приведены на рисунке 1, где $T_{\text{по}i}$ - время перевода обучаемого с i -го на $(i+1)$ уровень, $T_{\text{пк}i}$ - время контроля на i -том уровне.

Анализ модели (1), (2) показывает, что она содержит неопределенные параметры T_0 и T_K . Для оценки их значений в процессе управления введена динамическая идентификация в реальном масштабе времени в темпе с процессом управления. [2]

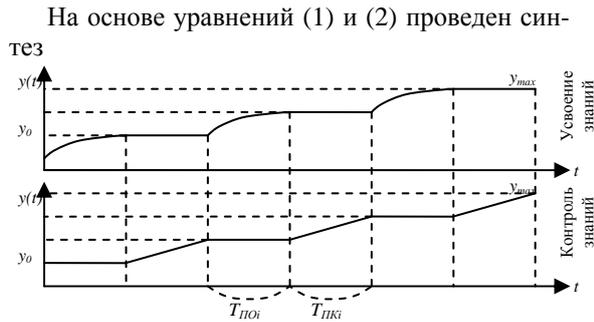


Рис. 1. Траектории управления обучением

алгоритмов управления обучением в режимах усвоения и контроля знаний, с учетом ограничений, определяющих специфику области применения системы и вытекающих из (1), (2) при $y_0=0$ в режиме усвоения знаний

$$0 < U(t) \leq U_{\text{пор}} \quad (3)$$

и в режиме контроля знаний

$$y \geq U_{\text{тj}} \quad (4)$$

В результате выражение для управления в режиме усвоения знаний имеет следующий вид:

$$U(t) = (\hat{y}(t + \Delta t) - y(t)) / (\Delta t \alpha(t)), \quad (5)$$

где $\alpha(t)$ - динамическая оценка параметра T_0 (обратная T_0), определяемая из выражения

$$\alpha(t) = (y(t) - y(t - \Delta t)) / (\Delta t [U(t - \Delta t) - y(t - \Delta t)]), \quad (6)$$

а \hat{y} - априорная траектория управления, которая на основании рисунка 1 может быть представлена в виде

$$\hat{y}(t) = \left\{ y_{i-1} e^{-\gamma t} + y_i (1 - e^{-\gamma t}), t_i \leq t \leq t_{i+1}, i = \overline{1, n} \right\}, \quad (7)$$

где n - число уровней управляющей программы;

$$\gamma = 1 / T_0,$$

Δt - малая величина.

В режиме контроля знаний

$$U(t) = (\hat{y}(t + \Delta t) - y(t)) / (\Delta t \beta(t)), \quad (8)$$

где $\beta(t)$ - динамическая оценка параметра T_K (обратная T_K), определяемая из выражения

$$\beta(t) = (y(t) - y(t - \Delta t)) / (\Delta t U(t - \Delta t)), \quad (9)$$

а \hat{y} из рисунка 1

$$\hat{y}(t) = \left\{ U_i \gamma_i, t_i \leq t \leq t_{i+1}, i = \overline{1, n} \right\}, \quad (10)$$

где $\gamma = 1 / T_K$.

Анализ выражений (6) и (8) показывает, что левая часть неравенства (3) выполняется при наличии ограничения на \hat{y} в виде $\hat{y}(t + \Delta t) > y(t)$. Если это неравенство не выполняется, то система рассчитывает новую траекторию \hat{y} с учетом изменившихся параметров обучаемого. Таким образом

$$\hat{y}(t + \Delta t) = \hat{y}(t) + \Delta \hat{y}(t), \quad (11)$$

$$\Delta \hat{y}(t) = NF[y(t), \alpha(t), \beta(t), U(t)], \quad (12)$$

$$N = \begin{cases} 0, & \hat{y}(t + \Delta t) - y(t) > 0, \\ 1, & \hat{y}(t + \Delta t) - y(t) \leq 0 \end{cases} \quad (13)$$

В зависимости от режима работы системы - усвоение или контроль знаний, функция $F()$ в (12) принимает значения, рассчитываемые по эмпирическим формулам и зависящие от параметров конкретного обучаемого.

Алгоритм работы системы имеет следующий вид:

- на основании (7), (9) строится априорная траектория управления. Первоначальные значения коэффициентов T_0 и T_K определяются на основе тестирования, а также статистической обработки предыдущих результатов обучения;

- в ходе процесса обучения определяется управляющее воздействие $U(t)$ (объем учебного материала в зависимости от времени и результатов тестирования) по формулам (5), (8);

- после каждого этапа обучения проверяется

выполнение условия $\hat{y}(t + \Delta t) > y(t)$. В случае его невыполнения производится динамическая оценка параметров T_0 и T_K по (6) и (9) и рассчитывается новая траектория обучения.

Литература

1. Гурье Л.И. Проектирование педагогических систем: Учебное пособие; Казан. гос. техн. ун-т. - Казань, 2004.
2. Емельянова Н.З., Партыка Т.Л., Попов И.И. Основы построения автоматизированных информационных систем: Учеб. пособие, М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005.
3. Печников А.Н. Теоретические основы психолого-педагогического проектирования автоматизированных обучающих систем. - Петродворец: ВВМУРЭ им А.С. Попова, 1995.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА НА БАЗЕ СТАНДАРТОВ СЕРИИ ISO 9000 НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Стаценко С.Г.

Научный руководитель: Рувинский О.Е. д.х.н., профессор
Кубанский Государственный Технологический университет, 350072, Россия, г. Краснодар,
ул.Московская, 2
E-mail: stachenko@yandex.ru

Системы менеджмента качества сегодня – это мощный инструмент, который повышает стабильность производства и делает контроль качества производимой продукции более эффективным за счет глубокого анализа причин возникновения несоответствий и способов их предупреждения. Одним из основных элементов современного менеджмента качества является процессный подход в организации производства. Процессный подход является инструментом, с помощью которого создаются и поддерживаются условия, необходимые для обеспечения качества процессов производства.

Переход к процессному подходу на практике включает в себя несколько шагов:

- ✓ определение и документирование стратегических целей. В стандартах серии ISO 9000 реализуется в виде Политики в области качества, которая задает вектор развития предприятия. Особенностью пищевой промышленности является обязательная гарантия безопасности продукции. Цели в области качества должны быть измеряемы. Достижение этих целей является одной из ключевых характеристик эффективности функционирования СМК предприятия.

- ✓ идентификация бизнес-процессов. Существует четыре основных вида процессов: основные, вспомогательные, процессы развития и управления. Важно четкое понимание необходимости каждого из выделенных процессов.

Особенностью процессного описания предприятий пищевой промышленности является указание обязательных точек контроля. Также возможно при описании процессов составление плана производства и хранения продукции, а также описание физического движения сырья, продукции, материалов и персонала. Степень детализации описания имеет отличительную особенность - необходимо описать практически все материалы, имеющие контакт с продукцией.

- ✓ определение основных характеристик идентифицированных процессов с указанием входов/выходов, границ, методов мониторинга и оценки эффективности. На предприятиях пищевой промышленности мониторингу и измерению процессов отводится повышенное внимание, а полученные результаты анализируются незамедлительно.

- ✓ увязать отдельные процессы в единую систему.

- ✓ разработать документацию, регламентирующую процессы. В перечень этой документа-

ции входят должностные инструкции, маршрутные и технологические карты, процедуры и т.д. Стандарт ISO 9001 требует составления 6 обязательных и дополнительных процедур. Документ — процедура — это как раз и есть материализованный объект системы качества, подтверждающий применение процессного подхода в работе.

- ✓ Необходимо добиться понимания каждым работником своей роли в достижении целей отдельного процесса и успехе компании в целом, а так же, ответственности за достижение этих целей. Ошибка в работе даже одного участника процесса может серьезно сказаться на общем результате всего процесса и свести на нет усилия всех остальных участников.

- ✓ для более глубокого понимания и управления процессами необходимо применять цикл PDCA. Который направлен на непрерывное улучшение процессов и эффективности работы организации.

Для успешной реализации данного подхода важно иметь четкую организационную структуру предприятия. Без такой структуры невозможно определение всех бизнес-процессов протекающих на предприятии. (Примерная схема процессов приведена на Рисунке 1). Именно грамотная структура управления стоит в основе эффективного мониторинга и документирования, как отдельных процессов, так и всей системы в целом, помогает разграничить ответственность и влияет на оперативность и действенность корректирующих и предупреждающих действий.

Внутренние аудиты позволяют определить уровень соответствия СМК целям организации. На предприятиях пищевой промышленности практикуется проведение не только внутреннего аудита, но и аудит поставщиков сырья и материалов, а в некоторых случаях и партнёров (дистрибьюторов, логистических компаний и т.п.).

В данной статье за основу системы менеджмента качества принималась модель на базе стандартов ISO 9000, но ее требования могут дополняться стандартом ISO 22000 или принципами HACCP, а затем система может интегрироваться с ISO 14001 и OHSAS 18001.

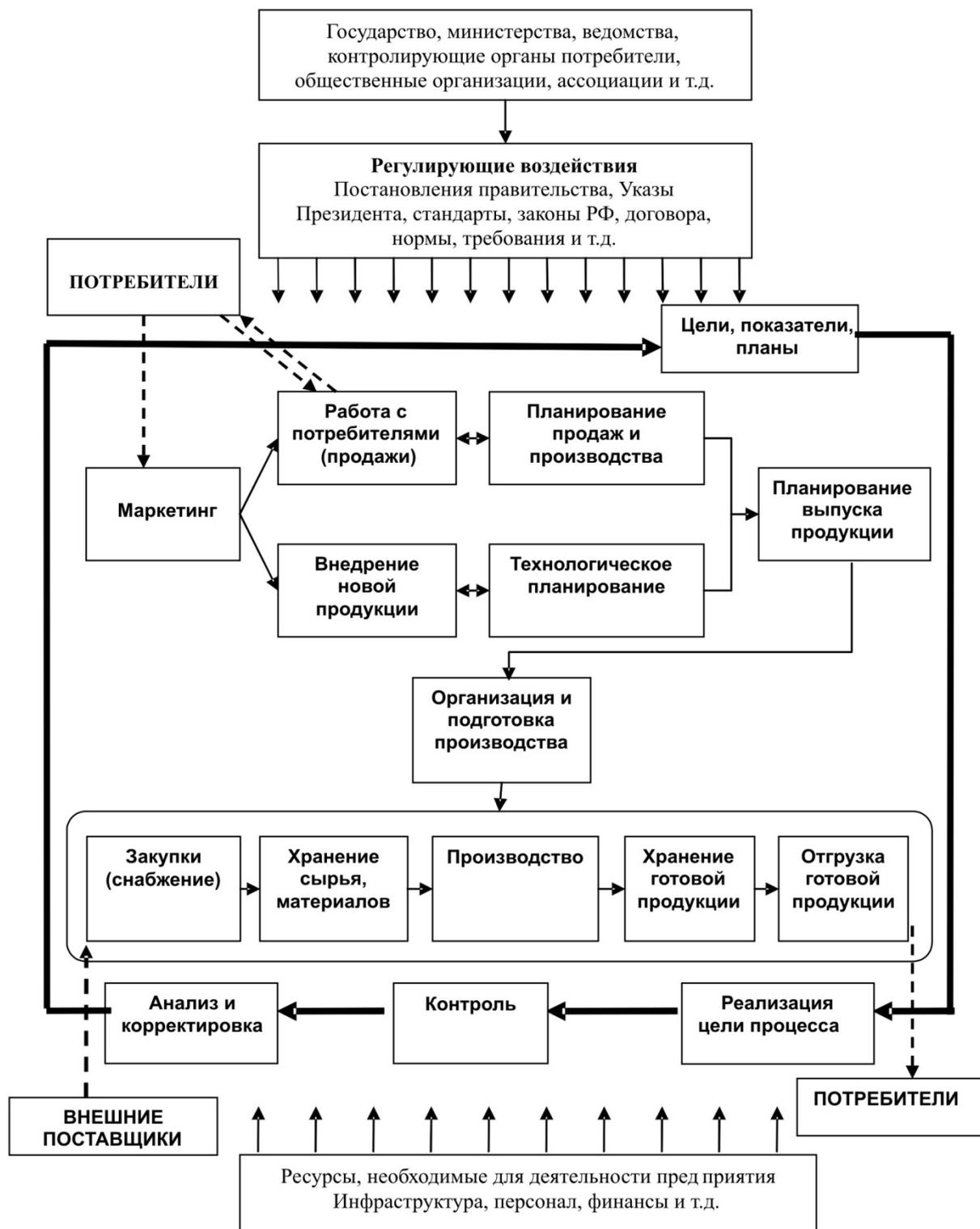


Рисунок 1 – Примерная схема реализации процессного подхода на предприятии пищевой промышленности

РАЗРАБОТКА ЦИКЛА ДИСТАНЦИОННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО «МЕТРОЛОГИИ»

Степанова Е.В., Казаков В.Ю.

Научный руководитель: Казаков В.Ю. к.ф.-м.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: s3jivaya@sibmail.com

В настоящее время активно развивается система дистанционного обучения в самых различных областях образования. Дистанционное образование обладает рядом преимуществ: более низкой стоимостью образовательных услуг, независимость студента от географического расположения вуза, сокращения сроков обучения. В связи с модернизацией экономики актуальной является проблема профессиональной переподготовки большого количества работников. В Томском политехническом университете в отделе дистанционного образования ведется работа по созданию и внедрению циклов дистанционных лабораторных работ по различным дисциплинам [1].

В рамках этого проекта данная работа посвящена разработке цикла дистанционных лабораторных работ по дисциплине «Метрология».

Обучение метрологии требует практических навыков работы с приборами и установками. Это накладывает особые требования на организацию и техническое обеспечение дистанционных работ. Поэтому даже в дистанционном режиме студент должен управлять реально работающими средствами измерения. Это значительно усложняет аппаратное и техническое обеспечение лабораторного цикла.

В настоящей работе эти проблеме обсуждаются на примере лабораторной работе «Проверка вольтметра». Выполнение данной лабораторной работы требует использования объекта поверки - мультиметра и эталонного СИ - калибратора. В качестве объекта поверки выбран мультиметр В7-40/1, так как он может управляться программно на основе магистрали КОП (GPIB) [2]. В качестве эталонного СИ выбран калибратор Fluke 5520A. Данный прибор является прецизионным прибором с высокими метрологическими характеристиками, при этом также в наличии имеет интерфейс КОП [3].

На рисунке 1 представлена схема лабораторной установки.

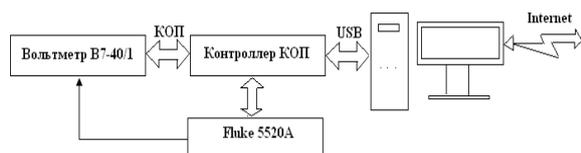


Рис. 1. Схема лабораторной установки

Здесь изображены: вольтметр универсальный цифровой В7-40/1; калибратор Fluke 5520A; сервер лабораторной установки, подключенный к сети Интернет; контроллер КОП. С помощью программы на ПК устанавливаем значение физиче-

ской величины на калибраторе, а затем считываем измеренное значение с мультиметра.

Далее управляющую программу будем называть сервером лабораторной установки (локальный сервер).

На рисунке 2 показана фотография лабораторной установки, которая размещена на кафедре КИСМ ТПУ.



Рис.2. Лабораторная установка

Дистанционный доступ студента к лабораторной установке через Интернет осуществляется на основе интегрированной системы управления интернет-обучением MOODLE и программно-аппаратных комплексов на базе LabVIEW (рис.3) [1].

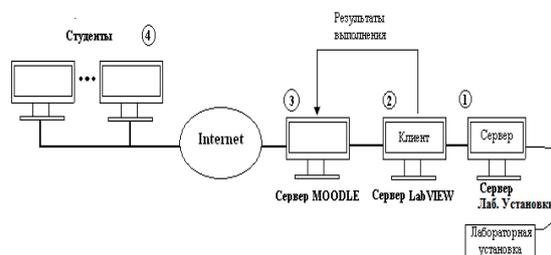


Рис.3. Интегрированная система управления интернет-обучением

Для реализации данной работы были разработаны методическое и программное обеспечение. Методическое обеспечение состоит из программы действий, необходимой теории и контрольных вопросов [4]. Программное обеспечение состоит из двух взаимодействующих между собой программ – программа-сервер и программа-клиент лабораторной установки. Программа-сервер работает на компьютере (1), а программа-клиент на (2) (рис.3). Сервер MOODLE (3) используется для идентификации пользователей, формирования учебно-методических материалов по курсам/лабораторным работам (включая тестирующие материалы), управления и мониторинга учебной деятельностью студентов, формирования отчетов и т.д. Студент (4) обращается через браузер к (3) и получает виртуальную панель программы-клиента. Далее с помощью, этой лице-

вой панели он формирует запросы к программе-серверу лабораторной установки.

Программа-клиент и программа-сервер написаны в среде графического программирования LabVIEW. На рисунке 4 изображена лицевая панель программы-клиента, для управления лабораторной установкой.



Рис.4. Лицевая панель программы-клиента

Лицевая панель калибратора: 1- клавиша OPR переводит калибратор в рабочий режим; 2 - цифровая клавиатура, используется для задания цифровых значений амплитуды и частоты выходного сигнала; 3- клавиши размерности выходы, определяют текущее функциональное назначения выхода; 4 - клавиша RESET позволяет сбросить текущие установочные рабочие параметры; 5 - позволяет изменять полярность выхода для напряжения и силы постоянного тока; 6 - клавиша ввода ENTER загружает новое значение выхода, сформированное и отображенное на контрольном дисплее; 7 - кнопка POWER обеспечивает подачу и снятия питания с калибратора; 8 - дисплей выходных параметров; 9 - контрольный дисплей; 10 - клавиши умножения, они задают множитель для выходного параметра.

Лицевая панель вольтметра : 1 – кнопка СЕТЬ обеспечивает подачу и снятия питания с вольтметра; 2 – дисплей выходных параметров; 3 – позволяют выбрать предел измерения; 4 – клавиши позволяющие выбрать род работы.

С методической точки зрения является правильным, что интерфейс лицевой панели повторяет лицевые панели реальных приборов, и процесс управления имитирует реальные действия с приборами.

Блок-схема программы-клиента построена на основе шаблона «машины состояний» [5]. Комбинация нажатых кнопок на лицевой панели преобразовывается в стандартный запрос к программе-серверу лабораторной установки. Например, для того чтобы установить на калибраторе постоянное напряжение 1 В, студент нажимает на лицевой

панели комбинацию кнопок 1 -> V -> ENTER -> OPR. Программа-клиент формирует запрос стандартной формы программе-серверу, которая через КОП выдает управляющие сигналы для калибратора Fluke. Далее опрашивается состояние калибратора и если он вышел на заданный режим отправляется сообщение программе-клиенту, которое отображается на индикаторе 8 (рис.4). Аналогично происходит работа студента с вольтметром В7-40/1.

Результаты измерений протоколируются и отсылаются на сервер MOODLE для написания отчетов и оценивания.

Заключение:

В докладе на примере лабораторной работы «Проверка вольтметра» обсуждаются проблемы, возникающие при дистанционном обучении дисциплине «Метрология». Отмечается, что студент должен управлять реально работающими средствами измерения. Это значительно усложняет аппаратное и техническое обеспечение лабораторного цикла. Результатом представленной работы является программное обеспечение, которое состоит из двух модулей – программы-клиента и программы-сервера лабораторной установки. В настоящий момент завершается тестирование программного обеспечения.

Список использованных источников:

1. П.Ф. Баранов, С.А. Горисев, П.Н. Жилкин, Кириченко Е.М., Ряшенцев И.В., Тараканов Е.В. Создание среды компьютерно-сетевых лабораторных практикумов удаленного доступа на основе интеграции системы управления интернет обучением MOODLE и программно-аппаратных комплексов на базе LabVIEW [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://ctep.tpu.ru/Report/Goric.htm>
2. ТГ2.710.016 ТО Вольтметр универсальный цифровой В7-40/1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.- 2 части. – Минск: 1988. – 300 с.
3. Калибратор Fluke 5520A. Инструкция по эксплуатации. – Томск: 2009. – 630 с.
4. Проверка вольтметра В7-40/1. Методические указания к лабораторной работе. – [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://portal.tpu.ru/departments/kafedra/kism/Educational>
Сайт фирмы National Instruments. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.ni.com>

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМНОГО МЕТОДА КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Сумарченкова И.А.

Научный руководитель: Яговкин Н.Г., к.т.н., доцент
Самарский государственный технический университет, 442100, Россия, г. Самара,
ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: bjd@list.ru

В условиях возрастающей нагрузки индустриальной цивилизации, загрязнение среды превращается в глобальный фактор, определяющий состояние природной среды и здоровье человека. Перспективы такого развития общества губительны для существования развитой цивилизации. Т.е. необходима реальная оценка комплекса проблем, связанных с организацией мониторинга окружающей среды и планирования работы по устранению загрязнения конкретных территорий.

При проведении экологического мониторинга решаются следующие задачи [1]:

- организация и проведение наблюдения за количественными и качественными показателями (их совокупностью), характеризующими состояние окружающей среды, особенно в районах расположения источников антропогенного воздействия;
- оценка состояния окружающей среды, своевременное выявление, прогноз развития и выработки рекомендаций по снижению негативных процессов, влияющих на ее состояние;
- информационное обеспечение органов государственной власти, органов местного самоуправления, юридических и физических лиц по вопросам состояния окружающей среды;
- формирование государственных информационных ресурсов о состоянии окружающей среды;
- обеспечение участия Российской Федерации в международных системах экологического мониторинга.

Полученная информация при осуществлении экологического мониторинга, используется при:

- разработке прогнозов социально-экономического развития Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, муниципальных образований и принятии соответствующих решений;
- разработке федеральных программ в области экологического развития Российской Федерации, целевых программ в области охраны окружающей среды субъектов Российской Федерации, инвестиционных программ, а также мероприятий по охране окружающей среды;
- осуществлении контроля в области охраны окружающей среды (экологического контроля) и проведении экологической экспертизы;
- прогнозировании чрезвычайных ситуаций и проведении мероприятий по их предупреждению;
- подготовке данных для ежегодного государственного доклада о состоянии и об охране окружающей среды.

Следует принять во внимание, что сама система мониторинга не включает деятельность по управлению качеством среды, но является источником, необходимой для принятия экологически значимых решений информации.

Система мониторинга реализуется на нескольких уровнях, которым соответствуют специально разработанные программы:

- импактном (изучение сильных воздействий в локальном масштабе);
- региональном (проявление проблем миграции и трансформации загрязняющих веществ, совместного воздействия различных факторов, характерных для экономики региона);
- фоновом (на базе биосферных заповедников, где исключена всякая хозяйственная деятельность).

Программа импактного мониторинга направлена, на изучение сбросов или выбросов конкретного предприятия. Предметом регионального мониторинга, как следует из самого его названия, является состояние окружающей среды в пределах того или иного региона. Наконец, фоновый мониторинг, имеет целью зафиксировать состояние окружающей среды, что необходимо для дальнейших оценок уровней антропогенного воздействия.

Наиболее достоверные данные получают при использовании концепции, основанной на принципе комплексной характеристики состояния загрязнения природной среды. Главным и обязательным ее условием этой концепции является рассмотрение всех сторон взаимодействий и связей в природной среде и учет аспектов загрязнения природных объектов. Загрязняющие вещества отслеживаются во всех средах, при этом большое значение придается изучению накопления того или иного вещества в природных объектах или определенных ландшафтах, его переходу из одной природной среды в другую и вызываемых под его воздействием изменений. Проводимые комплексные исследования призваны определить источник загрязнения, оценить его мощность и время воздействия и найти пути оздоровления среды. В случае чрезвычайного происшествия (катастрофы или аварии) на опасном производственном объекте первостепенное значение приобретает оперативность реагирования на них соответствующих структур. Основную роль приобретает разработка системы получения необходимой информации и представления ее потребителям.

В качестве основного инструмента для оценки ситуации и содействия принятию решения применяются математические методы, позволяющие эффективно описывать процесс ее функционирования.

Многообразие сред, исходных данных и характеризующих их параметров порождает и многообразие методов (математического аппарата) вероятностных оценок принятия решения.

Чаще всего в системе экологического мониторинга применяются следующие методы обработки информации:

- централизованный одноуровневый, при котором вся информация собирается, систематизируется и обрабатывается на одной высшей структуре управления, а результаты обработки доводятся до всех подчиненных структур управления;

- централизованный многоуровневый, при котором вся информация от «собственных» источников собирается, систематизируется и обрабатывается в каждой структуре управления. Информационные связи (обмен информацией) между органами управления - минимальны, что примерно соответствует существующим способам управления системой.

Однако они не всегда обеспечивают требуемую оперативность формирования управляющего воздействия (например, реакции соответствующих подсистем для ликвидации последствий аварии или чрезвычайной ситуации). Поэтому предлагается в системах экологического мониторинга использовать метод комплексирования, при котором каждая система получает информацию, необходимую ему для управления, по мере поступления ее в систему и независимо от источника, который ввел ее в систему (системный метод комплексирования информации).

Для оценки эффективности и сравнительного анализа методов комплексирования информации, отличающихся количеством уровней иерархии в процессах обработки информации и характером связей между ними, разработана имитационная модель подсистемы сбора, обработки информации и доведения ее до потребителей. Она построена по методу «особых состояний».

С использованием модели исследованы каждые из трех методов получения информации, необходимой для обеспечения функционирования структур управления:

Эффективность методов оценивалась по следующим показателям:

- математическое ожидание времени прохождения информации от источника (добывающего органа) до потребителя $t_{оп}$;

- производительность органа обработки информации системы, выраженная через объем обработанной информации $V_{об}$.

В качестве параметров рассматривалось время обработки сообщения в информационных органах различных уровней $t_{об}$, и время прохождения информации между уровнями внутри системы $t_{дог}$.

Основные результаты исследований альтернативных методов и комплексирования информации приведены на рисунках 1,2.

На рисунке 1 приведена зависимость времени доведения информации $t_{оп}$ от $t_{об}$ для каждого из трех способов $t_{оп} = f(t_{об}, A, t_{дог} = 0,5 \text{ мин})$. На основании рисунка 2 получена зависимость времени обработки информации и доведения ее до потребителей для каждого из трех случаев.

На рисунке 2 приведена зависимость производительности органа обработки $V_{об}$ от $t_{об}$ для способов 1-3: $V_{об} = f(t_{об}, A, t_{дог} = 0,5 \text{ мин})$.

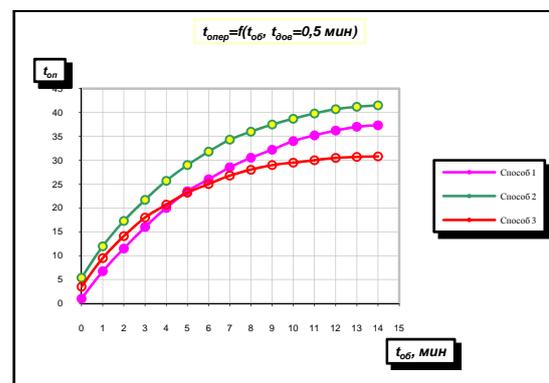


Рис. 1. Зависимость времени доведения информации $t_{оп}$ от $t_{об}$ для способов 1-3

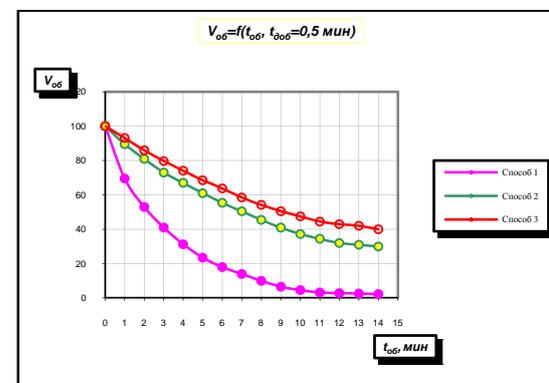


Рис. 2. Зависимость производительности органа обработки $V_{об}$ от $t_{об}$ для способов 1-3

Как следует из графиков (приведенных на рис. 1,2), системный метод комплексирования обеспечивает по совокупности выбранных показателей существенно лучшие результаты, чем другие по совокупности выбранных показателей эффективности.

Литературные источники

1. Венецианов Е.В. Экологический мониторинг: Под ред. Е.А. Заика. — М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003. — 252

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА КИРПИЧА КЕРАМИЧЕСКОГО СПОСОБОМ ПОЛУСУХОГО ПРЕССОВАНИЯ

Терёхина Ю.В., Котляр В.Д.

Научный руководитель: Котляр В.Д., к.т.н., доцент
Ростовский государственный строительный университет,
344022, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162
E-mail: yuliya-2209@mail.ru

В настоящее время большое внимание уделяется развитию энергосберегающих технологий, расширению сырьевой базы строительной керамики, созданию эффективных материалов, проблемам повышения качества продукции, совершенствованию менеджмента качества, соблюдению требований экологических стандартов.

Организация производства кирпича керамического способом полусухого прессования в современных условиях – процесс сложный, продолжительный, требующий постоянного внимания как сторон, занимающихся его организацией, так и в дальнейшем участников процессов. При создании предприятия должны соблюдаться существующие требования к организации производства, а также учитываться перспективы развития.

Нами предлагается алгоритм, позволяющий создать современный завод по производству керамического кирпича способом полусухого прессования, отвечающий требованиям мировых стандартов в области менеджмента качества и экологии, выпускающий конкурентоспособную продукцию.

Технология полусухого прессования керамического кирпича взята за основу как актуальное направление развития в области производства керамических материалов, получившее широкое распространение в России в связи с наличием широкой сырьевой базы.

При построении алгоритма использовались положения стандартов серии ИСО 9001 и основы управления качеством.

Первый этап алгоритма включает в себя:

1. Изучение рынков всех уровней (местного, регионального, федерального) с позиций «спрос-предложение», ценовых категорий, номенклатуры представленной продукции.
2. Изучение требований действующих нормативных документов на кирпич керамический и на возможную второстепенную продукцию (бой, керамическая крошка, заполнители и т.д.).
3. Рассмотрение зарубежной номенклатуры продукции и патентных предложений [1].

На основании полученных данных выбирают номенклатуру продукции для производства, производительность завода, позиции для занятия своей ниши и перспективы сбыта на рынках.

Следующим встает вопрос о выборе собственного месторождения сырья или же поиск поставщиков сырьевых материалов для производства. На наш взгляд, предпочтительным является вариант с приобретением месторождения и неза-

висимость от поставщиков для стабильности производственного процесса и проработки вопросов контроля качества. Рассматриваются разведанные месторождения, а также варианты поисковых работ и использование нетрадиционного сырья. По итогам поисково-оценочных работ принимается решение о выборе месторождения или же после анализа возможных поставщиков рассматриваются выбранные варианты.

Следующий этап – лабораторно-технологические испытания сырья, включающие в себя весь перечень обязательных операций для определения пригодности потенциальных сырьевых баз для производства кирпича керамического по технологии полусухого прессования и определение физико-механических характеристик планируемой продукции. На данном этапе определяются с месторождением (поставщиком), разрабатываются составы шихты (использование сырья в чистом виде или с добавками) и подбирается оптимум по её влажности и гранулометрическому составу. Устанавливаются технологические параметры производственного процесса – влажность пресс-порошка, давление прессования, температура сушки и режим обжига. Определяются возможные показатели качества продукции. Обязательным этапом, входящим в лабораторно-технологические испытания являются полужавовские и заводские испытания сырья на действующих предприятиях. По итогам данных испытаний корректируют (по необходимости) требуемые характеристики пресс-порошка, и формируют требования к технологическому оборудованию для обеспечения выпуска выбранной номенклатуры продукции с соответствующим уровнем качества. Путём решения логистических задач, с учётом близости расположения коммуникаций и согласования предложенных вариантов с требованиями СНиП и ГОСТов определяют местонахождение завода.

Следующий этап состоит из процесса оформления лицензии на месторождение (заключение договора с поставщиками), составления бизнес-плана и начала проектирования завода.

При проектировании завода учитываются данные, полученные при проведении лабораторно-технологических испытаний по характеристикам сырья, установленным технологическим параметрам производственного процесса, уровень качества продукции, планируемая производительность предприятия, требования нормативных документов по эффективности производства и эко-

логических стандартов.

При подборе технологического оборудования рекомендуется рассмотреть несколько вариантов комплектации технологической линии и по каждому варианту провести FMEA-анализ для выявления оптимального варианта комплектации. Применение данного метода при проектировании способствует решению следующих задач:

- получение сведений о риске альтернативных вариантов и их оценка при проектировании технологической линии;
- идентификация недостатков технологии и нахождение мер по их устранению;
- сокращение дорогостоящих экспериментов при запуске и наладке производства.

Итогом данного этапа является проект технологической линии, принятый к строительству.

Следует обратить внимание, что оборудование для организации технологического процесса рекомендуется выбирать российского производства, что позволит избежать дополнительных затрат по монтажу, гарантийному обслуживанию и ремонту. На данном этапе следует включить разработку графика планово-предупредительных работ для технологического оборудования.

Автоматизация процессов производства позволит организовать контролируемый технологический процесс с возможностью управления параметрами производства, что ведет к снижению рисков возникновения дефектов, брака сырья и готовой продукции.

Параллельно со стадией проектирования принимается решение об организации заводской лаборатории или о заключении договоров со сторонними организациями для проведения испытаний продукции. При решении организовать лабораторию в составе предприятия выделяются помещения, набираются сотрудники, составляется перечень контролируемых характеристик и параметров, соответственно, подбирается испытательное оборудование и средства измерения, прописывается Положение об испытательной лаборатории и рассматривается подготовка к аттестации.

Важнейшим этапом при организации производства и создании системы управления качеством является подбор персонала. На основании проекта предприятия составляется штатное расписание и прописываются должностные инструкции. Каждый сотрудник должен соответствовать занимаемой должности (наличие специального образования), понимать и принимать ответственность за свои действия, быть заинтересованным в результатах своего труда (моральное и материальное стимулирование).

Этап пуско-наладки (3-9 месяцев) в организации производства кирпича керамического способом полусухого прессования определяет готовность предприятия к выпуску продукции, корректируются технологические параметры сырья и оборудования для получения продукции заданного уровня качества, рассматривается

взаимосвязь подразделений.

После установления стабильных параметров технологического процесса и получения продукции заданного уровня качества составляется Технологический регламент предприятия и карты контроля качества, которые позволяют организовать процесс контроля и управления производством и качеством выпускаемой продукции.

Следующий этап – продвижение продукции на рынке, включающий в себя разработку рекламных мероприятий (теле - и радиореклама, печатная форма, раздаточный материал, наружная реклама), участие в форумах, выставках, выгодные условия продаж.

Параллельно осуществляется обратная связь «покупатель-производитель» для сбора и анализа информации по качеству кирпича керамического и принятия решений по процентному выпуску номенклатуры продукции.

В ходе работы предприятия проводят анализ существующей технологии на предмет «узких» мест и предлагаются варианты по их устранению. Для контроля стабильности процессов производства и качества готовой продукции предлагается внедрение статистического контроля, дающего возможность отслеживать эффективность производственных и корректирующих мероприятий.

Следующим этапом в развитии производства и повышении качества кирпича керамического является этап подготовки к сертификации продукции и параллельно подготовка к внедрению системы менеджмента качества с дальнейшей возможностью сертификации системы менеджмента качества на соответствие ГОСТ Р ИСО 9001. На данном этапе также оценивается возможность сертификации предприятия на соответствие ГОСТ Р ИСО 14001. Данные процедуры позволят предприятию повысить уровень управления качеством, упорядочить процессы управления, повысить конкурентоспособность продукции, обеспечить выход на зарубежные рынки. И главное, не останавливаться на достигнутых результатах, а следовать принципу «постоянного улучшения».

Данный алгоритм организации производства кирпича керамического способом полусухого прессования даёт возможность эффективно организовать процесс производства и структуру предприятия, расставить акценты на важных этапах при проектировании и затратах на их проведение, избежать ненужных процессоремких и затратных мероприятий, внедрить систему управления качеством, представить на рынок конкурентоспособную продукцию и получить максимальную прибыль.

Литература:

1. 1. Управление качеством: Учеб. пособие / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро; под общей редакцией И.И.Мазура. – 2-е изд. – М.: Омега-Л, 2005. – 400с.

ВЫДЕЛЕНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ВОДОПОДГОТОВКИ ТОМСКОГО ВОДОЗАБОРА

Усова Н.Т.

Научный руководитель: Лукашевич О.Д., д.т.н., профессор
Томский архитектурно-строительный университет, 634003, Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2
E-mail: nadusova@ms.tusur.ru

Проблема утилизации отходов, образующихся при очистке воды, остро стоит в большинстве населенных пунктов России. В городах и селах на территории Западной Сибири, использующих железистые подземные воды для питьевого водоснабжения ввиду сильного загрязнения поверхностных вод, на станциях обезжелезивания образуется значительное количество сточных промывных вод, что связано с промывкой фильтров, необходимой для регенерации фильтрующих материалов. В докладе рассматриваются некоторые результаты исследований, направленных на решение проблемы выделения и утилизации отходов водоподготовки Томского водозабора. Для отделения осадка от воды в соответствии со СНиП 2.04.02-84 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения" отстаивание промывной воды должно протекать в течение 2 - 4 часов, после чего осветленная вода вновь подается на фильтровальные сооружения, а накопившийся осадок направляется в сгустители для дополнительного уплотнения или на сооружения обезвоживания осадка. В реальности осаждение может происходить значительно дольше, достигая 24 и более часов. При этом происходит бактериологическое загрязнение воды, что делает невозможным возвращение осветленной воды в голову технологической схемы водоподготовки. В результате в Томской области повсеместно загрязненные железосодержащими частицами сточные воды выливаются в реки, в болота, в овраги, на поля, реже – на специальные иловые площадки. Это наносит огромный вред окружающей среде.

Проведенные ранее исследования показали, что основу осадка промывных вод составляет немагнитная фаза α -оксидгидроксида железа (гетит α -FeOOH). Часть осадка представлена рентгеноаморфной фазой, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, Fe_2O_3 , Fe_2O_3 и другими продуктами. Порошок осадка обладает большой удельной поверхностью. Для ЖСО характерны малый размер частиц (от 0,02 мкм до 10 мкм.), подверженных броуновскому движению, большое количество бесструктурных частиц, наличие поверхностного заряда, стабилизация коллоидных частиц адсорбированными полифосфатами и органическими веществами (гуминового или микробного происхождения). Эти

факторы препятствуют агрегированию и быстрому осаждению крупных частиц [1,2,3].

Экспериментальная часть работы проводилась на реальной промывной воде Томского водозабора из подземных источников. Для изучения адсорбции ЖСО из промывной воды были использованы каолинистые глины Вороновского месторождения, расположенного в пределах Томского района Томской области. Глины давно используются в качестве хорошего адсорбента в различных производственных отраслях. Хорошие результаты по осаждению осадка промывных вод были получены в экспериментах с суспензией бентонитовой глины (минералы группы монтмориллонита)[4]. Однако монтмориллонитовые глины мало распространены в Томской области и имеют большую стоимость. Каолинистые глины обладают меньшей адсорбционной способностью по сравнению с монтмориллонитовыми в виду своей структуры.

Нами в лабораторных условиях была изучена возможность использования каолинистой глины для коагулирования промывных вод. Опыты проводились в цилиндрах емкостью 0,25 л. К промывной воде добавлялась расчетная доза суспензии глины. Через 1 час, 2 часа и 3 часа снимались показания мутности и брались пробы для определения содержания железа (вода не фильтровалась). Параллельно снимались показания нулевой пробы (исходный коллоидный раствор железа), осаждение коллоидных частиц, в которой происходило естественным путем.

Лучшие результаты показала 1% суспензия глины объемом 17,5 мл. Через три часа отстаивания промывной воды с глиной показание мутности составило 39 мг/л, в то время как в исходной воде 60 мг/л. Эффективность снижения мутности составила 6%. Одновременно наблюдался положительный эффект по снижению содержания железа в промывной воде с глиной.

Вторым методом, который мы использовали для осаждения железосодержащего осадка из промывных вод, является электрокоагуляция. Электрокоагуляцию мы проводили с помощью электролизного устройства с переменными частотами, состоящее из блока питания, двух стальных и двух алюминиевых электродов. Сила тока подающаяся на электроды равнялась 1 А, рабочее напряжение плавно нарастало до 20 В.

В процессе электрокоагуляции происходит растворение алюминиевых или железных анодов, сопровождающееся подщелачиванием раствора, приводящим к образованию гидроксидов железа и алюминия, которые выступают в качестве коагулянтов. При работе прибора происходил не только процесс электрокоагуляции, но и процесс электрофлотации.

В наших экспериментах промывная вода объемом в один литр помещалась в пластиковые стаканы и подвергалась электрообработке. Время электрообработки воды данным прибором составляло от 1 до 5 минут. Через каждый час в течение 4-х часов в статических условиях снимали показания мутности и железа в нефльтрованной воде. Установлено, что оптимальное время электрообработки составляет 4 мин. Через 3 часа отстаивания показание мутности составило 10 мг/л (проектное значение), а содержание железа 0,54 мг/л. При 5-и минутной электрообработке в процессе электрофлотации образуется более плотный слой, который не успевает полностью осесть за указанное время, что соответственно повышает показания мутности и содержания железа в промывной воде. Также было установлено, что перемешивание промывной воды после электрообработки способствует уменьшению мутности в 2 раза по сравнению со статическими условиями.

Мы полагаем, что безотходное (малоотходное) производство – аналог «чистого производства» в развитых странах, может и должно развиваться в научно-производственной сфере водоснабжения и водоотведения. Отходы должны рассматриваться как сырье для нового производства. Поэтому нами исследована возможность дальнейшего использования ЖСО.

Исходя из характеристик ЖСО: гидрогенное происхождение, высокая удельная поверхность (среднее значение $230 \text{ м}^2/\text{г}$ [2]), химический состав, подобный природным минералам можно предположить его хорошие адсорбционные свойства. В связи с этим одним из перспективных направлений утилизации ЖСО является возможность его использования для извлечения тяжелых металлов из сточных вод. Нами в лабораторных условиях на модельном растворе, содержащем ионы цинка ($0,188 \text{ мг}/\text{дм}^3$), свинца ($0,584 \text{ мг}/\text{дм}^3$), меди ($0,172 \text{ мг}/\text{дм}^3$) и никеля ($0,348 \text{ мг}/\text{дм}^3$), имитирующем сточную воду гальванического цеха, были исследованы адсорбционные свойства ЖСО с добавлением глины Вороновского месторождения. Для этого были приготовлены пять образцов сорбционного материала: образец № 1 – ЖСО; образец № 2 – ЖСО : глина = 4:1; образец № 3 – ЖСО : глина = 1:1; образец № 4 – ЖСО : глина =

1:4; образец № 5 – глина. 5г сорбционного материала помещали в модельный раствор объемом 1л. на сутки. По истечении указанного времени раствор фильтровали и повторно определяли содержание исследуемых ионов металлов. Анализы выполнялись в аккредитованной лаборатории методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Полученные результаты, представленные в таблице № 1, указывают на хорошие сорбционные свойства как самого ЖСО (89,9% в отношении ионов цинка), так и в его сочетании с глиной (95,9% в отношении ионов свинца, 87,2 % в отношении ионов меди).

Таблица 1. Эффективность процесса адсорбции ионов тяжелых металлов сорбционным материалом, содержащим ЖСО промывных вод Томского водозабора.

Металл-загрязнитель	Эффективность связывания ионов тяжелых металлов образцами, %				
	№1	№2	№3	№4	№5
Цинк	89,9	86,7	88,8	87,8	88,8
Свинец	81,3	85,3	95,9	82,5	92,0
Медь	85,5	86,6	86,0	87,2	87,2
Никель	0	0	22,1	19,3	23,9

Таким образом, использование ЖСО для очистки производственных и ливневых сточных вод приведет к уменьшению земельных площадей, занимаемых иловыми площадками на Томском водозаборе и повторному использованию ЖСО промывных вод.

Литература

1. Минеральные новообразования на водозаборах Томской области. Покровский Д.С., Дутова Е.М., Рогов Г.М., Вологодина И.В. и др./ под ред. Д.С. Покровского.- Томск: Изд-во НТЛ, 2002.-176 с.
2. Лисецкий В.Н. Улавливание и утилизация осадков водоподготовки на водозаборах г. Томска. / В.Н. Лисецкий, В.Н. Брюханцев, А.А. Андрейченко Томск: Изд-во НТЛ, 2003. – 164с.
3. Экологический и технологический аспекты очистки железосодержащих сточных вод. О.Д. Лукашевич, А.А. Андрейченко, И.В. Алгунова, О.Ю. Гончаров, Е.М. Маршев, Е.И. Патрушев, М.Н. Селехова// Вода и экология. 2003.-№4.-с.38-45.
4. Андреев Д.А., Лукашевич О.Д., Черкашин В.И. Выделение и утилизация железосодержащего осадка водопроводных станций (на примере Томского водозабора)// Вода: технология и экология.- 2008.-№2. С.21-29.

КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССА ДЕГИДРИРОВАНИЯ ВЫСШИХ ПАРАФИНОВ

Францина Е.В., Афанасьева Ю.И.

Научный руководитель: Иванчина Э.Д., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: evf@tpu.ru

Контроль и управление качеством нефтехимических процессов – первостепенная задача любого производства, позволяющая не только контролировать протекающие на заводе процессы, но и при заданных технологических условиях (температура, давление, состав сырья) выпускать максимально возможный объем продукции высокого качества при минимальных затратах производства.

В настоящее время для решения вышеописанных задач и повышения эффективности любого процесса, в том числе поиска оптимальных технологических условий его проведения используются методы математического моделирования и разработанные на их основе технологические моделирующие системы [1]. В свою очередь успешно разработанные модели позволяют:

1. проводить прогнозные расчеты параметров процесса с учетом специфики перерабатываемого сырья и технологических условий, типа загруженного катализатора;
 2. исследовать влияние режимов работы установки на селективность процесса и коксонакопление;
 3. тестировать катализаторы дегидрирования в условиях конкретной технологии и заданного углеводородного состава сырья;
 4. в режиме реального времени определять оптимальные технологические параметры проведения процесса на действующем производстве и тем самым увеличить объем основной товарной продукции (при требуемом качестве).
- С 2000 года в России идет устойчивое, стабильное развитие такого направления химической промышленности, как производство синтетических моющих средств (СМС) [2]. Основным требованием, предъявляемым к ним, является способность разлагаться под действием бактерий в окружающей среде. В настоящее время приняты законы, разрешающие производство и применение ПАВ для СМС, биоразлагаемых не менее чем на 80%. Хорошей биоразлагаемостью (на 80 – 90%) обладают именно линейные алкилбензолсульфонаты (ЛАБС) с неразветвленной алкильной цепью (C_{10} – C_{14}), что и является основным критерием качества ЛАБ/ЛАБС и СМС в целом является.

Производство ЛАБ/ЛАБС по технологии UOP состоит в дегидрировании n-парафинов в олефины с последующим алкилированием ими бензола и осуществляется в три стадии: дегидрирование высших парафинов C_9 – C_{14} , гидрирование

образовавшихся ди- и триолефинов и алкилирование бензола. Поэтому лимитирующей стадией всего производства является процесс дегидрирования высших парафинов на платиновом катализаторе [3].

Создание компьютерной моделирующей технологической системы данного процесса состоит из нескольких стадий и включает в себя подробный термодинамический анализ протекающих реакций, установление их детального механизма, его формализацию, составление схемы превращения, выбор модели дезактивации Pt-катализатора, составление на основе формализованного механизма реакций кинетической модели процесса, разработка модели реактора.

Предположительная схема процесса в реакторе была сформирована на основании механизма дегидрирования. Электронные структуры молекул и реакционные термодинамические характеристики (ΔG_r , ΔH_r , ΔS_r) были оценены для условий 753 К и 0,2 МПа с использованием квантово-химических методов расчета [4].

Результаты показали, что реакции ароматизации являются наиболее термодинамически вероятными ($\Delta G_r \approx -300$ кДж/моль). Протекание реакций циклизации алкенов, а также изомеризации алканов, образование диенов с куммулированными двойными связями ($\Delta G_r \approx -5$ кДж/моль) маловероятно при данных условиях. Наличие изомерных алкенов в продукте обусловлено протеканием процессов дегидрирования изоалканов, присутствующих в сырье. Все остальные термодинамически вероятные реакции имеют примерно одинаковое значение изобарно-изотермического потенциала ($\Delta G_r \approx -70$ кДж/моль). Возможно протекание побочных реакций крекинга ($\Delta G_r \approx -140$ кДж/моль) и коксообразования ($\Delta G_r \approx -510$ кДж/моль).

На основании вышеописанных результатов составлена формализованная схема механизма дегидрирования высших алканов C_9 – C_{14} (рис.1). Уровень формализации механизма превращения веществ предполагает объединение псевдокомпонентов в группы по реакционной способности, которая оценивается по изобарно-изотермическому потенциалу ΔG_r . Таким образом, были сформированы 11 групп псевдокомпонентов, которые участвуют в 22 типах химических реакций.

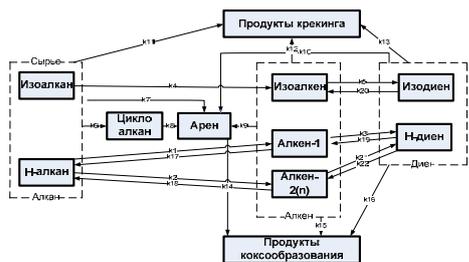


Рис.1. Схема химических превращений в процессе дегидрирования

Кинетическая модель процесса построена на основе закона действующих масс и формализованной схемы превращений. Расчет диффузионного $Pe_D=2375-1663$ и теплового $Pe_T=2494$ критериев Пекле подтвердили возможность использования модели идеального вытеснения для математического описания гидродинамического режима.

Математическая модель процесса была положена в основу разработанной в интегрированной среде Delphi 7 программы, рис. 2.

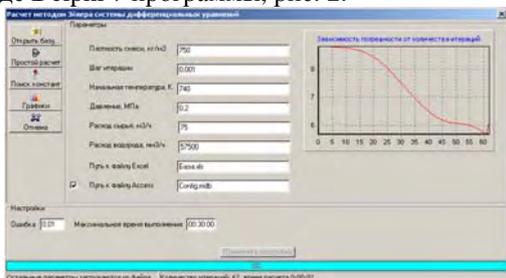


Рис.2. Диалоговое окно программы по расчету оптимальных кинетических параметров процесса дегидрирования углеводородов C_9-C_{14} . Исходными данными для расчета в программе являются физико-химические свойства углеводородов (тепловые эффекты реакций, теплоемкости и др.), покомпонентный состав сырья и состав продуктовой смеси, а также технологические условия проведения процесса (температура и давление), которые считываются из сформированной в Microsoft® Office Access 2003 (11.8166.8172) SP3 базы данных. Программа осуществляет считывание этих параметров из базы и вывод результатов расчета в виде документа Microsoft® Office Excel 2003 (11.8169.8172) SP3.

Для платинового катализатора процесса марки Deh-11 были рассчитаны кинетические параметры (энергия активации E_a и предэкспоненциальный множитель k_0) для всех типов химических реакций решением обратной кинетической задачи с использованием разработанной моделирующей системы, табл. 1.

Таблица 1. Значения основных кинетических параметров процесса

Реакция	k_{0i}	E_a , кДж/моль

Алкан \rightarrow Алкен-1+H ₂	1,25 ¹³	160
Алкан \rightarrow Алкен-2(n)+H ₂	2,06 ¹³	160
Алкен-1 \rightarrow Алкадиен+H ₂	4,55 ¹¹	160
Алкен-2(n) \rightarrow Алкадиен+H ₂	3,70 ⁶	180

Для проверки модели на адекватность расчетные показатели выходного потока из промышленного реактора сравнивались с аналогичными экспериментальными показателями, табл. 2.

Таблица 2. Относительная погрешность расчета концентраций компонентов

Компонент	Дата, относительная погрешность расчета, %				
	15.09	10.10	10.11	10.12	10.1
Алкан	0,62	0,67	0,76	0,78	0,71
Алкен-1	0,02	0,07	0,28	0,70	0,09
Алкен-2(n)	0,10	0,40	0,65	0,60	0,01
Алкадиен	0,12	0,80	0,13	0,25	0,03

Погрешность расчета концентраций основных компонентов процесса не превышает 1 %, что подтверждает высокую точность определения кинетических параметров модели процесса.

Таким образом, проверка на адекватность составленной формализованной схемы превращений и разработанной моделирующей системы показала хорошую сходимость расчетных и экспериментальных данных, что позволяет использовать ее не только для описания процесса, но и для внедрения ее на реальном производстве.

Использование разработанной компьютерной моделирующей системы позволяет проводить прогнозные расчеты параметров процесса с учетом специфики перерабатываемого сырья и технологических условий, исследовать влияние режимов работы установки на селективность процесса и коксонакопление на поверхности Pt – контакта катализатора марки DEN-11, управлять процессом с целью контроля качества получаемого продукта (ЛАБ/ЛАБС).

Список литературы:

1. Кравцов А.В., Иванчина Э.Д., Галушин С.А., Полубоярцев Д.С. Системный анализ и повышение эффективности нефтеперерабатывающих производств методом математического моделирования: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 170 с.
2. Рынок бытовой химии в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – http://www.him-prom.ru/market/market_1872.html. – 26.02.2010.
3. Баннов П.Г. Процессы переработки нефти. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2000. – 224 с.
4. Hursan S.L. Quantum mechanics and chemistry. – Ufa: PE Rayanov, 2005. – 164.

КОНТРОЛЬ ПРОЦЕНТНОЙ МАССЫ Gd_2O_3 В СНАРЯЖЕННОМ ТВЭЛЕ

В.С.Хорев Ю.В Алхимов,

Научный руководитель. В.К. Кулешов д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленин 30

E-mail: vhorev@sibmail.com

Конструктивно твэл представляет из себя циркониевый цилиндр диаметром 9.6 мм и длиной около 4 метров, внутри которого распложены таблетки, получаемые спеканием порошка $(U,Gd)O_2$, таблетки пакетируются и устанавливаются в циркониевом стержне. Основной проблемой при производстве твэлов, является точное определение концентрации оксида гадолиния на этапе производства, которая должна быть в пределах 2-8% [1].

Метод измерения основан на физическом явлении - взаимная индукция. Первичный преобразователь выполнен в виде трансформатора с двумя обмотками – первичной и вторичной. По первичной обмотке течет переменный ток, вырабатываемый генератором. Во вторичной обмотке наводится ЭДС пропорциональная, в том числе, магнитной проницаемости и удельной проводимости сердечника. Сердечником в данном случае является таблетка уран-гадолиниевого топлива. Измеряемый сигнал – ЭДС вторичной обмотки пропорционален магнитной проницаемости таблетки и удельной проводимости. Для решения данной задачи была сконструирована и рассчитана магнитная система, а так же измерительный датчик.

Конструкция датчика представлена на рисунке 3. Датчик выполнен в виде катушки, на которой намотаны две обмотки: измерительная и возбуждения. Частота датчика была рассчитана таким образом, чтобы поле в материале было распределено по всему объёму. Расчет глубины проникновения [2] электромагнитного поля в материал показан на рисунке 2. Расчет производился с помощью формулы 1.

$$d = \sqrt{\frac{1}{\mu \cdot \mu_0 \cdot \omega^2 / 2}} \quad (1)$$

где μ - магнитная проницаемость материала; μ_0 – магнитная постоянная; λ – удельная электрическая проводимость; $\omega=2\pi\nu$ - частота переменного тока. Из полученных рассчитанных данных были построены графики зависимости для Gd_2O_3 и Zr рисунок 1 и 2. для контроля была выбрана частота 1кГц [3].

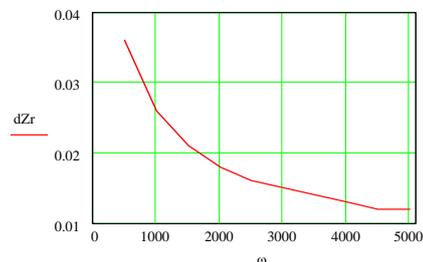


Рис. 1. Зависимость глубины проникновения электромагнитного поля в Zr от частоты

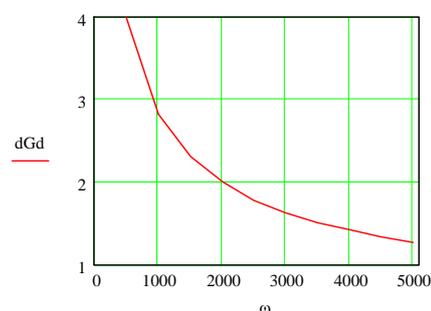


Рис. 2. Зависимость проникновения электромагнитного поля в Gd_2O_3 от частоты

Магнитная система как показано на рисунке 4, конструктивно выполнена на постоянных магнитах, соединенных между собой с помощью листов из трансформаторной стали.

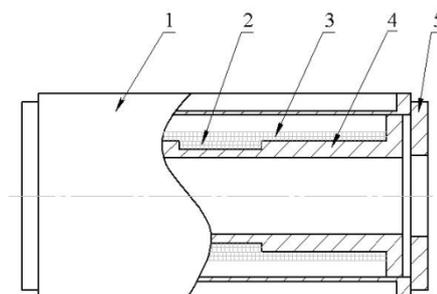


Рис. 3. Конструкция датчика. 1-корпус; 2- обмотка измерительная 3-обмотка возбуждения; 4- основание датчика; 5- крышка.

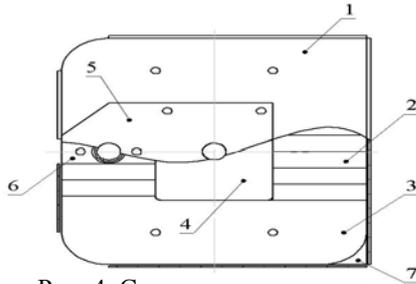


Рис. 4. Система магнитопровода

1-крышка; 2- постоянные магниты; 3- магнипровод; 4- центральная вставка; 5- крепление;

6 - измерительный датчик; 7- кожух.

Напряженность в зазоре, составляла порядка 520кА/м. Измерение проводилось так, чтобы из общего сигнала исключить влияние, циркониевой трубки, и ферромагнитных включений, обработка сигнала проводилась следующим образом. Имелось 4 датчика, как показано на рисунке 5, четвертый датчик конструктивно находился в центральной вставке, рисунок 4, позиция 4.

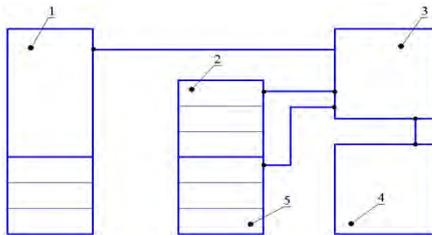


Рис. 5. Структурная схема установки.

1-Магнитная система с 2 датчиками;
2- Компенсационная катушка; 3- elotest 320.
4- ЭВМ; 5 - Измерительная катушка.

В датчиках 2 и 1 находились циркониевые трубки, которые при проведении контроля автоматически исключали влияние циркония из общего сигнала, чтобы исключить влияние ферромагнитных включений, твэл пропускали через канал, который находился в магнитном поле. После измерения сигналы вычитались, и в результате оставался сигнал вносимый Gd_2O_3 . Результаты измерений приведены на рисунках 6-8 при $F=1кГц$.

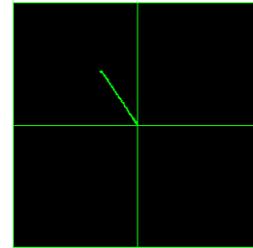


Рис.6. Вносимое напряжение от циркониевой оболочки твэла.

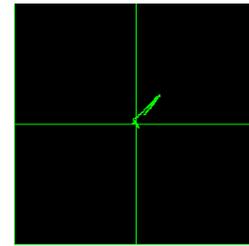


Рис.7. Вносимое напряжение от топливной таблетки с 0% содержанием оксида гадолиния находящейся в циркониевой оболочке.

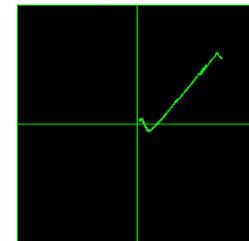


Рис.8. Вносимое напряжение от топливной таблетки с 5% содержанием оксида гадолиния находящейся в циркониевой оболочке.

Эксперимент показал, что наблюдается зависимость величины сигнала от содержания Gd_2O

Список литературы.

1. Горский В.В. Неразрушающий контроль содержания делящихся материалов и гадолиния в ТВЭЛАХ LWR. Атомная техника за рубежом, 1983, № 9, с. 3-9.
2. Клюев В.В., Соснин Ф.Р. Неразрушающий контроль и диагностика 2 том, справочник. Машиностроение, - 2005г.
3. Горский В.В. Применение гадолиния в легководяных реакторах. – Атомная техника за рубежом. 1987. №3, с 25-27.

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК ВУЗА

Чернета С.Г.

Юргинский технологический институт (филиал) ТПУ, г. Юрга
652050, Кемеровская область, г. Юрга, ул. Ленинградская 26;
E-mail: iris310881@rambler.ru

В Концепции долгосрочного развития России до 2020 года, особое внимание уделяется Инновационному пути становления государства. В течение 2008-2012 года Россия должна расширить свои конкурентные преимущества в энергетике, транспорте и сельском хозяйстве. В дальнейшем (до 2020 года) планируется перейти на новую технологическую базу, что неизбежно приведет к инновационному росту. В этой связи становятся актуальными проблемы отбора, сравнения, оценки рисков научно-технических инновационных разработок в ВУЗах, НИИ и других предприятиях.

В данной работе предлагается методика оценки сравнения инвестиционных привлекательностей, рисков научно-технических инновационных разработок на примере ВУЗов. Эта методика также может быть использована в академических и отраслевых НИИ и различных предприятиях.

Рассматриваемая в данной работе система представляет собой инновационную деятельность в вузе. Система имеет подсистему участников инновационной деятельности вуза, элементами которой являются авторы проектов, инвестор, команда исполнителей, команда экспертов, вуз в лице руководства; и подсистему научно-технических разработок. Между элементами - участниками существуют связи в виде финансовых и информационных потоков. Между элементами - разработками нет взаимосвязей, между ними существует конкуренция. Основная цель управления качеством инновационной деятельности в вузе – достижение максимальной эффективности управления, а именно – принятие решения со стороны руководства об инвестировании в действительно перспективную научно-техническую разработку и достижение запланированных показателей по прибыли и времени реализации. Таким образом, возникает необходимость решения двух управленческих задач - задачи о принятии решения инвестирования в ту или иную научно-техническую разработку и задачи оптимальной реализации инновационного проекта. В связи с тем, что управленческая задача о принятии решения об инвестировании является первоочередной, в работе будет рассмотрено ее решение. Решение должно приниматься с учетом двух критериев – прибыль должна стремиться к максимуму, а риск к минимуму, при этом существуют ограничения по сумме инвестиций и сроку окупаемости. Цель экономико-математического моделирования – обеспечить информационную базу

(основание) для принятия оптимального управленческого решения.

Объектом рассмотрения при решении данной задачи является совокупность научно-технических разработок, представленных в виде инновационных проектов. Пусть:

Q – совокупность инновационных проектов.

Q_i – i -ый инновационный проект, $i = \overline{1, n}$

X – прибыль, x_i – суммарная прибыль i -ого инновационного проекта; $x_{i(t_y)}$ – прибыль i -ого инновационного проекта в момент времени t_y , $y = \overline{0, t_i}$

T – период рассмотрения проекта; t_i – период рассмотрения i -ого инновационного проекта; t'_i – срок окупаемости i -ого инновационного проекта; t_y – момент времени в периоде рассмотрения проекта, $y = \overline{0, t_i}$; t_{\max} – максимально допустимый срок окупаемости проекта; $t_i^{\text{жзп}}$ – срок жизненного цикла продукции i -ого инновационного проекта.

Z – затраты на проект (инвестиции), z_i – затраты на i -ый инновационный проект, z_{\max} – максимально допустимая сумма инвестиций, $z_{i(t_y)}$ – сумма затрат в момент времени t_y в периоде рассмотрения T i -ого инновационного проекта.

R – риск не достичь запланированного результата; r_i – суммарный риск не достичь запланированного результата i -ого инновационного проекта; r_{ij} – вероятные риски, существующие при реализации i -ого инновационного проекта, $j = \overline{1, m}$; $e(r_{ij})$ – степень важности риска r_{ij} для i -ого инновационного проекта.

$P_{\text{опт}}$ – оптимальное решение об инвестировании, принадлежит пространству решений $P = (P_1 * P_2 * \dots * P_i * \dots * P_n)$, где $P_i \in P, i = \overline{1, n}$.

Функция модели выглядит следующим образом:

$$P_{\text{опт}} = \frac{\sum_{y=0}^{t_i} x_{i(t_y)}}{\sum_{j=1}^m r_{ij} e(r_{ij})} \rightarrow \max \quad (1)$$

Где искомое значение – оптимальное решение об инвестировании, числитель – суммарная прибыль, знаменатель – суммарный риск, представляющий собой сумму произведений оценок всех возможных рисков ситуаций на степень их важности.

Решение функции имеет смысл при выполнении следующих условий:

1. период рассмотрения проекта должен быть меньше или равен сроку жизненного цикла продукции $t_i \leq t_i^{жцп}$;
2. срок окупаемости должен быть меньше или равен установленному максимальному сроку окупаемости $t_i \leq t_{max}$;
3. сумма инвестиций в проект должна быть меньше максимально допустимой суммы инвестиций $z_i \leq z_{max}$.

Для решения поставленной задачи был использован аналитический метод решения, т.е. результатом является модель из общих формул. Также в процессе моделирования был применен метод математического программирования и теория экспертных оценок.

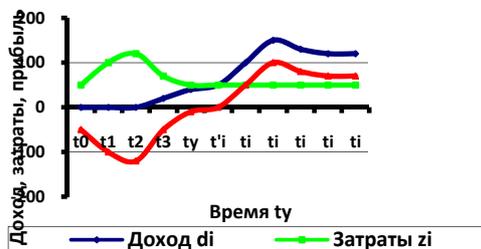
Решение задачи представляет собой следующую последовательность действий.

Проводится проверка всех проектов на соответствие трем условиям. Для этого с помощью экспертного метода и по формулам 2 и 3 рассчитываются нормативные значения срока жизненного цикла конкретной инновационной продукции и максимального срока окупаемости.

$$\bar{t}_i^{жцп} = \frac{\sum_{k=1}^b t_{i(c_k)}^{жцп}}{b}; \quad \bar{t}_{max} = \frac{\sum_{k=1}^b t_{max(c_k)}}{b} \quad (3)$$

С помощью графика на рисунке 1 определяется точка безубыточности проекта.

Рис. 1 График прибыли и затрат



С помощью формулы 4 определяется сумма инвестиций в проект. Полученные значения сравниваются с нормативными. Проекты, удовлетворяющие условиям, подлежат дальнейшему рассмотрению. По формуле 5 рассчитывается прибыль проекта как сумма значений прибыли в моменты времени t_y в рассматриваемом периоде проекта.

$$z_i = \sum_{y=0}^{t'_i} z_{i(t_y)} \quad (4) \quad x_i = \sum_{y=0}^{t_i} x_{i(t_y)} \quad (5)$$

Следующий шаг - оценка рисков и их важности для каждого проекта в отдельности. В условиях высокой неопределенности целесообразно воспользоваться экспертным методом оценки рисков. По каждому из проектов определяются все возможные риски. Выделяют риски, касаю-

щиеся увеличения стоимости проекта, увеличения объема работ, увеличения сроков выполнения проекта; риски неполучения сертификата соответствия на продукцию или лицензии на услугу; риски, связанные с оформлением и распределением интеллектуальной собственности; технические риски – риски, связанные невозможностью осуществления задуманного в проекте. Помимо оценивания рисков, экспертам также предлагается оценить важность каждого из рисков для конкретного проекта. При оценке объектов эксперты обычно расходятся во мнениях по решаемой проблеме, в связи с чем возникает необходимость оценки степени согласованности экспертов, которая вычисляется с помощью коэффициента конкордации – формулы 6 и 7. Аналогично проверке согласованности экспертных мнений по вероятности наступления рискованных ситуаций, проводится проверка согласованности мнений по критерию важности каждого риска для данного проекта.

$$W = \frac{12}{b^2(m^3 - m)} S \quad (6), \quad S = \sum_{j=1}^m \left(\sum_{k=1}^b r_{ij(c_k)} - \bar{r} \right)^2 \quad (7)$$

При достаточной степени согласованности мнений экспертов, рассчитывается среднее значение оценки каждой рискованной ситуации одного проекта по формуле 8. Далее рассчитывается среднее значение важности каждой рискованной ситуации по одному проекту по формуле 9, и затем среднее значение риска по формуле 10.

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^b r_{ij(c_k)}}{b} \quad (8); \quad e_{(r_{ij})} = \frac{\sum_{k=1}^b e_{(r_{ij}(c_k))}}{b} \quad (9);$$

$$r_i = \sum_{j=1}^m \bar{r}_{ij} \times \bar{e}_{(r_{ij})} \quad (10)$$

По каждой научно-технической разработке рассчитывается искомое значение по формуле 1, и результаты ранжируются в порядке убывания. Соответственно разработка с максимальным значением будет оптимальным решением данной задачи. Последующие же после него проекты могут также финансироваться в порядке приоритетности.

Таким образом, предлагаемая экономико-математическая модель обеспечивает информационную базу, необходимую для принятия управленческого решения об инвестировании.

Список литературы:

1. Надежность технических систем и техногенный риск.// Центр стратегических исследований ГЗ МЧС России (Электронное учебное пособие). Режим доступа <http://csi-mchs.ru/www/posobja/1/8-6.html>
2. Финансовая математика: математическое моделирование финансовых операций: Учебное пособие / Под ред. В.А. Половникова и А.И. Пилипенко. – М.: Вузовский учебник, 2007.-360с.

МОДЕЛЬ ДИДАКТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АКТИВИЗАЦИИ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ КАК АЛГОРИТМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Шерстнёва А.И., Тарбокова Т.В

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: toktv@list.ru

Проблема контроля и управления качеством математического образования студентов технического вуза является многогранной: научной, психолого-педагогической, социальной.

Специфика современной системы образования проявляется в том, что образовательная система должна быть способна не только вооружать знаниями обучающегося, но и, вследствие постоянного и быстрого обновления знаний в нашу эпоху, формировать потребность в непрерывном самостоятельном овладении знаниями. Формировать умения и навыки самообразования, а также самостоятельный и творческий подход к знаниям в течение всей активной жизни человека. Для этого необходимо дать возможность каждому построить ту образовательную траекторию, которая наиболее полно соответствует его образовательным и профессиональным способностям. Процесс познания должен нести людям радость от обретения нового миропонимания, смысла жизни, своего места в ней. Из всего этого следует, что важной проблемой начала XXI века является проблема поиска соответствующей организационной структуры образовательного процесса, которая обеспечила бы переход от принципа «образование на всю жизнь» к принципу «образование через всю жизнь», что может быть достигнуто, в том числе, формированием и развитием познавательной самостоятельности студентов.

Процесс формирования познавательной самостоятельности сложный и полиаспектный, поскольку для его организации требуется, чтобы усвоение отдельного учебного предмета приводило бы к развитию когнитивных, исследовательских, творческих способностей студентов. Поэтому стратегия поиска педагогических систем, обеспечивающих формирование познавательной самостоятельности студентов, включает в себя выявление традиций, обобщение новаций и обоснование соответствующих дидактических, методических и технологических принципов, учёт побудительных, образовательных, процессуальных, социальных, психологических факторов.

Теоретико-методологической базой исследований и проектируемой дидактической системы должен быть, по нашему мнению, системный подход, учитывающий общие принципы обучения (С.И. Архангельский, М.А. Данилов, Б.П. Есипов, И.Я. Лернер, И.Т. Огородников, М.Н. Скаткин, А.В. Хуторский и др.), а также теоретические и практические положения теории деятельности,

лично ориентированного и технологического подходов к обучению (Л.С. Выготский, П.Я. Гальперин, В.В. Давыдов, Л.В. Занков, А.М. Матюшкин, Л.С. Рубинштейн, Н.Ф. Талызина, Д.Б. Эльконин, И.С. Якиманская и др.).

Системный подход позволяет синтезировать положительные моменты, которые содержатся в проблемном, программированном и традиционном методах обучения. В проблемном обучении (Л.С. Выготский, П.Я. Гальперин, А.Н. Леонтьев, И.Я. Лернер, М.И. Махмутов, А.М. Матюшкин, В. Оконь, Н.Ф. Талызина и др.) – это глубокое усвоение основ наук на уровне их творческого применения, овладение методами познания и научного мышления, овладение опытом, операциями творческой деятельности. В самостоятельную творческую работу студенты могут быть вовлечены лишь при наличии у них знаний, системы фактов и способов познавательной деятельности, необходимых в конкретной области деятельности. В процессе накопления обучаемыми фактических сведений, а это более целесообразно при традиционном («сообщающем, догматическом», по Н.Ф. Талзыной) обучении, определённое место должна занять репродуктивная деятельность, являющаяся подготовительным этапом к творческой деятельности. Значение репродуктивной познавательной деятельности состоит в том, чтобы обучаемый имел образец того, как надо рассуждать и действовать в ходе решения тех или иных познавательных задач, проблем, мог сознательно и целенаправленно регулировать ход своих мыслей. В программированном обучении (П.Я. Гальперин, Е.И. Машбиц, Н.Ф. Талызина и др.) представляются наиболее важными следующие моменты: упорядочение структуры и содержания учебного материала; разработка программ процесса изучения учебного материала; внесение организующего начала в самостоятельную работу; создание эффективной системы контроля и самоконтроля усвоения учебного материала, обеспечивающей непрерывное управление процессом обучения.

Отсюда следует, что в процессе конструирования комплексного подхода к организации учебного процесса нужно использовать наиболее важные элементы из всех существующих. Сущность комплексного подхода – повышение производительности и качества деятельности преподавателей и студентов на основе разумного сочетания теории и практики традиционного, проблемного, программированного методов обучения в рамках

системно деятельностного, личностно ориентированного, технологического подходов к обучению.

Реализация выявленных педагогических условий активизации познавательной самостоятельности студентов как средства повышения качества их математической подготовки потребовала создания **модели дидактической системы**, включающей **ГОС, цели и результат обучения, преподавателя, студента, учебный материал, педагогические условия (ПУ)**, соответствующие трём иерархически соподчинённым уровням понятия «педагогическая технология» [1, 2]:

общедидактический уровень – **методологические ПУ** (системно деятельностный, личностно ориентированный, технологический подходы);

предметный уровень – **методические ПУ** (методы и средства программированного, проблемного, традиционного обучения);

модульный уровень – **содержательно-организационные ПУ** (учебные программы,

учебные планы, рейтинг - планы, учебные пособия, в том числе, электронные, банк тестовых заданий для чтения лекций с автоматизированной обратной связью); **мотивационно-волевые ПУ** (модульно-рейтинговая структура учебного процесса, индивидуальные задания, систематический индивидуальный контроль познавательной деятельности, самоконтроль, рефлексия, оперативная обратная связь преподавателя и студента, студенческие конференции и олимпиады, реферирование и т.п.)

В соответствии с теоретическими положениями моделирования и выявленными педагогическими условиями (ПУ) разработана модель дидактической системы активизации познавательной самостоятельности студентов, представленная на рис. 1.



Рис. 1. Модель дидактической системы активизации познавательной самостоятельности студентов

Список литературы

1. Селевко, Г.К. Современные образовательные технологии. Учебное пособие [Текст] / Г.К. Селевко. – М.: Народное образование, 1998. – 256 с.

2. Селевко, Г.К. Энциклопедия образовательных технологий: в 2 томах [Текст] / Г.К. Селевко. – М.: НИИ школьных технологий, 2006. – Т. 1. – 2006. – 816 с.

ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА НА ЭДАФОСФЕРУШмидт Е. И., Мосина Е. Ю

Научный руководитель: Смолина Т. В., старший преподаватель кафедры Радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга.

Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40
E-mail: fialkovaya@yandex.ru

Почва как объект охраны и контроля за ее состоянием имеет ряд особенностей по сравнению с другими объектами окружающей среды. Это, прежде всего, связано с ее малой подвижностью и в силу данного обстоятельства отсутствием снижения загрязнения за счет разбавления, характерного для атмосферы и водных объектов. Загрязнение и связанная с ним деградация почвы обусловлены двумя факторами: денатурацией почвы в результате глобального атмосферного переноса токсикантов и загрязнением почвы за счет локальных источников вредных компонентов. Все источники загрязнения почвы представлены природными и антропогенными составляющими. С точки зрения массивности загрязнения определяющая роль принадлежит антропогенным источникам. Таких источников довольно много.

Прежде всего на состояние почв оказывает влияние интенсивная добыча минерального сырья. Освоение крупных месторождений полезных ископаемых, как правило, приводит к появлению вокруг них погибающих земель; попытки включения в сельскохозяйственный оборот горных склонов часто сопровождается усилением эрозивных процессов; большой вред природной среде наносит строительство трубопроводов и линий электропередач; города, автомобильные и железные дороги, а также прилегающие к ним «полосы отчуждения» снижают процент земель, которые могут быть использованы под сельскохозяйственное производство [1].

По данным Госкомстата РФ, ежегодно около 53% выбросов загрязняющих веществ приходится на выбросы от транспортных и других передвижных средств, в том числе автомобильных, воздушных, водных, железнодорожных, тракторов и самоходных машин. Для многих городов России выбросы автотранспорта являются преобладающими. В числе таких городов, наряду с Краснодаром, Ростовом-на-Дону, Москвой, Курском, Екатеринбургом находится и Томск.

Количество автотранспорта, а значит и выбросов от него, растет. Сейчас в мире ежегодно выпускается около 25 млн. машин. К 2000 г. численность мирового автопарка приблизилась к 500 млн. машин и из них 400 млн. легковых. Эксплуатируемые в стране автомобили не соответствуют современным европейским ограничениям по токсичности и выбрасывают вредных веществ существенно больше чем зарубежные аналоги.

При рассмотрении проблемы влияния транспорта выделяют следующие виды его негативного воздействия: загрязнение атмосферного воздуха, влияние на глобальный климат, шумовое воздействие, загрязнение эдафосферы.

Причинами загрязнения от автотранспорта являются:

- плохое состояние технического обслуживания автомобилей,
- низкое качество применяемого топлива,
- наличие свинцовых добавок в бензине,
- неразвитость системы управления транспортными потоками,
- низкий процент использования экологически чистых видов транспорта [2].

Один легковой автомобиль поглощает ежегодно из атмосферы в среднем больше 4 т кислорода, выбрасывая с выхлопными газами примерно 800 кг окиси углерода, около 40 кг окислов азота и почти 200 кг различных углеводородов. Все эти химические соединения поступают в атмосферу, водные объекты и непосредственно в почву. Для исследования проб почвы на содержание ионов металлов используют физико-химические методики.

Для проведения физико-химического анализа почвы необходимо правильно провести пробоотбор. Отбор почвенных образцов лучше проводить в весенний или осенний период. Рекомендуется составлять смешанные, средние образцы пробы из 5-8 индивидуальных, взятых в различных точках участка площадью от 100 кв. м до 1 га. Почву на многолетней залежи отбирают с глубины 0 – 10 см; на пашне – с глубины 0 – 20 см; на территориях, занятых лесом, - из лесной подстилки; на болотных почвах – верхний торфяной слой 0-20 см. На практике для отбора почвенных образцов часто используют метод конверта.

Описание опыта.

Осенью 2009 года (сентябрь) был заложен разрез и отобраны почвенные образцы на территории, расположенной рядом с оживленной трассой. Из разреза бралось две прикопки. Образцы в разрезе отбирались по двум глубинам: 0-10 см и 10-20 см. Затем земля упаковывалась в мешочки (из ткани). *Подготовка почвы к анализу* состоит в измельчении материала, удаление посторонних примесей, просеивание через сито с диаметром отверстий 1 мм и сокращение до небольшой массы (около 500г).

Для исследования почвенных образцов мы использовали водную почвенную вытяжку. Для ее

приготовления 20 г воздушно-сухой просеянной почвы помещаем в колбу на 100 мл, добавляем 50 мл дистиллированной воды, взбалтываем в течение 5 – 10 мин и фильтруем.

Реакция почвы оказывает большое влияние на развитие растений и почвенных микроорганизмов, на скорость и направленность происходящих в ней химических и биохимических процессов. В природных условиях рН почвенного раствора колеблется от 3 (в сфагновых торфах) до 10 (в солонцовых почвах). Чаще всего кислотность не выходит за пределы 4-8.

Определение ионов

Карбонат – ионы. Небольшое количество почвы поместили в фарфоровую чашечку и приливали пипеткой несколько капель 10 % раствора соляной кислоты. Образующийся по реакции оксид углерода CO₂ выделяется в виде пузырьков (почва «шипит»). По интенсивности выделения их судили о более или менее значительном содержании карбонатов.

Сульфат – ионы. К 5 мл фильтрата добавили несколько капель концентрированной соляной кислоты и 2 – 3 мл 20 % раствора хлорида бария. Если образующийся сульфат бария выпадает в виде белого мелкокристаллического осадка, это говорит о присутствии сульфатов в почвенных образцах.

Натрий. О присутствии натрия в почве судили по ярко-желтому окрашиванию пламени горелки при внесении в него стеклянной палочки с каплей раствора почвенной вытяжки [3].

Таблица 1. Содержание ионов металлов в почвенных образцах

почва \ ионы	0 – 10 см	10 – 20 см
Карбонат-ионы	Низкое содержание	Очень низкое содержание
Сульфат-ионы	Очень низкое содержание	Низкое содержание
Ионы натрия	Не определено	Не определено

Полученные в ходе проделанной работы данные свидетельствуют о том, что никаких существенных отклонений по содержанию исследуемых ионов металлов не обнаружено. Но дальнейшая, всевозрастающая транспортная нагрузка на окру-

жающую среду может привести к непоправимым последствиям.

Пути снижения вредного воздействия выбросов автотранспорта следующие.

1. Отказ от этилированного бензина (содержит непредельные соединения) для исключения выбросов соединений свинца (ведь в этилированном бензине имеются присадки триэтилсвинца для устранения опасности детонации при высоких степенях сжатия смеси в двигателях внутреннего сгорания) и уменьшения выбросов непредельных углеводородов.

2. Переход на газ или неэтилированный бензин (токсичность при этом снижается в 18—22 раза).

3. Повышение полноты сгорания за счет автоматического управления процессом, специальных систем и регулировок. Это сказывается на расходе бензина (в Японии достигнут показатель: 2,5 л на 100 км).

4. Замена карбюраторных двигателей, где это возможно, дизельными, дающими менее вредные выбросы.

5. Создание электротранспорта там, где нет дефицита в энергии, в том числе увеличение пробега с одной зарядки и снижению выбросов от аккумуляторных батарей.

6. Выполнение архитектурно-планировочных мероприятий и высадки зеленых насаждений в снижении количества и уменьшении вредности выбросов. Специальные развязки и объезды, улучшение качества дорог и ликвидация ненужных участков торможения увеличивают среднюю скорость движения транспорта. Известно, что при росте скорости с 20 до 60 км/ч, общее количество выбросов уменьшится в 4-5 раз, а наиболее вредных (бензпирена например) — еще значительно. При остановке у светофоров выбросы вредных веществ увеличиваются в 1,5-2 раза даже по сравнению с движением на первой скорости [2].

Список литературы

1. Ю. П. Пивоваров, В. В. Королик, Л. С. Зиневич «Гигиена и основы экологии человека» - М., изд-во «Академия», 2-е издание, 2006 г.
2. Незнамова Е.Г. «Основы коррекции экологических ситуаций в трех средах» – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007 г.
3. Т. Я. Ашихмина «Экологический мониторинг» - М., изд-во «Академический проект», 2006 г.

СЕКЦИЯ 10

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИБЛИЖЕННОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ В ГАДИРНЕ

Абраменко И.А., Голдаев С.В.

Научный руководитель, доц. Голдаев С.В., д.ф-м.н.

Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр.Ленина, 30

E-mail: lia1411@rambler.ru

Установки непрерывного охлаждения воды замкнутых систем технического водоснабжения предприятий широко применяются в тех отраслях промышленности, где в силу особенностей технологических процессов производства, или из-за дефицита пресной воды, невозможно использование рек и открытых водоемов. В условиях растущей концентрации промышленных производств, повышения их энерговооруженности применение градирен – практически единственный перспективный метод рассеивания низкопотенциальной тепловой энергии в атмосферу [1].

Градирни представляют собой тепло- и массообменные аппараты, в которых перенос теплоты от воды- как охладителя деталей машин, продуктов производства и т. п.- в окружающую среду осуществляется конвекцией при взаимодействии потока воды и воздуха и испарением воды на поверхности раздела [1]. Основной поток теплоты отводится вследствие испарения некоторого количества воды на границе раздела фаз и переноса массы испарившейся воды в газовую среду. Поэтому к основным элементам градирни принадлежат устройства, обеспечивающие взаимодействие потоков горячей воды и воздуха, а также движение сред.

Пленочный ороситель представляет собой систему плоскопараллельных каналов [2], в которых происходит взаимодействие жидкости, движущейся вниз по оросителю в виде пленки, и поднимающегося в противоточном или поперечно-точном направлении потока воздуха.

Известен ряд приближенных методик расчета характеристик градирен [2]. Каждый из них достаточно трудоемок, что является препятствием для проведения параметрических исследований на микрокалькуляторах. Цель настоящей работы – автоматизация проведения расчетов путем реализации на персональном компьютере приближенной методики, применяющейся в настоящее время на практике [3].

Предполагается, что горячая вода поступает на ороситель в количестве G_{w1} с температурой t_{w1} и вытекает в количестве G_{w2} с температурой t_{w2} . Противотоком в градирню поступает влажный воздух с параметрами t_{b1} , ϕ_1 , x_1 , h_1 в количестве G_{b1} . После оросителя влажный воздух имеет параметры t_{b2} , ϕ_2 , x_2 , h_2 .

Количество теплоты, отдаваемое теплоносителем охлаждающему агенту в градирнях пропорционально поверхности теплообмена. Под поверхностью теплообмена в градирне понимается общая поверхность всех капель и пленок воды, поступающих в соприкосновение с

воздухом. Однако нельзя с достаточной степенью точности учесть количество и размеры капель и струек воды при различных конструкциях водораспределителей и оросителей, а так же разных скоростях движения воздуха в градирне. Поэтому для пленочных градирен допускается следующая условность: в качестве поверхности теплообмена принимается боковая поверхность щитов оросителя, предполагая, что эта часть поверхности теплообмена составляет наибольшую долю [2].

Сопоставление методов расчета градирен, показало, что градирни можно рассчитывать по любому из приведенных в [2] пяти методов. Однако при таком разнообразии алгоритмов возникает затруднение в выборе рационального метода, который бы обеспечивал достаточную точность определения плотности орошения $q_{ж}$ и не требовал больших затрат времени.

Методика Б.В. Проскурякова включает следующие расчетные уравнения:

$$z = a_3 / a_1, \quad w = a_4 / a_2;$$

$$m_1 = z(a_2 - a_1);$$

$$y = (a_2 / 2a_1)(1 - n_p w) - (z - 1) / 2 - k_p \cdot w \cdot a_2 \cdot t / a_1;$$

$$A_y = b_1^2 \cdot \ln(b_1); \quad B_y = 0,06 - 2,04\sqrt{b_1};$$

$$C_y = 1,31 \cdot \sqrt{b_1} - 0,35 \cdot b_1;$$

$$F(t_2) = w \cdot a_2 (p_{nt1} - p_{nb1}) + z(a_1 \cdot t_{w2} - a_2 \cdot t_{b1})$$

$$D = -a_1^2 / (2 \cdot k_p \cdot w \cdot a_2);$$

$$p = (B_y + 2) / (C_y - 2);$$

$$a_1 = a_f / (c_b \cdot G_b \cdot Ng_0);$$

$$a_2 = \beta_{pf} P_{bcc} / (0,622 \cdot G_b \cdot Ng_0);$$

$$a_3 = a_f / (c_w \cdot G_w);$$

$$a_4 = r_0 \beta_{pf} / (c_w \cdot G_w);$$

$$b_1 = -\sqrt{m_1 / (2a_1)};$$

$$G_m = [F(t_2) + m_1 \cdot t_{b1}] / [D(C_y - 2)] - p \cdot y_2 - y_2^2;$$

$$D_{is} = p^2 - 4 \cdot G_m;$$

при $D_{is} < 0$ –

$$In_1 = (2 / \sqrt{-D_{is}}) \arctg [(2 \cdot y + p) / \sqrt{-D_{is}}];$$

$$F_x = 2In_1 / [a_1 (C_y - 2)];$$

при $D_{is} > 0$ —

$$In_2 = (1 / \sqrt{-D_{is}}) \ln [(2 \cdot y + p - \sqrt{-D_{is}}) / (2 \cdot y + p + \sqrt{-D_{is}})];$$

$$F_x = 2In_2 / [a_1 (C_y - 2)];$$

Затем находится уточненное значение удельного расхода воды и количества градирен.

$$qw_2 = (G_w \cdot f_{ux} \cdot H_0) / F_x; N_{g1} = G_w / (Fx_0 \cdot qw_2)$$

Выписанные формулы громоздки, содержат элементарные функции от сложных аргументов, так что параметрические исследования по ним с помощью микрокалькуляторов затруднительны.

Результаты расчета тестового примера по составленной программе, приведенного в книге [2], показали их совпадение, что свидетельствует о правильности запрограммированного алгоритма.

Влияние повышения температуры воды на входе, в диапазоне от 35 °С до 40 °С, при постоянном расходе воздуха, представлено в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчетов.

$qw_2, \text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	N	$t, \text{°C}$
2,39	1,81	35
2,26	1,96	36
2,15	2,01	37
2,05	2,1	38
1,97	2,19	39
1,9	2,27	40

Как видно, при повышении температуры на пять градусов, расход воды уменьшается на 20 %, при этом нагрузка на градирню возрастает на 25 %.

В результате параметрического анализа установлено, что при температуре 40 °С, для удовлетворения тепловой нагрузки, необходимо увеличить подачу воздуха на 20,5%.

Таблица 2. Результаты расчетов при постоянной температуре воды, равной 40 °С.

$V_b, \text{м}^3/\text{с}$	$qw_2, \text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	N
775	1,9	2,27
800	1,97	2,18
825	2,03	2,13
850	2,09	2,07
875	2,15	2,01
900	2,21	1,95
925	2,28	1,9
950	2,34	1,85
975	2,4	1,8

По данным таблицы 1 построена графическая зависимость массового расхода воды от температуры воды на входе в градирню рис.1.

По данным таблицы 2 построена графическая зависимость количества градирен от объемного расхода воздуха рис.2.

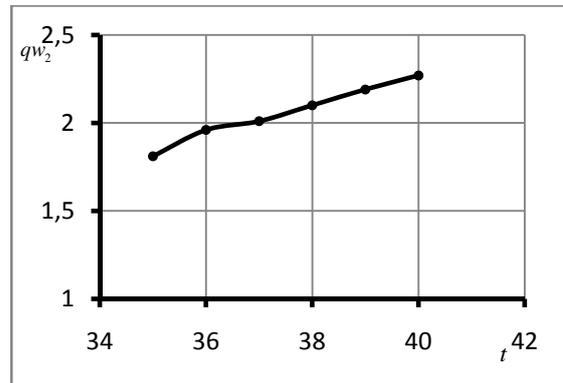


Рис.1

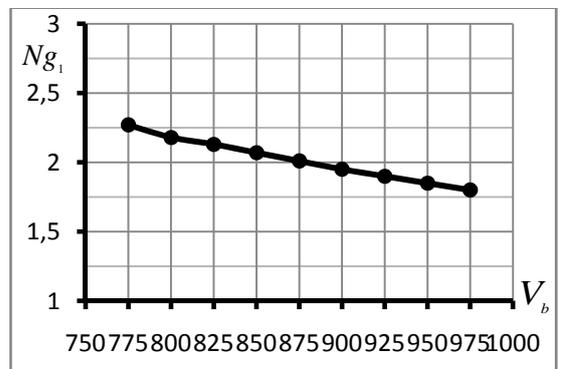


Рис.2.

Таким образом, методика расчета параметров охлаждаемой оборотной воды в градирне, предложенная П.Д. Проскуриковым, оформленная в виде программы на Турбо Паскале, может быть использована при проведении параметрических расчетов на стадии проектирования, а также в учебном процессе подготовки бакалавров и магистров по направлению «Теплоэнергетика».

Литература

1. Пономаренко В.С., Арефьев Ю.И. Градирни промышленных и энергетических предприятий: Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1998.-286 с.
2. Гладков В.А., Арефьев Ю.И. Пономаренко В.С. Вентиляторные градирни /Изд.2-ое, перер. и допол. – М.: Стройиздат, 1976. – 216 с.
3. Арефьев Ю.И., Беззатеева Л.П. Некоторые особенности технологических расчетов градирен //Теплоэнергетика. – 2003. –№9. –С.75–77.
4. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: Наука, 1986. – 608 с.

ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС ПРИ СУШКЕ ДРЕВЕСИНЫ КОНДУКТИВНЫМ СПОСОБОМ В УСЛОВИЯХ ПОНИЖЕННОГО ДАВЛЕНИЯ

Алексеев М.В.

Научный руководитель: Кузнецов Г.В., д.ф.-м.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр.Ленина, 30
E-mail: alexeeff_max@mail.ru

Проведено численное исследование тепло-массопереноса при сушке древесины кондуктивным способом в условиях пониженного давления окружающей среды.

Введение

Сушка древесины является одним из наиболее важных и энергоемких процессов деревообработки [1,2]. В результате природное сырье превращается в ценный промышленный материал, отвечающий самым разнообразным требованиям, которые предъявляются к нему в различных производственных и бытовых условиях [3]. В настоящее время наиболее перспективными являются комбинированные методы сушки. Одним из них является кондуктивный способ при пониженном давлении [2].

Целью настоящей работы является математическое моделирование процесса кондуктивной сушки древесины в условиях пониженного давления.

Постановка задачи

Рассматривается деревянный брусок, находящийся между двумя нагревательными элементами (Рис. 1.). Так как, ось ОХ является осью симметрии достаточно рассмотреть процесс только в одной части исследуемого образца. В древесине формируется подвижный фронт, на котором происходит испарение влаги. Область решения можно условно разделить на две зоны: сухую и влажную древесину. С течением времени фронт испарения продвигается вглубь материала, а образовавшийся при этом пар, вследствие роста давления, фильтруется в направлении к нагреваемой границе.

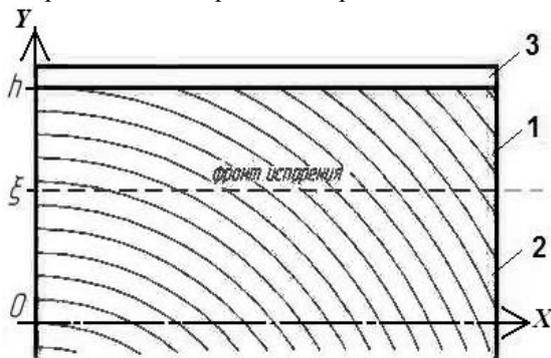


Рис.1. Область решения: 1) сухая часть; 2) влажная часть; 3) нагревательный элемент
Теплофизические свойства веществ принимаются постоянными.

Математическая модель

Рассматривается нестационарный тепло-массоперенос при сушке древесины кондуктивным способом в условиях пониженного давления. Задача решалась в декартовой системе координат, начало которой связано с осью симметрии исследуемого образца.

Система уравнений и краевых условий имеет вид:

$$\tau > 0, 0 < y < \xi, c_2 \rho_2 \frac{\partial T_2}{\partial \tau} = \lambda_2 \frac{\partial T_2^2}{\partial y^2}, \quad (1)$$

$$\tau > 0, \xi < y < h, c_1 \rho_1 \frac{\partial T_1}{\partial \tau} = \lambda_1 \frac{\partial T_1^2}{\partial y^2} - V_n \rho_n c_n \frac{\partial T_1}{\partial y}, \quad (2)$$

$$\tau > 0, \xi < y < h, \frac{\partial \rho_n}{\partial \tau} + \frac{\partial V_n \rho_n}{\partial y} = 0; \quad (3)$$

$$\tau > 0, \xi < y < h, P = \frac{\rho_n P T R}{M}; \quad \rho \quad (4)$$

$$\tau > 0, \xi < y < h, V_n = -\frac{K_n}{\mu} \cdot \frac{\partial P g}{\partial y} \quad (5)$$

$$\tau = 0, T = T_0 = \text{const}; \quad (6)$$

$$\tau > 0, y = 0, \frac{\partial T_2}{\partial y} = 0; \quad (7)$$

$$\tau > 0, y = \xi, \lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial y} - \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial y} = W_{исп} \cdot Q_{исп}, T_2 = T_1; \quad (8)$$

$$\tau > 0, y = \xi, W_{исп} = V_n \rho_n \quad (9)$$

$$\tau > 0, y = h, T = T_s = \text{const}; \quad (10)$$

Обозначения: τ – время, с; T – температура, К; c – теплоемкость, Дж/(кг·К); ρ – плотность, кг/м³; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); y – координата, м; ξ – координата подвижного фронта испарения, м; $W_{исп}$ – массовая скорость испарения, кг/(м²·с); $Q_{исп}$ – тепловой эффект испарения, Дж/кг; V – скорость, м/с; P – давление, Па; R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); M – молекулярная масса паров, кг/моль; K_n – проницаемость древесины, м²; μ – коэффициент динамической вязкости паров, Па·с; 1, 2 – сухая и влажная древесина; n – пар;

Массовая скорость испарения определяется формулой Кнудсена-Ленгмюра [4]:

$$W_{исп} = \frac{A \cdot (P^s - P)}{\sqrt{\frac{2\pi RT}{M}}}; \quad (11)$$

Здесь: P^s – давление насыщения, Па; A – коэффициент аккомодации.

Давление насыщенных паров определяется согласно уравнению:

$$P^s = P_0 \cdot \exp\left(-\frac{Q_{исп}}{RT}\right); \quad (12)$$

где: P_0 – предэкспоненциальный множитель.

Испарение влаги в пористой структуре древесины учитывалось введением в граничное условие

(8) дополнительного члена $W_{исп} \cdot Q_{исп}$. При этом координата подвижной границы испарения ξ определяется из совместного решения системы уравнений (1)-(12) по формуле:

$$\xi = h - \int_0^t V_{жс} dt; \quad (13)$$

где $V_{жс}$ – скорость продвижения фронта испарения, м/с, определяется из выражения:

$$V_{жс} = \frac{V_n \rho_n}{\rho_{воды}}; \quad (14)$$

Условие прекращения процесса сушки древесины вводилось в виде равенства $\xi = 0$, т.е. фронт испарения продвигается в начало координат.

Метод решения и исходные данные

Система уравнений (1)-(14) решена методом конечных разностей[5]. Уравнения (1) и (2) решены с использованием неявной четырехточечной разностной схемы, а уравнение (3) с помощью схемы «неявный левый уголок»[6].

Начальная температура $T_0=293$ К. Температура в точке контакта с нагревательным элементом $T_s=343$ К. Давление окружающей среды $P=10^4$ Па. Теплофизические свойства материала: $c_1=2100$ Дж/(кг·К), $\rho_1=630$ кг/м³, $\lambda_1=0,32$ Вт/(м·К), $c_2=3350$ Дж/(кг·К), $\rho_2=741$ кг/м³, $\lambda_2=0,73$ Вт/(м·К).

Результаты исследований

На рис.2. приведены результаты численного моделирования для исследуемой области в виде распределения температуры $T(y)$ в различные моменты времени. С течением времени распределение температуры по толщине материала становится более равномерным. Результаты расчетов показывают, что за время $\tau \approx 1$ час древесина прогреется до температуры $\approx 70^\circ\text{C}$. Полученные данные близки к аналитическим расчетам[7].

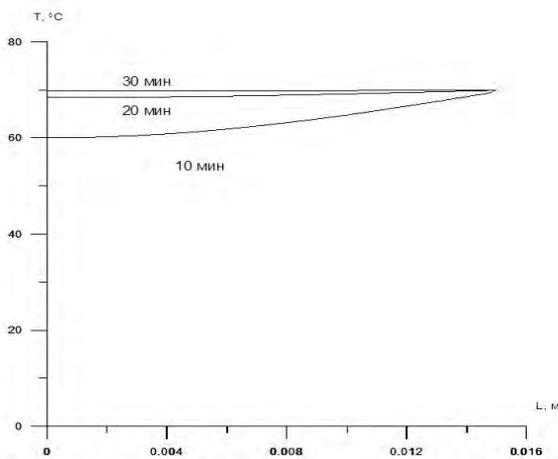


Рис.2. Распределения температуры древесины в различные моменты времени

На рис.3. приведены распределения давления фильтрующегося пара. Видно, что максимальное давление соответствует фронту испарения, который с течением времени продвигается вглубь рассматриваемого образца. Давление уменьшается от фронта испарения до выхода пара из древесины, причем разность между давлением окружающей среды и давлением на выходе составляет $\approx 300-400$ Па.

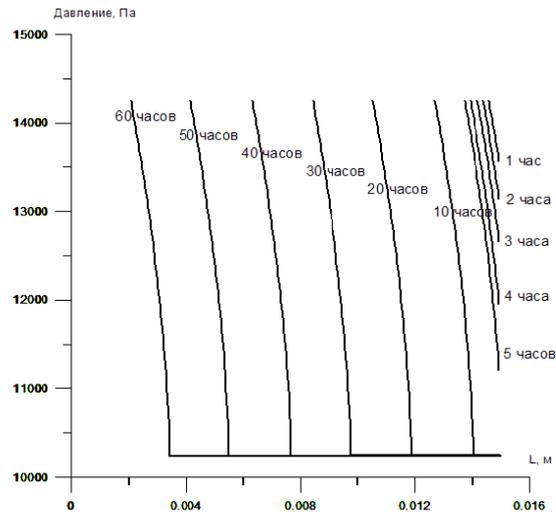


Рис.3. Распределения давления пара в различные моменты времени.

На рис.4. и рис.5. представлено распределение скорости и плотности образующегося пара. Скорость и плотность пара достигают своих максимальных значений на фронте испарения, а затем плавно снижаются.

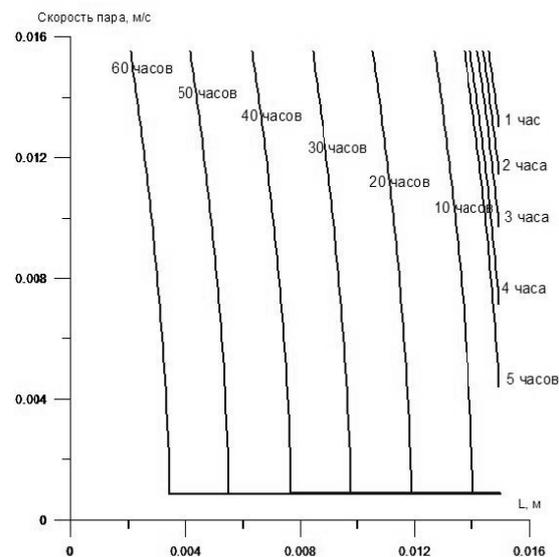


Рис.4. Распределения скорости пара в различные моменты времени

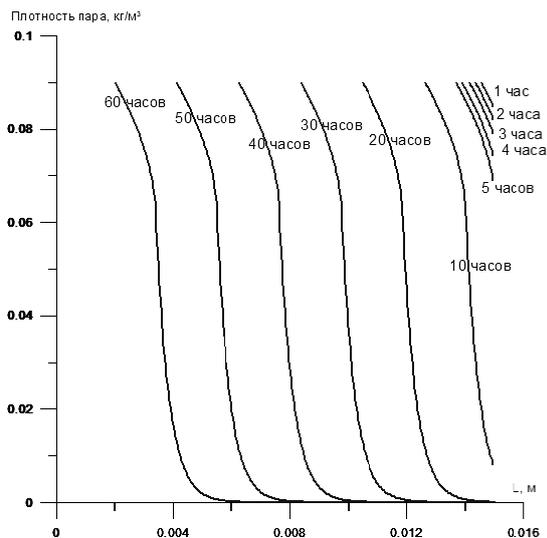


Рис.5. Распределения плотности пара в различные моменты времени.

Наибольшая скорость и плотность пара на выходе из древесины достигается в начальный период сушки, до 5 часов. При дальнейшем продвижении фронта испарения, толщина материала, которую необходимо пройти пару увеличивается, вследствие чего плотность и скорость пара на выходе из древесины заметно снижается. Скорость выхода пара из древесины, а следовательно и скорость сушки материала зависят от проницаемости материала, то есть количества пор.

Моделирование процесса сушки показало, что древесина высыхает за $245949 \text{ секунд} \approx 68 \text{ часов}$. Большое влияние на длительность процесса оказывает коэффициент проницаемости древесины. Так, например, с увеличением $K_n = 0,1 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$ до $K_n = 0,2 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$, время процесса снижается до $202062 \approx 56 \text{ часов}$. Обоснованность и достоверность результатов следует проверить на выполнении условий баланса энергии и массы на границе области расчета.

Выводы

Смоделирован процесс сушки древесины кондуктивным способом в условиях пониженного давления окружающей среды. На основании численного анализа показано, что древесина (береза) высыхает за 50-70 часов. Установлено, что наиболее значимой величиной влияющей на длительность сушки является коэффициент проницаемости древесины.

Список литературы

1. Ладейщиков Н.В., Сергеев В.В. Сушка пиломатериалов твердых лиственных пород: преимущества вакуумных сушильных камер // Деревообрабатывающая промышленность. - 2000. - №4. - С. 22-23.
2. Кассиров Г.М., Лопатин В.В., Секисов Ф.Г., Смердов О.В., Ли Хунда Применение ВЧ разрядов при сушке древесины // Сборник трудов международной научной конференции «Становление и развитие научных исследований в высшей школе» - 2009. - Т2 - С. 264-269.
3. Даров И.В., Ермолаев Ю.М., Родионов Б.Н. Сушка древесины продольными электромагнитными волнами. - М.: Издательство Московского государственного университета леса, 2005. - С. 3.
4. Полежаев Ю.В., Юревич Ф.Б. Тепловая защита. - М. Энергия, 1976. - С. 136.
5. Кузнецов Г.В., Шерemet М.А. Разностные методы решения задач теплопроводности. - Издательство Томского Политехнического Университета, 2007. - 172 с.
6. Пасконов В.М., Полежаев В.И., Чудов Л.А. Численное моделирование процессов тепло-массообмена - М.: Наука, 1984. - С. 66-69.
7. Пехович А.И., Жидких В.М. Расчеты теплового режима твердых тел. - Л.: Энергия, 1968. - С.134.

ДВУХСЛОЙНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ ТЕПЛОПРОВОДОВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫХ СКОРЛУП

Ананин А.В., Козлобродов А.Н.

Научный руководитель Козлобродов А.Н., д.ф.-м.н., профессор
ТГАСУ, 634002, Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2

E-mail: akozlobrodov@mail.ru

Эффективное и надежное теплоснабжение в регионах с суровыми климатическими условиями является одним из главных факторов, определяющих комфортность жизнедеятельности населения, развитие экономики и промышленности. Новые экономические условия, сложившиеся в последнее время, диктуют новый подход к оценке эффективности теплосберегающих мероприятий, что, в свою очередь, требует дальнейшего развития научно-методической базы для расчета всех затрат, связанных с теплосбережением многих объектов, в том числе и теплопроводов.

Согласно Энергетической стратегии России на период до 2020 года, приоритетными направлениями развития энергетики и теплоснабжения являются снижение удельных затрат топлива при производстве и потреблении энергоресурсов за счет применения энергосберегающих технологий и оборудования, увеличение надежности теплоснабжения, а также сокращение тепловых потерь при транспортировке теплоносителя. Успешное решение этих задач связано с использованием новейших высокоэффективных теплоизоляционных материалов для теплозащиты теплопроводов на основе поиска оптимальных решений с точки зрения «цена – качество».

Российский рынок теплоизоляционных материалов в настоящее время достаточно обширен благодаря продукции зарубежных фирм, предлагающих широкую номенклатуру этих материалов с различными техническими характеристиками, но по достаточно высокой цене.

Импортные теплоизоляционные материалы представлены достаточно обширной номенклатурой волокнистых изоляционных материалов фирм

Rockwool (Дания), **Isover Oy** (Финляндия), **Izomat** (Словакия) для изоляции теплопроводов с положительными температурами (цилиндры, маты и плиты без покрытия или покрытые с одной стороны металлической сеткой, стекловолоконной, алюминиевой фольгой и т. д.).

Номенклатура отечественных теплоизоляционных материалов, предназначенных для тепловой изоляции теплопроводов, не слишком разнообразна. Она представлена традиционно применяемыми изделиями: минераловатными матами и плитами с различными синтетическими связующими; в небольшом объеме изделиями из стеклянного штапельного волокна и из базальтового волокна с применением различных связующих и без них; минераловатными цилиндрами для теплопроводов диаметром 18...273 мм при толщине теплоизоляционного слоя 20...80 мм.

Ужесточение энергосберегающей политики и введение новых норм плотности теплового по-

тока, которые на 25-30% ниже, чем принятые до 1997 г. (изм. №1 СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов»), потребовало применения теплоизоляционных материалов нового поколения с улучшенными теплотехническими свойствами [1].

В настоящее время в России одним из эффективных видов изоляции тепло и трубопроводов разных диаметров (от 15 до 1200 мм), транспортирующих различные жидкости и газы, являются «скорлупы», изготовленные либо из пенополистирола либо из пенополиуритана.

Проверены временем экономические и технические достоинства теплоизоляции скорлупами по отношению к минераловатной: сокращение теплопотерь при долговечности и минимальном влагонасыщении, минимизация наружной коррозии трубопроводов, значительное снижение трудозатрат на монтаж, эксплуатацию и ремонт за счет быстрого доступа к поврежденным участкам по сравнению с конструкциями с применением рулонных и шнуровых теплоизоляционных материалов, эстетический внешний вид, в том числе с покровным слоем, возможность повторного использования скорлуп и др.

Теплоизоляционные скорлупы можно применять как с наружным покрытием (толь, стеклоткань, алюминиевая фольга и др.), так и без покрытия. Применение таких качественных изделий позволяет обеспечить высокую эффективность теплоизоляционных конструкций без дополнительных затрат на ремонт в течение срока, соизмеримого со сроком службы трубопроводов [2,3].

Простота конструкции и установки скорлуп, а также относительно невысокая цена делают их самой практичной и эффективной теплоизоляцией, представленной на Российском рынке.

Оценивая современные теплоизоляционные материалы как отечественного, так и зарубежного производства, используемые для теплоизоляции трубопроводов с точки зрения «цена – качество изоляции» необходимо сравнивать не только их теплофизические характеристики, но и общие затраты, которые имеют место при производстве, монтаже, эксплуатации и ремонте изоляции.

Несмотря на то, что в последние годы значительно выросло производство скорлуп из пенополиуретана, в современной практике, в силу сложившихся обстоятельств, все большее применение находят теплоизоляционные скорлупы из пенополистирола (ППС).

Одним из важных преимуществ скорлуп из пенополистирола является доступная цена (стоимость погонного метра скорлупы из

пенополистирола в 3 раза меньше стоимости скорлупы из пенополиуретана и в 6 раз - минераловатного цилиндра).

Рабочая температура ППС скорлуп без дополнительной изоляции до +85 °С.

Скорлупу из пенополистирола можно применять и на трубопроводах, транспортирующих продукт с большей температурой (выше +85 °С). При этом необходимо в качестве первого слоя многослойной теплоизоляционной конструкции применять какой-либо термостойкий материал, способный выдерживать высокие температуры теплоносителя, а затем пенополистирольную оболочку [4].

В настоящее время налажен выпуск систем трубной изоляции состоящей из пенополистирольной скорлупы и дополнительного покрытия, выполняющего функции гидро-, паро-, теплоизоляции.

В зависимости от температуры теплоносителя используют минеральную вату в уплотненном виде, иглопробивные полотна, выработанные из кремнеземистых резаных волокон, известково-кремнеземистые, перлитцементные скорлупы.

Совсем недавно появился новый класс жидких керамических теплоизоляционных материалов, обладающих не только очень малым коэффициентом теплопроводности 0.001...0.004 Вт/(м·°С), но и высокой технологичностью (легкостью, растяжимостью, гибкостью, отличной адгезией к любым поверхностям). К представителям этого класса можно отнести такие термостойкие краски как «АСТРАТЕК» и «МАССОАТ», которые состоят из керамических вакуумированных сфер в смеси акриловых полимеров. Температура эксплуатации материала от -60 °С до +260 °С. Образующееся после высыхания эластичное полимерное покрытие обладает уникальными теплоизоляционными свойствами (1мм Астратек = 50 - 60 мм мин. ваты) и обеспечивает антикоррозийную защиту.

Выбрав в качестве первого слоя двухслойной изоляции трубопровода термостойкую краску Астратек, была решена одномерная задача теплопроводности с граничными условиями 3-го рода с целью определить такую толщину слоя краски, которая бы обеспечивала на внутренней поверхности скорлупы из ППС температуру 80 °С. Для решения задачи использовались следующие исходные данные: диаметр трубопровода $d = 0.3$ м; толщина стенки трубы $\delta_{ст.} = 1.25 \cdot 10^{-2}$ м., $\lambda_{ст.} = 55$ Вт/(м·°С); толщина 1-го слоя изоляции $\delta_{из.}$ варьировалась от $5 \cdot 10^{-4}$ м. до 0.03 м., $\lambda_{из.} = 1.2 \cdot 10^{-3}$ Вт/(м·°С); толщина скорлупы (ППС) $\delta_{ск.} = 0.05$ м, $\lambda_{ск.} = 0.35$ Вт/(м·°С); параметры с наружной поверхности: $t_{н.} = -10$ °С, $\alpha_{н.} = 26$ Вт/(м²·°С);

с внутренней поверхности:

$t_{вн.} = 170$ °С, 250 °С, 400 °С, $\alpha_{вн.} = 6000$ Вт/(м²·°С);

Зависимость температуры поверхности контакта «термостойкая краска - скорлупа» от толщины слоя краски при различных температурах теплоносителя представлена на рис. 1

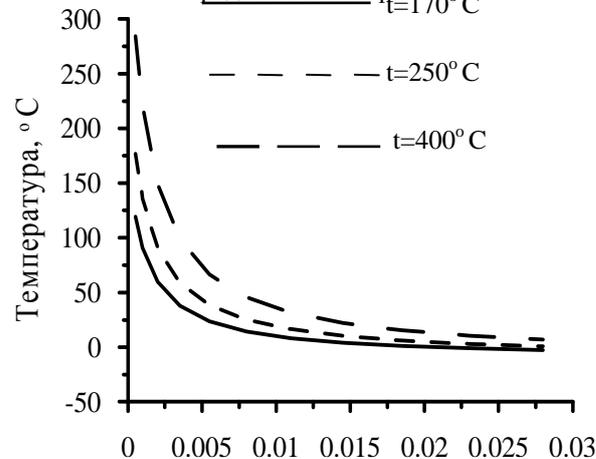


Рис. 1 Зависимость температуры поверхности контакта «термостойкая краска - скорлупа» от толщины слоя краски при различных температурах теплоносителя

Из представленного рисунка видно, что при $t_{вн.} = 170$ °С $\delta_{из.} = 1.2$ мм; $t_{вн.} = 250$ °С $\delta_{из.} = 2$ мм и при $t_{вн.} = 400$ °С $\delta_{из.} = 4$ мм.

При толщине одного слоя 0.4 – 0.5 мм при $t_{вн.} = 250$ °С требуется 4–5 слоев краски, что соответствует примерно 6 литрам Астратека и в стоимостном выражении составляет около 400 руб. В результате суммарные затраты оказываются сопоставимы с затратами на изоляцию из пенополиуретана, но ниже, чем из мин. ваты.

Список литературы

1. СНиП 41-03-2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. М.: Изд-во стандартов, 2004. – 28 с.
2. Ананин А.В. Перспективы применения пенополистирольных скорлуп для изоляции трубопроводов в условиях эксплуатационных воздействий / А.В. Ананин // XV международная научно-практическая конференция «Современная техника и технологии» / Сборник трудов в 3-х томах. – Т. 3. – Изд-во ТПУ, 2009. – С.229 – 231.
3. Долгачев А.Н., Винокуров Ю.В., Степанов А.С. Пенополиуретан для изоляции трубопроводов. Доркомстрой. – 2006, – №7, – С.58–61.
4. Налобин Н.В. Энергосберегающие технологии при сооружении трубопроводов тепловых сетей. / Моисеев Б.В., Ильин В.В., Налобин Н.В. // Изв. вузов. Строительство. – 2005. – № 2. – С.75–78.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В АППАРАТЕ ПОГРУЖНОГО ГОРЕНИЯ

Бабушкин Н. А.

Научный руководитель: Молодежникова Л.И., ст. преп. кафедры ТПТ ТЭФ
Томский политехнический университет., 634050, Россия, г. Томск., пр.Ленина, 30
E-mail: atikin.89@mail.ru

В выпарных аппаратах пространство над раствором составляет 0,4—0,6 объема всего аппарата — это исходя из условий, что полученный пар должен отводиться при постоянном давлении, а унос брызг жидкости (капель) при отводе пара должен быть минимальным.

Для нормальной работы выпарных аппаратов имеет большое значение не только процесс отделения пара от жидкости, но и сепарация капель, увлекаемых парогазовым потоком при барботаже продуктов сгорания в жидкости. При переходе газовых пузырьков из жидкостного объема в паровое пространство на поверхности происходит дробление жидкости в результате освобождения некоторой части энергии при разрыве оболочек газовых пузырей. [3]

Разрыв пузырька представляется как микровзрыв в куполе пузыря при переходе из жидкости на поверхность, когда стягивается жидкость к его основанию и высвобождается парогазовая смесь, заключенная в его объеме. Освобождение парогазовой смеси сопровождается распространением волн от действия реактивного усилия, которые сталкиваются с другими волнами разорвавшихся пузырьков и выбрасывают в пространство фонтанирующие капли.

Рис.1. Схема разрушения газового пузыря на поверхности зеркала испарения

При помощи киносъемки установлено, что фонтанирующие капли могут образовываться в центре воронок, оставшихся после разрыва пузырьков, жидкость после микровзрыва стягивается в центр и волны, идущие внутрь, выбрасывают фонтанирующую струю жидкости с распадом на капли.

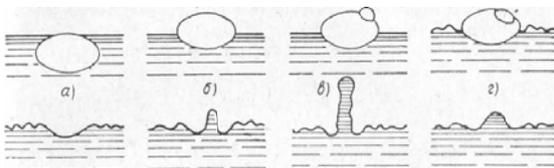


Схема последовательности разрушения одиночных пузырьков показана на рис.1. [1]

Исследуя каплеобразование при барботаже воздуха в воде, было установлено, что высота подброса капель зависит от диаметра газового пузыря. Газовые пузыри диаметром меньше 5 мм разрушались с выбросом фонтанирующей струи, распадающейся на несколько капель. При этом образовались относительно крупные капли до 800

мкм, причем по мере увеличения диаметра пузыря размер капель увеличивался, а высота подброса и частота образования капель уменьшались.

Зависимость уноса капель от диаметра пузыря на высоте 1 см от поверхности жидкости приведена на рис.2.

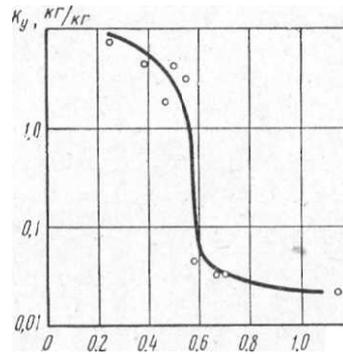


Рис.2. Зависимость уноса раствора K_y от диаметра лопающихся пузырьков d на высоте 1 см над зеркалом испарения

Резкое уменьшение уноса при диаметре пузырьков больше 5 мм подтверждает положение, что при крупных пузырьках образуются мелкие капли. [2]

Если высота подъема капли больше высоты парового пространства, то она уносится парогазовым потоком. Если энергия подпрыгивающей капли затрачивается на преодоление трения и скорость ее становится меньше по сравнению с парогазовым потоком, то такая капля, достигнув предельной высоты, начнет падать и возвратится на зеркало испарения.

При условии, когда силы трения уравновесят вес капли, можно написать уравнение:

$$\frac{\pi \cdot d_{\text{кап}}^3}{6} \cdot (\gamma'_{\text{жс}} - \gamma''_{\text{нз}}) \cdot g = \zeta_{\text{кан}} \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{кап}}^2}{4} \cdot \frac{\omega_g^2}{2} \cdot \gamma''_{\text{нз}}$$

откуда скорость витания капли:

$$\omega_g = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{g \cdot d_{\text{кап}} \cdot \gamma'_{\text{жс}} - \gamma''_{\text{нз}}}{\zeta_{\text{кан}} \cdot \gamma''_{\text{нз}}}} \quad (1)$$

Из уравнения (1) следует, что скорость витания капли зависит от диаметра капли $d_{\text{кап}}$.

С повышением скорости движения парогазовой смеси увеличивается подъемная скорость и унос жидкости. Чем меньше диаметр капли, тем больше высота подъема, тем труднее осуществляется сепарация. [3]

После того как начальная скорость капли перестанет оказывать влияние на ее движение, вертикальная составляющая стабилизированного движения капли в восходящем потоке пара будет

составлять $\omega_u = \omega'' - \omega_v$. Если $\omega_v < \omega''$, то капля пространства, а если $\omega_v > \omega''$, то капля упадет обратно на зеркало испарения.

Установлено, что с повышением скорости пара унос капель увеличивается, однако до настоящего времени отсутствуют данные об уносе капель в зависимости от фракционного состава и режимных условий барботажа. Поэтому на практике руководствуются суммарным уносом жидкости паровым потоком, определяемым экспериментальным путем на каждом парогенераторе.

Размеры парового пространства аппаратов с погружными горелками должны выбираться из условий достаточно полного отделения капель во избежание потерь раствора (уноса) и загрязнения конденсата. [1]

В работе были проведены расчеты по определению габаритных размеров парогазового пространства аппарата с погружной горелкой для концентрации исходного раствора Na_2SO_4 с $b_1=22\%$ до $b_2=35\%$ при часовом расходе $G_{\text{ч}}=3000$ кг; $Q_{\text{нр}}=8523$ ккал/м³, $\alpha=1,1$.

В аппарате испаряется W кг/ч воды. Из условий концентрации находим:

$$W = \frac{G_{\text{ч}} \cdot (b_2 - b_1)}{b_2} = \frac{3000 \cdot (35 - 22)}{35} = 1114 \text{ кг/ч.}$$

Тепловая нагрузка погружной горелки определится из условий работы аппарата, т.е. как расход тепла на нагрев и испарение воды:

$$Q = W \cdot i_{\text{нр}} = 1114 \cdot 505 = 562714 \text{ ккал/ч.}$$

Тепловая нагрузка горелки зависит от количества сжигаемого горючего газа $V_{\text{г}}$ при установленной теплотворной способности метана $Q_{\text{нр}}=8523$ ккал/м³.

Следовательно,

$$V_{\text{г}} = \frac{Q}{Q_{\text{нр}}} = \frac{562714}{8523} = 66 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Определим теоретический объем воздуха, необходимый для сжигания метана $V_{\text{В}} = 9,52$ м³/м³ газа. Теоретический объем дымовых газов $U_{\text{д}} = 10,52$ м³/м³ газа. Действительный объем продуктов сгорания при избытке воздуха $\alpha = 1,1$.

$$V_{\text{дг}} = 1,1 V_{\text{В}} = 1,1 \cdot 10,52 = 11,7 \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ газа.}$$

При температуре парогазовой смеси 118° С (на 3° выше равновесной температуры испарения раствора) объем газа будет:

$$V_{\text{дг}}^t = V_{\text{дг}}^t \frac{273 + t_{\text{к}}}{273 + t_{\text{н}}} = \frac{11,7 \cdot 391}{273 + 121} = 15,6 \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ газа.}$$

будет унесена потоком из парогазового

Объем 1 кг пара при температуре 118° С равен 0,94 м³/кг. Следовательно, при выпаривании 1475 кг/ч воды образуется объем пара:

$$V_{\text{н}} = W \cdot \gamma_{\text{н}} = 1114 \cdot 0,94 = 1047,2 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Суммарный объем парогазовой смеси:

$$V_{\text{нз}} = 66 \cdot 15,6 + 1047,2 = 2076,8 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Количество выпаренной воды, приходящееся на один кубометр парогазовой смеси:

$$\varphi = \frac{W}{V_{\text{нз}}} = \frac{1114}{2076,8} = 0,54 \text{ кг/м}^3.$$

Скорость парогазовой смеси для аппарата с $D = 3,0$ м:

$$\omega_a = \frac{4 \cdot V_{\text{нз}}}{3600 \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 2076,8}{3600 \cdot 3,14 \cdot 3^2} = 0,08 \text{ м/с.}$$

Напряжение зеркала испарения:

$$Ru = \varphi \cdot \omega_a'' \cdot 3600 = 0,54 \cdot 0,08 \cdot 3600 = 155,5 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{ч)}.$$

Высота парогазового пространства связана с размерами погружной горелки, закрепленной на крышке аппарата.

Объем парогазового пространства над зеркалом испарения:

$$V_{\text{н}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{H}{2} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} \cdot \frac{1,4}{2} = 7 \text{ м}^3.$$

В результате работы были исследованы процессы происходящие в парогазовом пространстве аппарата с погружной горелкой, а так же были посчитаны габаритные размеры корпуса аппарата для выпаривания раствора сульфата натрия.

Список литературы:

1. Алабовский А. Н., Роговой В. Т. Сравнительная оценка эффективности барботажных устройств аппаратов с горелками погружения. – «Химическая промышленность Украины», 1967 г.
2. Алабовский А. Н., Удыма П. Г., Аппараты погружного горения. – М.: Издательство МЭИ, 1994. – 256 с.
3. Удыма П. Г. Аппараты с погружными горелками. Изд. 2-е, доп. и перераб. М., «Энергомашиностроение», 1973, 272 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В АППАРАТЕ ПОГРУЖНОГО ГОРЕНИЯ

Бабушкин Н. А.

Научный руководитель: Молодежникова Л.И., ст. преп. кафедры ТПТ ТЭФ
Томский политехнический университет., 634050, Россия, г. Томск., пр.Ленина, 30
E-mail: atikin.89@mail.ru

Применение аппаратов погружного горения в промышленности России и других стран имеет очень широкое применение. Аппараты погружного горения применяются в химической, текстильной, нефтеперерабатывающей промышленности, коммунальной сфере.

Наряду с АПГ, работающими на газообразном или жидком топливе, в промышленности применяются барботажные аппараты, использующие вместо топлива отходящие дымовые газы промышленных печей и котельных. Такие устройства характеризуются высокой температурой поступающих в жидкость дымовых газов и представляют собой разновидность барботажных выпарных аппаратов.[1]

Математическое описание установившегося во времени процесса выпаривания жидкости в них состоит из уравнения материального и теплового балансов, а также уравнений, позволяющих определить все величины через основные параметры процесса и физико-химические данные теплообменивающихся сред (дымовые газы - жидкость).

Математическая модель применима для аппаратов с равновесной глубиной погружения горелки, когда температура уходящих сухих продуктов сгорания практически равна температуре жидкости в аппарате. При этом степень насыщения водяным паром уходящей парогазовой смеси приближается к 100%, температура и концентрация раствора одинаковы во всем объеме вследствие интенсивного перемешивания, а объем жидкости в аппарате сохраняется постоянным. Уравнение теплового баланса, отнесенное к единице количества сгоревшего топлива (для жидкого в килограммах, для газообразного в кубических метрах при нормальных условиях):

$$H + S_1 \cdot c_1 \cdot t_1 = G_2 \cdot h_2 + S_2 \cdot c_2 \cdot t_0,$$

где

H - удельная энтальпия продуктов сгорания топлива при температуре v на выходе из барботера;

S_1, S_2 - масса поступающего в аппарат и уходящего из него растворов;

c_1, c_2 - удельная теплоёмкость раствора на входе и выходе аппарата;

G_2 - масса сухих компонентов продуктов сгорания;

h_2 - удельная энтальпия уходящей из аппарата парогазовой смеси;

t_0, t_1 - температура раствора в аппарате и его выходе.[3]

В уравнении не учтены потери теплоты в окружающую среду, теплота концентрирования и кристаллизации, доля которых в общем тепловом балансе аппарата невелика. Приблизённо эти потери учитываются уменьшением на 4 - 5% значения H . Энтальпия парогазовой смеси h_2 , рассчитывается по формуле:

$$h_2 = c_2 \cdot t_0 + d_2 \cdot h''$$

где

c_2 - теплоемкость сухих компонентов продуктов сгорания;

d_2 - влагосодержание парогазовой смеси;

h'' - энтальпия сухого насыщенного водяного пара при парциальном давлении водяного пара в смеси. [1]

Рассматривая парогазовую смесь как смесь идеальных газов, получаем

$$d_2 = \frac{R_2 \cdot p_n}{R_{H_2O} \cdot (p - p_n)},$$

где

R_2, R_{H_2O} - газовая постоянная смеси сухих компонентов продуктов сгорания и водяного пара;

p, p_n - общее давление в аппарате и парциальное водяных паров в парогазовой смеси.

Величина p_n определяется как упругость (парциальное давление) паров раствора, соответствующая температуре раствора t_0 и его концентрации на выходе из аппарата V_2 . [2]

При выпаривании с кристаллизацией вместо V_2 следует брать концентрацию насыщенного маточного раствора V_n при t_0 . Для вычисления R_2 воспользуемся уравнением:

$$R_2 = \frac{1}{G_2} \cdot (V_{R_{O_2}} \cdot \rho_{CO_2} \cdot R_{O_2} + V_{O_2} \cdot \rho_{O_2} \cdot R_{CO_2} + V_{N_2} \cdot \rho_{N_2} \cdot R_{N_2})$$

где $V_{r_{O_2}}$ - объем сухих трёхатомных продуктов сгорания;

V_{O_2} и V_{N_2} - действительные объемы кислорода и азота в продуктах сгорания топлива;

ρ_{CO_2}, ρ_{O_2} и ρ_{N_2} - плотности углекислого газа, кислорода и азота;

$R_{CO_2}, R_{O_2}, R_{N_2}$ - соответствующие значения газовых постоянных. [3]

Величина V_{R0} зависит от вида топлива и может быть выбрана с помощью таблиц, в которых приводятся теоретические объемы воздуха V_B^0 и азота $V_{N_2}^0$. Действительные объемы кислорода и азота зависят от коэффициента избытка воздуха α и рассчитываются по формулам:

$$V_{O_2} = 0.21 \cdot (\alpha - 1) \cdot V_B^0;$$

$$V_{N_2} = V_{N_2}^0 + (\alpha - 1) \cdot 0.79 \cdot V_B^0,$$

Величины S_1 и S_2 связаны между собой уравнением материального баланса аппарата

$$S_1 = S_2 + W,$$

где

W — масса выпаренной из раствора воды (удельная испарительность топлива).

В свою очередь из уравнения материального баланса по безводному выпариваемому веществу:

$$W = S_1 \cdot \left(1 - \frac{B_1}{B_2}\right) = S_1 \cdot \delta,$$

где

B_1 и B_2 - массовые доли сухих веществ, растворенные в исходном и упаренном растворах, %;

$$\delta = 1 - \frac{B_1}{B_2},$$

- степень выпаривания.

Уравнение материального баланса влаги в парогазовой смеси:

$$W = G_2 \cdot (d_2 + d_1),$$

где

d_1 и d_2 - влагосодержания поступающих и уходящих из аппарата продуктов сгорания, кг/кг.

$$d_1 = \frac{V_{H_2O} \cdot \rho_{H_2O}}{G_2},$$

где

ρ_{H_2O} — плотность паров при температуре испарения, кг/м³;

V_{H_2O} - действительный объем водяных паров в продуктах сгорания

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0.016 \cdot (\alpha - 1) \cdot V_B^0,$$

Здесь $V_{H_2O}^0$ - теоретический объем водяных паров, определяемый в результате расчета горения или выбираемый из таблиц. [2]

На основе математической модели и исходных данных была составлена программа в среде Turbo Pascal, представленная ниже.

Program APG; Uses tabll, tfs;

Const A1=37.6718; A2=17.4285; A3=1.88; dl=0.537; cl=3.2083; c2=2.02;

tl=20; HB=33759.8; p=101.3; dx=0.01;

Var S1, t0, pp, h, S2, W, t01, tap, pog, tpg, cp: real;

f:text;

Begin

t01:=100;

repeat

t0:=t01+dx;

tnp:=0.892*t0-20;

pp:=PST(tnp);

h:=hsp_t(tnp);

cp:=cpsp_t(tnp);

W:=A2*pp*1000/(p-pp*1000)-A3;

S1:=W/dl;

S2:=W*(1-dl)/dl;

tpg:=(A1*t0+A2*pp*1000*cp*tnp/(p-pp*1000))/(A1+A2*pp*1000*cp/(p-pp*1000));

t01:=t0;

pog:=abs((A1*(t0+2)+A2*pp*1000*h/(p-pp*1000)+S2*c2*t0-(HB+S1*cl*tl))/(HB+S1*cl*tl)); until 0.001>pog;

writeln ('t01=', t01:6:3, 'tnp=', tnp:6:3,

'pp=', pp*1000:6:3, 'h=', h:6:3, 'cp=', cp:6:3,

'W=', W:6:3, 'S1=', S1:6:3, 'S2=', S2:6:3, 'tpg=',

tpg:6:3, 'pog=', pog:6:3); assign(f,'APG12.dat'); rewrite(f);

writeln (f, 't01=', t01:6:3, 'tnp=', tnp:6:3, 'pp=',

pp:6:3, 'h=', h:6:3, 'cp=', cp:6:3,

'W=', W:6:3, 'S1=', S1:6:3, 'S2=', S2:6:3, 'tpg=',

tpg:6:3, 'pog=', pog:6:3); close (f);writeln('t01=',

t0:6:3, 'tnp=', tnp:6:3,

'pp=', pp:6:3, 'h=', h:6:3, 'cp=', cp:6:3,

'W=', W:6:3, 'S1=', S1:6:3, 'S2=', S2:6:3,

'tpg=', tpg:6:3, 'pog=', pog:6:3);close (f); end.

Составленная программа позволяет увеличить скорость анализа процесса выпаривания в аппаратах с погружной горелкой.

Список литературы:

1. Копылев Б. А., Технология экстракционной фосфорной кислоты. – 2-е изд., перераб. – Л.: Химия, 1981 -224 с., ил.
2. Алабовский А. Н., Удыма П. Г., Аппараты погружного горения. – М.: Издательство МЭИ, 1994. – 256 с.
3. Удыма П. Г. Аппараты с погружными горелками. Изд. 2-е, доп. и перераб. М., «Энергомашиностроение», 1973, 272 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОПОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ТОПКИ КОТЛА БКЗ-210-140Ф НА ВИР-ТЕХНОЛОГИЮ

Бетхер Т.М., Лебедев Б.В., Гиль А.В.

Научный руководитель: Заворин А.С. д.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: betkher.tm@gmail.com

В настоящее время в связи с постоянным ростом энергопотребления перед генерирующими компаниями встает вопрос по увеличению максимальной располагаемой мощности тепловых электрических станций, что представляет собой довольно трудную и требующую больших капиталозатрат задачу.

ОАО «Дальневосточная генерирующая компания» (ОАО «ДГК») начиная с 2008 г. более года проводила масштабное техническое перевооружение Владивостокской ТЭЦ-2 для увеличения максимальной располагаемой мощности станции до 500 МВт [1]. Для решения поставленной задачи было принято решение по переводу оборудования Владивостокской ТЭЦ-2 на сжигание бурых углей угрубленного помола по ВИР-технологии [2].

Владивостокская ТЭЦ-2 (ВТЭЦ-2) оснащена 14 однотипными котлами трех модификаций БКЗ-210-140Ф (3 шт.-ст. № 1, 2, 3), БКЗ-210-140-5 (3 шт.-ст. № 4, 5, 6), БКЗ-210-140-8 (8 шт.-ст. № 7-14) и шестью турбоагрегатами, обеспечивая электроэнергией и теплом более 60 % всех потребителей во Владивостоке.

На рисунке 1 представлена схема модернизации котельной установки на ВИР-технологию.

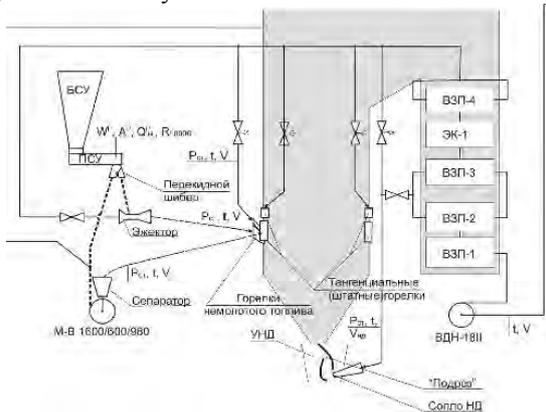


Рис. 1 Схема модернизации котельной установки на ВИР-технологию

В настоящее время работа котельного агрегата БКЗ-210-140Ф не достаточно апробирована на ВИР-технологии, а широкомасштабные экспериментальные исследования протекания топочных процессов не ведутся. Но при этом за время эксплуатации возник ряд негативных факторов эксплуатации котлов по данной технологии. Для решения задач по повышению эффективности работы котлов необходимо иметь полномасштабное представление о физи-

ко-химических процессах в топочной камере котла.

С этой целью была выполнена работа по оценке эффективности, надежности и экономичности работы котла при переводе на ВИР-технологии на основании исследования топочных процессов по математической модели топки. В качестве расчетных выбраны нагрузки 130 т/ч и 190 т/ч при работе двух, трех и четырех пылесистем соответственно.

В качестве инструмента исследования использовался апробированный пакет прикладных программ «FIRE-3D». Пакет разработан в Томском политехническом университете на кафедре парогенераторостроения и парогенераторных установок (ПГС и ПГУ) теплоэнергетического факультета совместно со специалистами из Томского государственного университета (ТГУ) и НИИ прикладной математики и механики при ТГУ на базе созданного ими ранее программно-го продукта CHIF [3].

Основной сложностью построения данной математической модели является учет геометрии устройства нижнего дутья, поскольку построение математических расчетных сеток в пакете FIRE 3D осуществляется в декартовой системе координат, что усложняет ввод исходных данных при большом количестве наклонных поверхностей.

На рисунке 2 представлена трехмерная визуализация математической модели модернизированной топки котла БКЗ-210-140Ф по ВИР-технологии с включенными тремя пылесистемами.

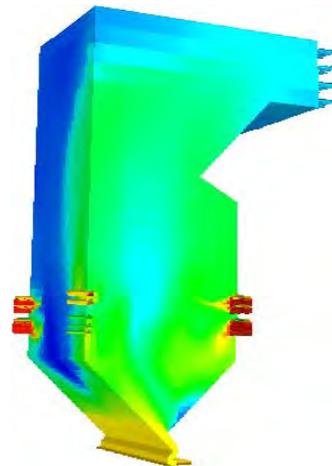


Рис. 2 Трехмерная визуализация математической модели модернизированной топки котла БКЗ-210-140Ф

В результате оценки влияния ВИР-технологии на теплообмен и аэродинамику в топочной камере котла БКЗ-210-140Ф можно сделать следующие выводы.

1. На аэродинамическую структуру газозвудушных потоков в топочном объеме непосредственное влияние оказывает скоростной режим истечения воздуха из устройства нижнего дутья. Так, при высоких скоростях (рис. 3) устойчивое движение потоков в горизонтальном вихре не наблюдается, что препятствует надежной работе топочной камеры при сжигании углей по ВИР-технологии.

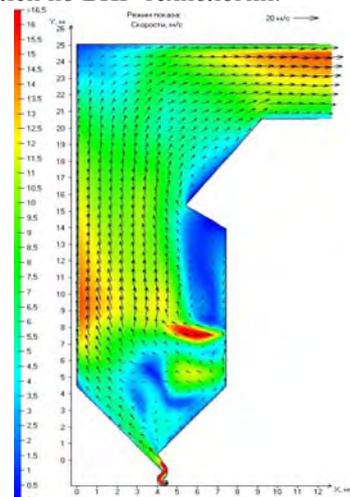


Рис. 3. Аэродинамическая структура потока в вертикальном сечении по продольной оси топки при работе котельного агрегата на трех пылесистемах и нагрузке в 190 т/ч.

2. При отключении горелочных устройств и высоких скоростях воздуха нижнего дутья также происходит перераспределение объемов воздуха и газов в область наименьшего сопротивления.

3. При повышении объемов воздуха, подаваемого через основные горелочные устройства, горизонтальный вихрь в области холодной воронки прижимается к скату тыльного экрана, что приводит к выгоранию топливно-воздушной смеси в непосредственной близости от него (рис. 4, 5), что негативно отразится на выходе твердого шлака и надежности работы экранных труб.

4. Теплообмен в топочной камере зависит от объемов воздуха, подаваемого в топку, расходов топлива и аэродинамической структуры газозвудушных потоков. Во всех исследованных вариантах температура на выходе из топочной камеры умеренна и соответствует условиям надежной работы конвективных поверхностей нагрева. При изменении схемы сжигания топливно-воздушной смеси и распределения объемов воздуха между основными горелочными устройствами и устройством нижнего дутья происходят существенные изменения не только

в аэродинамике топки, но и в перераспределении тепловых потоков как по высоте, так и по глубине и ширине топочной камеры.

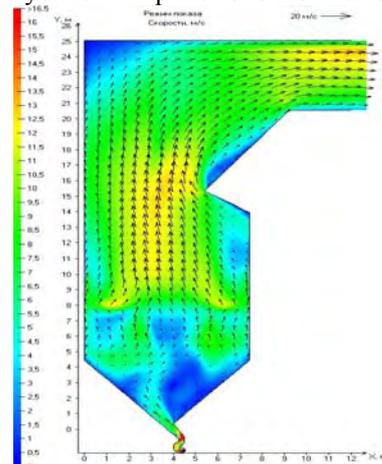


Рис. 4. Аэродинамическая структура потока в вертикальном сечении по продольной оси топки при работе котельного агрегата на четырех мельницах и нагрузке в 190 т/ч.

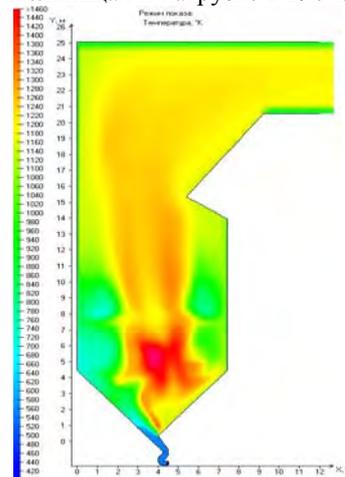


Рис. 5. Распределение температурных полей в вертикальном сечении по продольной оси топки при работе котельного агрегата на четырех мельницах и нагрузке в 190 т/ч.

Из всего изложенного следует, что при работе котла БКЗ-210-140Ф по ВИР-технологии необходима оптимизация начальных условий подачи топливно-воздушной смеси и вторичного воздуха на различных нагрузках для обеспечения надежной работы поверхностей нагрева топочной камеры.

Список литературы

1. <http://www.dvec.ru/>
2. <http://www.ego-npp.spb.ru/>
3. Бубенчиков А.М., Старченко А.В. Пакет прикладных программ SNAIF для численного исследования аэродинамики и теплообмена внутренних.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ БЮДЖЕТНОЙ СФЕРЫ И ЖКХ

Бокоев А.К.

Научный руководитель: Краснятов Ю.А., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: kras@elti.tpu.ru

Проблемы энергосбережения и энергоэффективности являются одними из наиболее актуальных в Российской экономике. Суммарное энергопотребление России в 2007 году составило 990 млн. т.у.т. и продолжает увеличиваться. В связи с этим вопросам энергосбережения и энергоэффективности в России стало уделяться значительно больше внимания в том числе и в таких основополагающих документах развития ТЭК, как «Энергетическая стратегия России до 2030 года», Закон Российской Федерации №261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» принятый ГД РФ 29.11.09 и др. Несмотря на существенный прогресс в повышении энергоэффективности экономики в последние годы, Россия все еще находится в группе стран с очень высокой энергоемкостью ВВП [1], а потенциал энергосбережения Российской экономики составляет около 45%. Кроме того, энергорасточительство, сохранившееся со времен искусственной дешевизны энергоресурсов, усугубляется общим экономическим кризисом и отсутствием инвестиций для перестройки сферы потребления производства и потребления энергоресурсов. Этот Потенциал энергоэффективности особенно велик в ЖКХ. Поставщики энергоносителей и воды не имеют стимулов к снижению издержек, вследствие чего местные бюджеты и население оплачивают технически не оправданные сверхнормативные потери. Этот потенциал можно и необходимо использовать. Экономические расчеты и практика энергосбережения показывает, что затраты на реализацию мероприятий по повышению эффективности использования энергоресурсов часто бывают значительно меньшими чем затраты на их добычу. Но для того, чтобы начать использовать этот потенциал, необходимо преодолеть ряд барьеров. Основными из которых являются:

- несовершенство нормативно-правовой базы, которое проявляется в недостаточной мотивации и заинтересованности во внедрении энергосберегающих технологий, отсутствии на предприятиях и в организациях органов и лиц ответственных за реализацию энергосберегающих мероприятий, отсутствии государственных органов, устанавливающих передовые нормативы потребления энергоресурсов и контролирующих их соблюдение, особенно в системе ЖКХ и организациях бюджетной сферы;

- отсутствие систем учета потребления энергоресурсов в жилом фонде;

- отсутствие системы оплаты населением потребленных энергоресурсов по данным систем учета;

- отсутствие статистической отчетности предприятий ЖКХ в рациональном использовании энергоресурсов и соответствие потребления их нормативным значениям;

- недостаток опыта и заинтересованности в финансировании энергосберегающих проектов со стороны инвестиционных банков;

- недостаток кадров, прошедших обучение в области энергосбережения;

- отсутствие информации, особенно для населения, о реальной выгоде, которое оно будет иметь реализуя энергосберегающие мероприятия, а также информации дающей сравнение нормативных общедомовых величин потребления энергоресурсов и этих величин в конкретных домах, а также причин их большой разницы.

- Недостаток организации и координации внедрения энергосберегающих проектов, которые имеют место на всех уровнях принятия решений.

Ярким примером отсутствия координации в области энергосбережения является отсутствие в большинстве регионов перспективных энергетических программ, отсутствие подробных отчетных и перспективных энергетических балансов, позволяющих определить взаимосвязь развития отдельных систем энергоснабжения и жизнеобеспечения, а, главное, уровень их энергоэффективности.

В 2010 году в России будет своеобразный юбилей – 15 лет официальному энергосбережению. В 1995 году энергосбережение было принято за основу энергетической стратегии и энергетической политики России на длительную перспективу. Одним из факторов, повлиявшим на такое решение правительства было то, что Россия по энергоэффективности в 1995 году заняла 118 место из 128, обогнав несколько развивающихся стран и стран бывшего СССР. Если страны Восточной Европы за последние годы сделали рывок в вопросе эффективного использования энергоресурсов (Польша увеличила энергоэффективность в 2,3 раза, Венгрия, Чехия, Словакия - в 1,5 раза) [2], то в России пока видимых успехов нет. По различным данным [3] общий потенциал энергосбережения Российской экономики составляет 40-45% от всех потребляемых энергоресурсов. Для реализации этого потенциала необходим поиск и внедрение в производство энергетически и экономически эффективных мероприятий в условиях полного контроля потоков энергоресурсов. На-

чальным этапом работ по повышению энергоэффективности, разработки программ энергосбережения, составления бизнес-плана внедрения энергосберегающих мероприятий, является энергоаудит, т.к. только он, проведенный квалифицированными специалистами, даст точный ответ на вопросы: какой потенциал энергосбережения имеет предприятие, на сколько можно снизить энергопотребление в результате внедрения предложенных экономически и технически обоснованных мероприятий, сколько потребуется инвестиций, за какой срок они окупятся и т.д.

Энергоаудит – это методически и инструментально достоверное обследование энергопотребления предприятия, с целью поиска мест не рационального использования энергоресурсов, выявления мест их «утечки» составление энергетического баланса предприятия, структурирование потоков энергоресурсов выбор мероприятий по повышению эффективности энергопотребления, разработки бизнес-плана по внедрению этих мероприятий, выбор контролируемых параметров энергоэффективности с целью мониторинга выполнения бизнес-плана и эффективности внедренных мероприятий. Энергетическое обследование (ЭО) является первым и важнейшим этапом в разработке и реализации комплекса мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности на предприятии.

При выборе целей и мероприятий необходимо исходить из следующих принципов:

- в первую очередь необходимо начинать экономить те энергоресурсы, на которые приходится больше всего финансовых затрат;

- экономить энергоресурсы надо там, где потенциал энергосбережения аномально велик;

- внедрение энергосберегающих мероприятий надо начинать с тех, которые позволяют экономить энергоресурсы при минимальных затратах.

Опыт показывает, что квалифицированный энергоаудит и технико-экономическое обоснование первоочередных энергосберегающих мероприятий позволяет снизить финансовые расходы организаций на оплату потребленной электроэнергии на 10-20%, тепловой энергии на 10-25%, водоснабжения на 5-30%. При этом беззатратные или малозатратные энергосберегающие мероприятия могут составить реализацию всего потенциала энергосбережения предприятия 30-50% со сроком окупаемости до одного года. В большинстве стран доля государственных организаций в ВВП составляет около 20%. Расходы на коммунальные услуги этих организаций равны 5-10% от суммарных расходов бюджетных учреждений или

1% от ВВП, причем не все здания госучреждений современные. Так 80% общественных зданий в США построены до 1980 года по устаревшим проектам с расточительным, по сегодняшним меркам, использованием энергии. Снижением потерь энергоресурсов в этих зданиях занимаются специализированные энергосервисные компании (ЭСКО), которые работают на контрактной основе с оплатой по схеме гарантированной экономии энергоресурсов или на условиях раздела полученной экономии за снижение потребления энергоресурсов. Средний срок окупаемости проектов составляет 6-7 лет.

Промышленно развитые страны Европы, США, Япония еще после первого нефтяного кризиса приняли жесткие меры по повышению эффективности потребления энергоресурсов, которые привели к снижению энергоемкости валового национального продукта на 33-35% [3]. Это относится и к зданиям и сооружениям бюджетных организаций, и к жилому фонду, и к промышленности. Так, например, в Японии любое лицо или организация, намеривающаяся строить здание, обязаны принять все меры для предотвращения тепловых потерь и для рационального использования всех видов энергетических ресурсов в соответствии с государственными стандартами. Если владелец здания не подчиняется соответствующим требованиям, к нему применяются штрафные санкции. Работы по повышению энергоэффективности стимулируются не только государственными органами «сверху», но и «снизу». Эту работу инициирует и стимулирует руководство компаний не только материально, но и обязательно морально. Такая деятельность компаний дает громадный материальный эффект.

Литература

1. Протокол энергетической Хартии по вопросам энергетической эффективности и соответствующим экологическим аспектам – ПЭЭСЭЛ. Российская Федерация. Регулярный обзор 2007.
2. Энергоэффективность в России: скрытый резерв: - Отчет Международной финансовой корпорации и Мирового банка реконструкции и развития (International Finance Corporation (World Bank Corporation), The World Bank (International Bank for Reconstruction and Development), 2008.
3. Ушаков В.Я. Современная и перспективная энергетика: технологические, социально-экономические и экологические аспекты.- Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 469 с.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА

Брюханова Е.С., Ушаков А.Г.

Научный руководитель: Ушаков Г.В., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

E-mail: brjuhanova@mail.ru

Энергоэффективность и энергосбережение становится одним из самых актуальных и приоритетных направлений государственной политики в России в условиях кризиса.

Согласно «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» одним из условий гарантированного удовлетворения внутреннего спроса на энергоресурсы должен быть «переход страны от экспортно-сырьевого к ресурсно-инновационному развитию». Необходимы новые источники энергии, способные заменить часть традиционных топлив, таких как нефть, природный газ, уголь.

Одним из таких источников являются органические отходы животноводства.

Известно, что подобные отходы вызывают множество проблем: заражение территорий патогенными микроорганизмами, загрязнение окружающего воздуха дурно пахнущими и токсичными газами; накопление в почве избытка азот- и фосфорсодержащих соединений; засорение полей семенами сорных трав; загрязнение подземных и поверхностных вод нитратами и органическими веществами.

Наиболее эффективный способ утилизации отходов животноводства и получения энергетической продукции (биогаза) является анаэробное сбраживание [1].

После анаэробного сбраживания в метантенке остается сброженный остаток – биошлам. Биошлам в основном используют как эффективное биоудобрение - экологически чистое, лишённое нитратов, семян сорняков, патогенной микрофлоры, яиц гельминтов, специфических запахов. [2].

Однако при этом возникает проблема: во-первых, для утилизации всего полученного биоудобрения необходимы огромные площади. Во-вторых, как утилизировать биошлам в зимнее время, ведь складирование не решает экологическую проблему. Поэтому необходимы способы утилизации биошлама в этих условиях. [3].

В научно-исследовательской лаборатории Кузбасского государственного технического университета предлагается решение данной проблемы, путем использования сброженного остатка в качестве связующего для получения твердого формованного топлива.

В качестве наполнителя для твердого топлива применяются твердые углеродсодержащие отходы деревообрабатывающих производств (опилки, стружка) и угольной промышленности (пыль и мелочь).

Данные отходы встречаются практически повсеместно, а в условиях Кузбасса, где сосредоточено большое количество шахт и разрезов, являются перспективным источником энергии.

В условиях лаборатории для получения сброженного остатка и в последующем формованного топлива применяется стенд, состоящий из биогазовой установки [4] и установки гранулирования



Рис. 2. Твердое формованное топливо (наполнитель – опилки, связующее – биошлам)

В процессе гранулирования определяли оптимальные условия процесса, а также оптимальный состав, способствующий максимальной прочности гранул.

Результаты технического анализа образца топлива из угольной пыли и биошлама представлены ниже.

Таблица 1. Технический анализ топлива

Параметр	Размерность	Значение
Влажность	%	1,7
Зольность	%	29
Выход летучих веществ	%	11
Механическая прочность:		
сдавливание	кг	28-42
сбрасывание	%	80-85

Для изучения внутренней микроструктуры гранул применяли микроскопию. Для этого из гранулы делали аншлиф, который в последующем рассматривали под микроскопом (PCE BM 200).

На рис. 3 можно увидеть границу раздела уголь-сброженный остаток. Уголь (темный фрагмент справа) обладает присущим для него легким металлическим блеском, а сброженный остаток (светлый фрагмент слева) имеет тусклую серого цвета поверхность.

Как видно частицы биошлама тесно прилегают к частице угля, т. е. наблюдается хорошая адгезия данных материалов. Если подобная картина наблюдается на всей площади

аншлифа, то можно сделать косвенный вывод о прочности всей гранулы.



Рис. 3. Текстура гранулы твердого топлива (наполнитель - угольная мелочь) х40

Изучая микроструктуру гранулы можно определить также пористость и трещиноватость образца (рис. 4).



Рис. 4. Поры и трещины на аншлифах гранул топлива, х40

Пористость должна быть оптимальной: достаточной для выхода из гранулы дымовых газов и подвода кислорода внутрь при горении, но не превышать пористости, когда гранула начнет разрушаться при малых механических воздействиях.

Рассматривая аншлифы полученного топлива, становится возможным изучение распределения компонентов внутри гранулы. По равномерности распределения составных элементов в грануле можно судить об эффективности или неэффективности смешения сырья.

Лабораторные исследования показали, что биошлам является эффективным связующим для получения твердого топлива. Кроме того, применение биошлама имеет ряд преимуществ по сравнению с минеральными вяжущими – понижение зольности топлива, в связи с чем, повышается теплотворная способность.

Для подтверждения лабораторных данных полученное топливо испытывали в реальных условиях в печи каменной кладки.

Выявлено, что в процессе горения отсутствует явление спекания угля в слое из-за более равномерного распределения зольного остатка в топливе.

Наибольшая температура гранулы топлива достигается в геометрическом центре – возникает бездымное горение с раскаленным внутри шаром. В большей степени это объясняется именно пористостью топлива, в то время как уголь в основном представлен в виде монолитного куска.



Рис. 5. Горение топливных гранул в печи каменной кладки

Таким образом, топливные гранулы, связующим в котором служит сброженный остаток отходов животноводства, является перспективным экологически чистым и дешевым топливом.

Литература:

1. Брюханова Е.С., Ушаков А.Г. Биогаз – топливо для индивидуальных и фермерских хозяйств / Сборник лучших докладов студентов и аспирантов КузГТУ. Доклады 52-й научно-практической конференции. – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2007 – С. 25-28.
2. Брюханова Е.С., Ушаков А.Г. Комплексный подход к проблеме утилизации органосодержащих отходов / Материалы XLVII Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс». – Новосибирск: НГУ, 2009. – С. 9.
3. Рейменс Н.Ф., Роздин И.А., Лестровой А.П. Отходы как источники энергии. – М.: Знание, 1986. – 48 с.
4. Брюханова Е.С., Ушаков А.Г. Получение биогаза из органосодержащих отходов птицеводства в лабораторном биореакторе / XIV Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Современные техника и технологии». Труды в 3-х т. – Томск: ТПУ, 2008. – Т. 3. – С. 340-342.

**ПРОЦЕДУРА УЛУЧШЕНИЯ ТОЧНОСТИ АППРОКСИМАЦИЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ
ПО МАССИВУ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

Бласов А. В., Кузьмин А. В.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: kuzminav@tpu.ru

До последнего времени отчет электростанций по тепловой экономичности оборудования проводился «вручную» опираясь на графики энергетических характеристик, полученных в ходе испытаний специализированными организациями [1]. Точность полученных результатов при этом зависела в какой-то мере от субъективного фактора.

При переходе на автоматизированный расчет показателей обычно требуется перевод графических или табличных данных в аналитические зависимости. В работе [2] для получения уравнений из экспериментальных графиков был применен регрессионный анализ в виде двухфакторной зависимости

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1^2 + b_4X_2^2 + b_5X_1X_2, \tag{1}$$

где b_n – постоянные коэффициенты; X_1, X_2 – независимые переменные.

Подчеркивается [2], что в имеющихся в настоящее время работах регрессионные уравнения характеристик оборудования по уравнению (1) строятся по всей области исходных данных, в результате чего они имеют погрешность до 3 % и больше. Для получения аппроксимаций с допустимой для технических расчетов точностью предлагается разбиение области графика на подобласти с условием, чтобы уравнения границ деления графической зависимости на подобласти были включены в общую систему уравнений.

На наш взгляд эти утверждения достаточно спорны и не совсем конкретны, поэтому оценка некоторых результатов работы [2] и попытка найти более приемлемые для практики рекомендации и является целью настоящей работы.

В качестве примера для предстоящего анализа воспользуемся зависимостью давления пара в конденсаторе P_k кг/см² от расхода пара в конденсатор D_k т/ч, температуры охлаждающей воды на входе в конденсатор $t_{ов}$ °C для расхода охлаждающей воды $G_{ов}=12000$ м³/ч. Эта графическая зависимость получена в результате испытаний конденсатора КГ2-620-III турбоустановки Т-118/125-130-8 Томской ГРЭС-2 и частично представлена в табл.1 для получения необходимых аппроксимаций.

Коэффициенты b_n в уравнении (1) определялись с помощью метода наименьших квадратов при этом в качестве Y принималось P_k , вместо X_1 – D_k и X_2 – $t_{ов}$. При расчете ко-

эффициентов данные по $t_{ов}$ пришлось разделить на два диапазона от 5 до 15 и от 15 до 35 °C с целью улучшению точности.

Таблица 1. Данные давления в конденсаторе в зависимости от расхода пара в конденсатор и температуры охлаждающей воды

$t_{ов}$, °C	D_k , Т/ч							
	50	80	100	140	180	220	260	300
5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03
10	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04
15	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05
20	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07
25	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,04
30	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11
35	0,07	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	-	-

Результаты определения коэффициентов уравнения (1) в выбранных границах температур по данным работы [2] приведены в табл.2.

Таблица 2. Коэффициенты уравнения для расчета давления в конденсаторе

$t_{ов}$ °C	b_0	$b_1 \cdot 10^6$	$b_2 \cdot 10^6$	$b_3 \cdot 10^6$	$b_4 \cdot 10^6$	$b_5 \cdot 10^6$
5...15	0,008	5,38	278,57	0,2	40,0	2,08
15...3	0,033	-	-	0,3	69,9	8,94

Оценка относительной погрешности аппроксимаций (1) в выделенных подобластях представлена в табл. 3 и 4. Видно, что произвольно принятое разбиение массива исходных данных не дало ощутимого эффекта в повышении точности аппроксимаций, а пограничные уравнения при $t_{ов} = 15$ °C вряд ли можно включать в общую систему уравнений. Эти результаты заставляют сомневаться в произвольной разбивке массива исходных данных с целью повышения точности аппроксимаций.

Таблица 3. Относительная погрешность аппроксимации (1) в первой подобласти

D_k , Т/ч	$t_{ов}$ °C		
	5	10	15
50	-0,655	2,807	-1,698
80	0,062	-1,137	0,223
100	-1,139	1,887	-0,130
140	-0,589	0,188	0,613
180	0,867	-0,265	0,441
220	0,828	0,117	0,852
260	-0,062	-0,303	-0,449
300	1,245	-0,088	0,813

Таблица 4. Относительная погрешность аппроксимации (1) во второй подобласти

D_k , Т/ч	$t_{ов}$ °C				
	15	20	25	30	35
50	-5,964	0,634	0,812	-1,004	0,858

80	-2,143	2,063	0,032	-1,182	0,135
100	-1,639	1,181	-0,343	-1,223	0,772
140	0,122	1,523	0,463	-0,882	-0,018
180	0,211	0,819	-0,446	-1,181	-0,609
220	0,369	0,337	0,305	-0,807	0,252
260	-1,530	0,027	-0,289	-0,470	-
300	-1,034	-0,155	-0,490	-0,166	-

Рассмотрим несколько иной подход в поиске аппроксимаций. Проведем обработку исходного массива данных, представленного в табл.1, используя уравнение в виде полинома $p_k(D_k, t_{об}) = A_i(t_{об}) + B1_i(t_{об}) \cdot D_k + B2_i(t_{об}) \cdot D_k^2$, (2)

где i – номер зоны. Найдем аппроксимации для коэффициентов $A, B1, B2$ в виде полиномов 2-й степени по методу наименьших квадратов. Результаты показывают, что если скорректированные коэффициенты детерминации для законов изменения A и $B1$ имеют значения $R_{ад}^2 = 0,99304$ и $R_{ад}^2 = 0,9934$, то для коэффициента $B2$ эта характеристика заметно меньшая и равна $R_{ад}^2 = 0,76313$. Характер разброса данных по $B2$, представленный на рис.1, объясняет, на наш взгляд, причину погрешностей при любом двухзонном разбиении и использовании уравнений 2-го порядка.

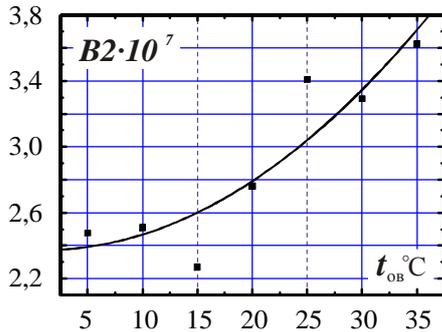


Рис. 1. Зависимость коэффициента $B2$ от температуры охлаждающей воды

На графике четко выделяются зоны, в пределах которых с высокой эффективностью могут быть использованы следующие полиномы:

зона 1 $t_{об} = 5...15 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $A_1 = 0,00594 + 0,00103 \cdot t_{об}$;
 $B1_1 = (2,488 - 0,36 \cdot t_{об} + 0,032 \cdot t_{об}^2) \cdot 10^{-5}$;
 $B2_1 = (2,171 + 0,0885 \cdot t_{об} - 5,46 \cdot 10^{-3} \cdot t_{об}^2) \cdot 10^{-7}$;

зона 2 $t_{об} = 15...25 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $A_2 = 0,01248 + 1,12 \cdot 10^{-4} \cdot t_{об} + 3,24 \cdot 10^{-5} \cdot t_{об}^2$;
 $B1_2 = (-1,229 + 0,2934 \cdot t_{об} + 0,00496 \cdot t_{об}^2) \cdot 10^{-5}$;
 $B2_2 = (1,068 - 0,05138 \cdot t_{об} + 8,92 \cdot 10^{-4} \cdot t_{об}^2) \cdot 10^{-6}$;

зона 3 $t_{об} = 25...35 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $A_3 = 0,08018 - 0,00488 \cdot t_{об} + 1,238 \cdot 10^{-4} \cdot t_{об}^2$;

$$B1_3 = (-3,8224 + 0,2669 \cdot t_{об} - 0,003088 \cdot t_{об}^2) \cdot 10^{-4};$$

$$B2_3 = (1,068 - 0,05138 \cdot t_{об} + 8,92 \cdot 10^{-4} \cdot t_{об}^2) \cdot 10^{-6}.$$

Оценка эффективности этих зависимостей представлена в табл.5.

Таблица 5. Относительная погрешность аппроксимаций (2) в зонах 1-3

$D_k, \text{Т/ч}$	$t_{об} \text{ } ^\circ\text{C}$		
Зона 1	5	10	15
50	0,374	0,492	-0,423
80	0,959	-1,123	0,856
100	-0,367	0,771	0,186
140	-0,156	-0,345	0,492
180	0,937	-0,467	0,101
220	0,557	0,054	0,451
260	-0,645	-0,354	-0,808
300	0,403	-0,209	0,575
Зона 2	15	20	25
50	-0,673	-0,577	0,035
80	0,629	0,727	-0,172
100	-0,029	-0,173	-0,304
140	0,305	0,321	0,717
180	-0,064	-0,097	-0,237
220	0,309	-0,205	0,293
260	-0,935	-0,101	-0,631
300	0,465	0,141	0,278
Зона 3	25	30	35
50	-0,019	-0,095	-0,174
80	-0,218	-0,088	-0,318
100	-0,346	-0,077	0,580
140	0,685	0,235	0,058
180	-0,262	-0,21	-0,51
220	0,274	-0,067	0,193
260	-0,645	-0,008	-
300	0,268	-0,007	-

Сравнение результатов обобщения экспериментальных данных, полученных по разным процедурам и представленных в табл.3–4 и табл.5, показывает:

- заметное улучшение точности аппроксимаций, в связи с уточнением границ характерных зон;
- практически один порядок погрешности уравнений на стыке зон.

Таким образом, анализ скорректированных коэффициентов детерминации позволяет уточнить границы зон разбиения массива экспериментальных данных и улучшить точность позонной аппроксимации.

Список литературы

1. РД 34.08.552-95. Методические указания по составлению отчета электростанции и акционерного общества энергетики и электрификации о тепловой экономичности оборудования. – М.: Служба передового опыта ОРГРЭС, 1995. – 124 с.
2. Галашов Н.Н. Аппроксимация энергетических характеристик оборудования ТЭС по массиву экспериментальных данных со сложной границей разделения // Известия Томского политехнического университета – Т.314. – №4. – С.31-33.

ЗАЖИГАНИЕ ПЛЁНКИ ЖИДКОСТИ ЛАЗЕРОМ В УСЛОВИЯХ ПОГЛОЩЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ

Высокоморная О.В., Кузнецов Г.В. Стрижак П.А.

Научные руководители: Кузнецов Г.В., д.ф.-м.н., профессор, Стрижак П.А. к.ф.-м.н.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: vysokomornyy@yandex.ru

В классической теории зажигания [1] рассмотрены основные механизмы воспламенения твёрдых конденсированных веществ. Однако не меньший интерес представляет анализ условий зажигания жидкостей, в частности при воздействии на них лазерного излучения

Цель данной работы – численное исследование группы взаимосвязанных физико-химических процессов при газофазном зажигании жидкого топлива лазером с ограниченной площадью действия на поверхности жидкости.

На рисунке 1 представлена рассматриваемая система «лазер – смесь паров жидкого топлива с окислителем». Физическая постановка задачи предусматривала, что на поверхность типичного жидкого топлива – керосина непрерывно воздействует пучок лазера с радиусом действия R_l . Предполагалось, что за счёт подводимой энергии лазерного излучения поверхностные слои жидкого топлива прогреваются и происходит испарение жидкости. Образующиеся пары горючего вступают в реакцию с кислородом воздуха. При этом возрастает часть энергии, поглощаемой в газовой фазе при прохождении лазерных лучей. Формирующаяся парогазовая смесь разогревается, однако снижается интенсивность испарения жидкости. При достижении критических температур парогазовой смеси и концентрации ее компонентов происходит воспламенение.

Принималось традиционное для классической теории зажигания [1] допущение, связанное с отсутствием возможного выгорания жидкого топлива.

Предполагалось, что условием воспламенения [1] является превышение доли энергии химической реакции паров горючего с окислителем части энергии, предаваемой от лазера жидкому топливу.

Математическая модель газофазного зажигания жидкого топлива пучком лазера включала систему нестационарных дифференциальных уравнений теплопроводности для плёнки жидкости, уравнений движения, энергии, диффузии паров горючего в воздухе.

Задача решалась в осесимметричной постановке (рис. 1).

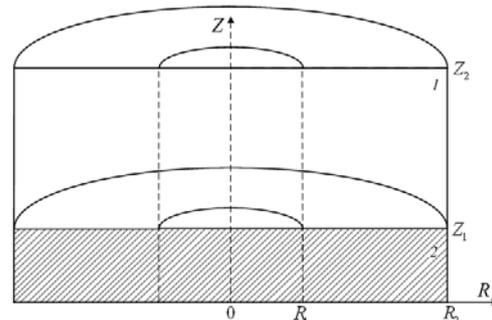


Рисунок 1. Схема области решения задачи при $0 < \tau < \tau_d$:

1 – парогазовая смесь, 2 – жидкое топливо

Важнейшими характеристиками источника энергии в рассматриваемой системе, определяющими интенсивность подвода энергии, являются мощность и радиус зоны действия лазера. Основным параметром процесса воспламенения согласно классической теории [1] принято считать время задержки зажигания. Для иллюстрации масштабов влияния мощности и площади зоны действия лазера на время задержки зажигания в таблице 1 представлена зависимость τ_d от безразмерной плотности теплового потока на входе в парогазовую смесь H_{las} .

Для определения H_{las} использовалось следующее выражение:

$$H_{las} = \frac{H(Z_2)}{H(Z_2)_m},$$

где $H(Z_2)$, $H(Z_2)_m$ – плотности теплового потока лазерного излучения на границе парогазовой смеси при мощности p и p_m соответственно, Вт/м².

Зависимость τ_d от H_{las} показывает, что времена задержки воспламенения горючего вещества меняются на несколько порядков при увеличении H_{las} в десять раз. Это объясняется увеличением доли энергии, подводимой к жидкому топливу при повышении мощности P и неизменном радиусе зоны действия R_l .

Таблица 1. Времена задержки зажигания в системе «лазер – смесь паров жидкого топлива с окислителем» в зависимости от безразмерной плотности теплового потока лазерного излучения

H_{las}	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
τ_d	0,013	0,016	0,019	0,026	0,032	0,043	0,080	0,228	2,825	11,219
τ_d^*	0,012	0,014	0,017	0,021	0,027	0,036	0,065	0,183	2,242	8,765

* - без учета поглощения энергии излучения формирующейся парогазовой смесью

Важным фактором, оказывающим влияние на характеристики зажигания, представляется процесс поглощения энергии излучения формирующейся парогазовой смесью. В таблице 1 приведены времена задержки зажигания керосина без учета возможного поглощения энергии излучения смесью τ_d^* .

Полученные зависимости τ_d и τ_d^* от H_{las} позволяют сделать вывод о том, что при поглощении энергии излучения формирующейся вблизи поверхности жидкого топлива парогазовой смесью увеличивается инерционность воспламенения ($\tau_d^* < \tau_d$).

Механизм зажигания несколько меняется, если не учитывать процесс поглощения энергии излучения в газовой фазе. Жидкое топливо интенсивно испаряется за счет энергии непрерывно действующего лазера. Зажигание происходит при превышении критических концентраций компонентов смеси в условиях относительно невысоких температур.

Анализ таблицы 1 показывает, что для снижения задержки зажигания в системе «лазер – смесь паров жидкого топлива с окислителем» в условиях поглощения смесью доли энергии излучения необходимо увеличивать мощность излучения на 7÷10 % или уменьшать площадь зоны действия лазера на 18÷20 %.

Однако предельные условия воспламенения в системе «лазер – смесь паров жидкого топлива с окислителем» определяются ещё и энергией, затраченной на испарение жидкого топлива.

Для анализа масштабов влияния доли энергии

излучения, расходуемой при испарении

жидкости, можно использовать безразмерный критерий:

$$\chi = \frac{H(Z_2)}{Q_o W_e},$$

где Q_o – тепловой эффект реакции окисления паров горючего, МДж/кг; W_o – массовая скорость окисления паров горючего в воздухе, кг/(м³с).

Приведенный критерий χ характеризует отношение энергии лазерного излучения к доле энергии, затраченной на испарение жидкого топлива.

Зависимость времени задержки воспламенения смеси паров керосина с воздухом τ_d от безразмерного критерия χ представлена в таблице 2.

При низких значениях χ энергия излучения расходуется в основном на испарение жидкости. Предельным значением безразмерного критерия, при котором происходит зажигание, является $\chi=8$. При $\chi < 8$ вся энергия лазерного излучения расходуется на испарение жидкости. При увеличении χ время задержки воспламенения снижается, а вероятность зажигания увеличивается.

Выявленные особенности процесса зажигания указывают на то, что и в условиях непрерывного действия лазерного излучения, как и в системах с источником, обладающим конечным запасом энергии [2..4], существуют предельные условия воспламенения.

Представленная модель зажигания жидкого топлива лазером расширяет представления классической теории зажигания [1].

Таблица 2. Времена задержки зажигания в системе «лазер – смесь паров жидкого топлива с окислителем» в зависимости от безразмерного критерия χ

χ	22	20	18	16	14	12	10	8	7
τ_d	0,712	1,102	1,613	2,079	2,671	3,534	5,123	11,039	нет зажигания

Список литературы

1. Vilyunov V.N., Zarko V.E. Ignition of Solids. – Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1989. – 442 p.
2. Kuznetsov G.V., Strizhak P.A. Heat and mass transfer at the ignition of a liquid substance by a single «hot» particle // Journal of Engineering Thermophysics. – 2008. – № 3. – P. 244–252.
3. Кузнецов Г.В., Стрижак П.А. Численный анализ комплекса физико-химических процессов при зажигании жидкого конденсированного вещества разогретой до высоких температур частицей // Инженерная физика. – 2009. – № 6. – С. 6–11.
4. Кузнецов Г.В., Захаревич А.В., Максимов В.М. Зажигание жидкого пожароопасного вещества одиночной «горячей» металлической частицей.

// Известия Вузов. Физика. – 2007. – №9/2. – С. 90–95.

5. Безуглый Б.А., Иванова Н.А., Зуева А.Ю. Термокапиллярная деформация тонкого слоя жидкости, вызванная пучком лазера // Прикладная механика и техническая физика. – 2001. – № 43. – С. 130–134.
6. Плешивцев В.В., Астапов В.Н., Конюхов Н.Е. Лазерный оптико-акустический метод контроля качества углеводородных топлив // Вестник Самарского государственного университета. Естественнонаучная серия. – 2006. – № 9. – С. 277–285.
7. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – М.: ООО «Старс», 2006. – 720 с.
8. Щетинков Е.С. Физика горения газов. – М.: Наука, 1965. – 739 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА ДРЕВЕСИНЫ ПРИ НАГРЕВЕ В КАМЕРЕ С ПОНИЖЕННЫМ ДАВЛЕНИЕМ

Горешнев М.А., Казарин А.Н., Алексеев М.В.

Научный руководитель: Секисов Ф.Г., к.т.н., с.н.с.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: maksimka_2@mail.ru

С развитием энергосберегающих технологий получили распространение вакуумные сушильные камеры для древесины, которые обеспечивают высокое качество сушки при низких затратах. Для усовершенствования технологии и нахождения оптимальных режимов сушки требуется моделирование процессов теплопереноса.

Процессы теплопереноса, при нагреве древесины, очень сложны и характеризуются многофакторностью. Проблема заключается в том, что все параметры взаимозависимы и по мере сушки изменяют свои значения в зависимости от влажности и температуры.

Целью работы является определение влияния внутреннего давления на темпы и качество сушки древесины кондуктивным способом при пониженном давлении. Избыточное внутреннее давление возникает из-за градиента температуры середины и поверхности образца. Повышенная температура в середине досок возникает за счёт того, что коэффициент теплопередачи древесины низок и тем самым температура середины не успевает выровняться с температурой торцов.

Уравнения, описывающие процесс сушки пористых материалов были получены Лыковым [1]. В общем виде они выглядят следующим образом:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = (a + \frac{\epsilon r}{c} \delta a') \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\epsilon r}{c} a' \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\epsilon r}{c} a' \delta_p \frac{\partial^2 P}{\partial x^2}$$

(1)

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} = a' \delta \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + a' \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + a' \delta_p \frac{\partial^2 P}{\partial x^2}$$

(2)

$$\frac{\partial P}{\partial \tau} = a' \delta \aleph \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + a' \aleph \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + (a'_p + \delta_p a' \aleph) \frac{\partial^2 P}{\partial x^2}$$

(3)

T - температура, °С;

U - влажность, %;

P - давление, Па;

τ - время, сек;

c - теплоёмкость, Дж/кг×град;

x - координата, мм;

a — коэффициент теплопроводности м/с²;

ϵ — коэффициент фазового перехода;

r — скрытая теплота испарения, Дж/кг;

a' — коэффициент влагопроводности, м²/ч;

δ — термоградиентный коэффициент, 1/град;

δ_p - относительный коэффициент молярного потока паровообразованной влаги ;

a'_p - коэффициента конвективной диффузии;

\aleph -коэффициент, учитывающий перенос давления;

\aleph -коэффициент, учитывающий перенос давления;

В общем случае $\aleph = \frac{\epsilon r P}{c T} + \beta - \frac{\epsilon}{C_B}$ (4), где β -

коэффициент, зависящий от пористости и влагосохранения, C_B – удельная теплоёмкость парообразованной влаги, P – общее давление влажного воздуха внутри тела.

Данная система уравнений показывает, что все процессы в древесине взаимосвязаны. Здесь учитывается распределение температуры, влажности, а также избыточного давления и влияния этих параметров друг на друга. В более поздних работах [2,3,4,5], авторы упростили уравнения (1),(2) и (3) и свели к двум дифференциальным уравнениям, без учёта внутреннего давления. В работе [5] при моделировании теплопереноса сушки древесины в атмосфере пониженного давления критерий фазового перехода ϵ принимался равным нулю. В работе Лыкова и Михайлова [6] максимальное значение ϵ достигало 0,2.

Проведённые эксперименты, представленные ниже, показывают, упрощения, представленные в работах [2,3,4,5] не могут достаточно достоверно описать процессы, происходящие при нагреве влажной древесины в атмосфере пониженного давления. Эксперименты проводились на образцах древесины берёзы, размером 3000*200*50 мм³ с начальной влажностью около 60%. Нагревательный элемент нагревался до 65 °С.

Расположение датчиков представлено на рисунке 1.

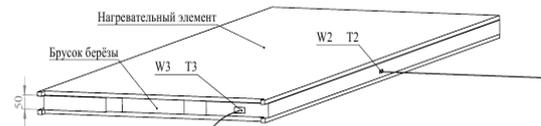


Рис.1 Схема расположения датчиков температуры и влажности

Эксперименты проводились при давлениях 10⁵ Па и 10⁴ Па. Результаты измерений температуры и влажности от времени представлены на рис. 2 и рис. 3. На данных графиках представлены данные, полученные с датчиков № 2.

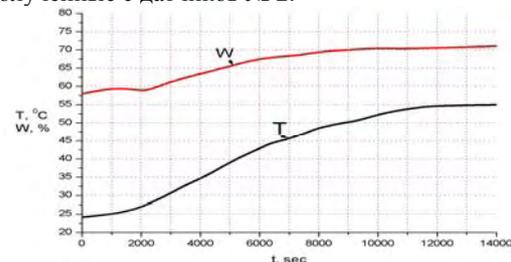


Рис. 2. Зависимости температуры и влажности от времени при давлении 10⁵ Па.

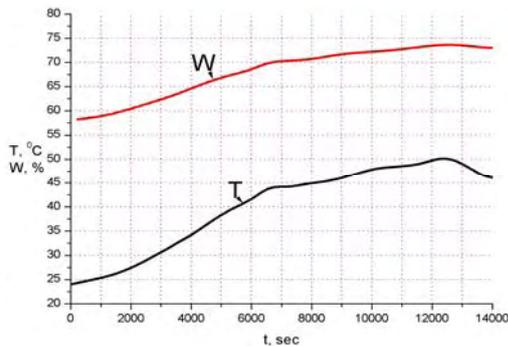


Рис. 3. Зависимости температуры и влажности от времени при давлении 10^4 Па.

Как видно из полученных данных температура нагрева при давлении равном 10^5 Па выше, чем с пониженным давлением. Это объясняется тем, что при пониженном давлении происходит стабилизация температуры около 50 °С. Данная температура приблизительно равна температуре кипения воды при давлении 10^4 Па. Из этого можно предположить, что критерий фазового перехода не может быть равен нулю, так как температура опыта при пониженном давлении совпадала бы с температурой опыта при атмосферном давлении. Также в обоих опытах наблюдается некоторое повышение влажности в начальный период сушки, причём, как видно графиков, повышение влажности при пониженном давлении достигает большего значения. Это невозможно объяснить только разницей температур в середине и на поверхности заготовки, так как термоградиентный коэффициент имеет не столь большое значение, и не может обеспечить резкое повышение влажности, полученное в экспериментах. Из этого следует, что для моделирования сушки древесины при пониженном давлении нужно использовать полную систему уравнений полученных Лыковым. Итак, воспользовавшись данными для определения коэффициентов в уравнениях (1) и (2) полученными в работе [2] и результатами экспериментов можно подобрать коэффициенты a'_p и δ_p в формуле 3. В ходе моделирования был подобран коэффициент фазового превращения ε для $P = 10^4$ Па обеспечивающий совпадение с экспериментом. Его значение постоянно $\varepsilon = 0.2$. Предполагается, что перенос влажного воздуха в древесине зависит только от коэффициента конвективной диффузии a'_p .

Рассчитанные коэффициенты имеют следующие значения:

- для сушки при давлении 10^4 Па, $\varepsilon = 0.2$, градиент давлений между серединой образца и краем доски 90 кПа, $a'_p = 5,462 \times 10^{-8}$, $\delta_p = 0.05$.

Такой градиент выбран из предположения, что при давлении в камере 10^4 Па давление внутри доски остаётся равным 10^5 Па.

- для сушки при атмосферном давлении $\varepsilon = 0$, градиент давлений между серединой образца и краем доски 30 кПа в соответствии с работой [2], $a'_p = 1,64 \times 10^{-8}$, $\delta_p = 0.05$.

На рисунках 3 и 4 представлены графики полученные с помощью моделирования в среде MathCAD 14, где W – влажность %, T – температура °С.

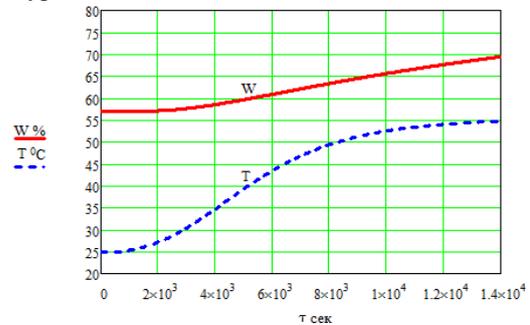


Рис. 3. Рассчитанные зависимости температуры и влажности от времени при давлении 10^5 Па

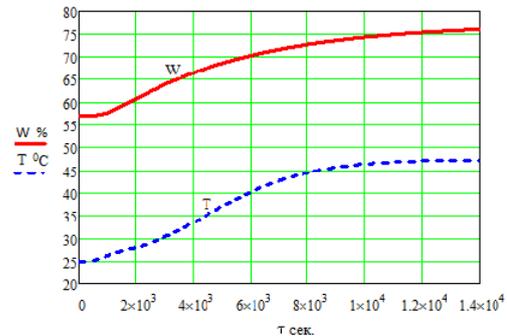


Рис. 4. Рассчитанные зависимости температуры и влажности от времени при давлении 10^4 Па

Литература:

1. Лыков А.В. О системах дифференциальных уравнений теплопереноса в капиллярно пористых телах // ИФЖ. – 1974.- Т. XXVI.-№1. – С. 18-25
2. Шубин Г.С. Сушка и тепловая обработка древесины. – М.: Лесн. промышленность, 1990.- 336 с.
3. Кречетов И. В. Сушка и защита древесины.- М.: Лесн. промышленность, 1987.- 328 с.
4. Гороховский А.Г. Технология сушки пиломатериалов на основе моделирования и оптимизация процессов теплопереноса в древесине: Дис. ...докт.физ.-мат.наук, Челябинск, 2008. – 162с.
5. Юнусов Л. Р. Исследование процессов конвективного теплопереноса в условиях вакуумно-конвективных сушильных камер: Дис. ...канд.тех.наук, Иваново, 2008. – 120с.
6. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло- и массопереноса. М. – Л. Госэнергоиздат, 1963. – 536 с.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕГРУЗКИ

Григорьева М.М., Кузнецов Г.В.

Научный руководитель: Кузнецов Г.В., д.ф.-м.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: grigoryeva@tpu.ru

Ежегодно в России от электротехнических изделий происходит около 50 000 пожаров. Это составляет 20-25% от общего числа пожаров в стране. Основной причиной пожаров (таблица 1) является воспламенение кабельных линий в условиях электрической перегрузки или короткого замыкания [1].

Таблица 1. Статистические данные по пожарам от электротехнических изделий за 2003 г

Наименование	Пожары	
	кол-во	%
Кабель, провод	29 614	61,9
Электрокамин	5 101	10,7
Вводной щит	2 822	5,9
Выключатель	2 198	4,6
Телевизор	1 950	4,1
Электроплитка	1 279	2,7
Холодильник	1 258	2,6
Электросветильник	961	2
Трансформатор	550	1,2
Электрозвонок	422	0,9
Магнитофон, приемник	327	0,7
Автовыключатель	299	0,6
Электродвигатель	295	0,6
Электробытовая машина	258	0,5
Электроутюг	223	0,5
ЭВМ	117	0,2
Кондиционер	100	0,2
Видеомагнитофон	36	0,1
Итого	47 810	20
Всего по России	23 8740	100

Возгорание может быть вызвано образованием в условиях эксплуатации кабельных линий источников зажигания: электрических искр; дуг; нагретых до температур, превышающих допустимые токоведущих жил и контактных соединений. Пожарная опасность перегрева токоведущих жил заключается в воспламенении изоляции, а также горючих материалов, находящихся в непосредственном контакте с электрическим кабелем.

Анализ литературы по данной теме показывает, что основным направлением в решении проблемы является разработка и внедрение новых изоляционных материалов и огнезащитных покрытий. Большое количество работ посвящено методам снижения горючести изоляционных материалов и нераспространения пламени [1, 2, 3, 4]. Теоретический анализ процессов тепло-

массопереноса предшествующих воспламенению кабельных линий ранее не проводился.

Целью настоящей работы является математическое моделирование температурных полей в кабельных линиях и оценка пожарной опасности режимов перегрузки линий или старения изоляции.

Решена задача теплопроводности для бесконечного двухслойного электрического кабеля, находящегося в воздушной среде. Математическое моделирование исследуемого процесса сведено к решению системы уравнений теплопроводности для системы «токоведущая жила - изоляция» с нелинейными граничными условиями. Геометрия области решения задачи приведена на рисунке 1.

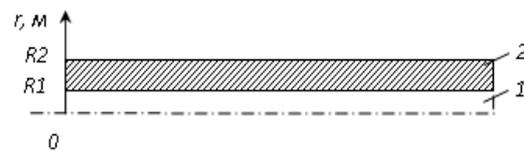


Рис. 1. Схема области решения задачи
1-медная жила; 2-изоляция;
R1- радиус жилы; R2- радиус провода.

Система дифференциальных уравнений с соответствующими начальными и граничными условиями решена методом конечных разностей. Полученные разностные уравнения решены методом прогонки с использованием неявной четырехточечной схемы. Учитывались эффект тепловыделения в металле и конвективный и радиационный теплообмен на внешней границе кабеля, а также термическое разложение изоляции.

Математическая постановка задачи:

$$\begin{cases} \rho_1 \cdot c_1 \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda_1 \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + Q, & \text{при } 0 < r < R_1; \\ \rho_2 \cdot c_2 \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda_2 \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + q_{хим} \cdot k_0 \cdot \rho_2 \cdot \varphi \cdot \exp\left(-\frac{E}{R \cdot T}\right), & \\ \text{при } R_1 < r < R_2; \\ \frac{d\varphi}{dt} = \varphi \cdot k_0 \cdot \exp\left(-\frac{E}{R \cdot T}\right). \end{cases}$$

Начальные и граничные условия:

$$t = 0: T = T_0, \quad \varphi = \varphi_0, \quad 0 \leq r \leq R_2;$$

$$r = 0: \frac{\partial T}{\partial r} = 0, \quad t > 0;$$

$$r = R_2: -\lambda_2 \cdot \frac{\partial T}{\partial r} = \alpha \cdot (T^e - T), \quad t > 0;$$

$$\begin{cases} T_1(t, r) = T_2(t, r), \\ -\lambda_1 \cdot \frac{\partial T}{\partial r} = -\lambda_2 \cdot \frac{\partial T}{\partial r}, \quad \text{при } r = R_1. \end{cases}$$

где ρ_i - плотность материала i -го слоя, c_i - удельная теплоемкость, λ_i - коэффициент теплопроводности, R_1, R_2 - радиус жилы и кабеля, α - коэффициент теплоотдачи, T_0 - начальная температура, T^e - температура окружающей среды, Q - мощность внутренних источников тепловыделения в жиле, t - время, T - текущее значение температуры, k_0 - предэкспонент химической реакции термического разложения изоляции, n - показатель степени, $q_{хим}$ - тепловой эффект химической реакции термического разложения изоляции, E - энергия активации химической реакции термического разложения изоляции, R - универсальная газовая постоянная, φ - объемная доля компонента.

Проведены численные исследования для кабеля с сечением медной жилы $0,35 \text{ мм}^2$ и при различных токовых нагрузках а) 8 А – номинальный режим; б) 12 А – перегрузка; в) 16 А – значительная перегрузка.

Количество тепла, выделяющееся в жиле, определяется по формуле:

$$Q = \frac{I^2 \cdot R}{S},$$

где I - сила тока, R – электрическое сопротивление жилы, S – сечение жилы.

Исходные данные для численных исследований: $\rho_1=8800 \text{ кг/м}^3$, $\rho_2=2200 \text{ кг/м}^3$, $c_1=381 \text{ Дж/(кг*К)}$, $c_2=1 \text{ Дж/(кг*К)}$, $\lambda_1=384 \text{ Вт/(м*К)}$, $\lambda_2=0,25 \text{ Вт/(м*К)}$, $R_1=0,00033 \text{ м}$, $R_2=0,0017 \text{ м}$, $\alpha=5 \text{ Вт/(м}^2\text{*К)}$, $T_0=300 \text{ К}$, $T^e=300 \text{ К}$, $t=36000 \text{ с}$, $k_0=3 \cdot 10^{19} \text{ 1/с}$, $n=1$, $R=8,31 \text{ Дж/(моль*К)}$, $q_{хим}=-1,86 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$, $E=347000 \text{ Дж/моль}$, $\varphi_0=0,4$.

Установлено, что для выбранных значений параметров, характеризующих работу кабельных линий, возможны достижения температур, существенно превышающих предельно допустимые значения. Так, согласно [5], для проводов с резиновой изоляцией допускается длительная температура нагрева жил, не превышающая 338 К, а для проводов с пластмассовой изоляцией – 343 К. В аварийных режимах работы (при перегрузке) допустимое значение температуры проводов составляет 363 К.

Результаты численных исследований приведены на рис. 2. Видно, что при номинальном значении силы тока 8 А, температура кабеля остается в допустимых пределах, а при пере-

грузках (рис. 2 а и 2 б), длящихся в течение часа допустимое значение температуры для-

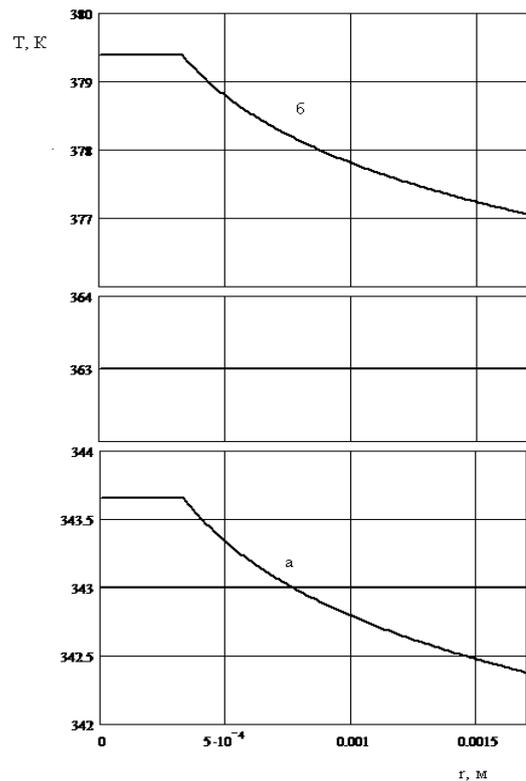


Рис. 2. Распределение температуры по радиусу кабеля при мощности внутренних источников тепловыделения в жиле равной
а) $6,6 \cdot 10^6 \text{ Вт/м}^2$ (12 А);
б) $1,2 \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2$ (16 А).

тельного нагрева жил существенно превышено.

Список литературы

1. Смелков Г.И., Пехотиков В.А., Рябиков А.И. Проблемы обеспечения пожарной безопасности кабельных потоков // Кабели и провода. – 2005. – № 2. – С. 8–14.
2. Аблеев Р.И., Гимаев Р.Н. Инновации в области полимерных материалов для кабельной индустрии // Вестник Башкирского университета. – 2008. Т.13. – №1. – С. 214–217.
3. Берлин А.А. Горение полимеров и полимерные материалы пониженной горючести // Химия. – 1996. – С. 57–63.
4. Каменский М.К., Пешков И.Б. Состояние и перспективы производства электрических кабелей с повышенными показателями пожарной безопасности // Кабели и провода. – 2003. – № 6. – С. 3–8.
5. Нормы пожарной безопасности. Кабели и провода электрические. Показатели пожарной опасности. Методы испытаний. НПБ 248-97. М., 1998. 31 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА В КОНДЕНСАТОРЕ ТУРБИНЫ СТАНЦИИ № 3 ТОМСКОЙ ГРЭС-2

Дутов Л. Л.

Научный руководитель: Антонова А.М., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: leva_84@inbox.ru

В данной работе исследуются методы повышения эффективности теплообмена в конденсаторе, а также решается проблема механического загрязнения конденсатора гравием на ГРЭС-2 и способы очистки конденсатора, что влияет на его эффективность работы.

Целью работы является определение целесообразности и энергоэффективности использования различных мероприятий по углублению вакуума в конденсаторе турбины ст. № 3 Томской ГРЭС-2. Рассматриваются интенсификация теплообмена в трубках конденсатора и устройство дополнительных очистных сооружений циркуляционного водовода.

Весьма эффективными в условиях конденсации теплоносителей на наружной поверхности труб конструкции с накаткой. По сравнению с другими методами интенсификации при конденсации данные трубы не требуют дополнительного расхода металла на оробрение, обеспечивают интенсификацию теплообмена и внутри труб, а их изготовление отличается технологической простотой [1].

При пленочной конденсации эффект интенсификации теплообмена на наружной поверхности труб обусловлен действием поверхностного натяжения на пленку конденсата. Чем толще и равномернее пленка конденсата, тем больше ее термическое сопротивление. Поэтому для обеспечения существенной интенсификации теплообмена снаружи труб необходима такая геометрия, которая при сохранении периодически расположенных диафрагм внутри обеспечивала бы эффективный срыв пленки конденсата или ее стекание в канавки с уменьшением ее толщины на остальных участках трубы. Достигается это путем уменьшения шага размещения кольцевых канавок (до 0,25-0,35 наружного диаметра труб), путем придания выступающей части трубы выпуклой формы и плавного сопряжения поверхностей канавок и выступающих частей трубы.

Для горизонтальных труб конденсатора, образующаяся на них пленка конденсата стекает по наружной поверхности трубы поперек ее оси сверху вниз и внизу трубы срывается. Наличие переменного сечения наружной поверхности трубы с плавными переходами (см. рис. 1) приводит к

дополнительному стеканию конденсата в периодически размещенные канавки. Это приводит к уменьшению толщины пленки конденсата на выступающих частях трубы, что дает уменьшение термического сопротивления между паром и стенкой и увеличивает интенсивность теплообмена. Стеkanie конденсата в канавки с выступающих частей труб ускоряет их заполнение, снижает устойчивость пленки конденсата и ведет к ее срыву или ускоренному стеканию. Таким образом, искусственное перераспределение образующегося конденсата по длине трубы приводит к резкому увеличению теплообмена на выступающих частях трубы, составляющих ее большую часть, и в итоге обуславливает существенное возрастание среднего коэффициента теплоотдачи снаружи трубы.

Основываясь на результатах экспериментальных исследований, которые были проведены в широком диапазоне режимных и геометрических параметров [1], планируется провести выбор оптимальных параметров канавок и выступающих частей труб для конденсатора турбины ст. № 3 Томской ГРЭС-2. На основе выбранных параметров намечается провести конструкторский расчет конденсатора, определить коэффициенты теплообмена и основные размеры трубной системы.

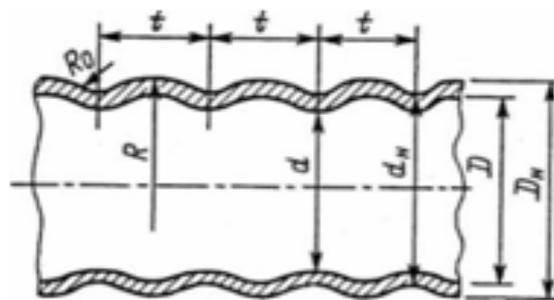


Рис. 1. Эскиз трубы, используемой при конденсации теплоносителей на наружной поверхности

В результате повышение эффективности теплообмена в конденсаторе, глубина вакуума увеличивается, что приводит к росту КПД турбоустановки и снижению расхода топлива. Снижение давления в конденсаторе с 4кПа до 3 кПа позволяет сократить удельный расход

топлива на выработку электроэнергии примерно на 2 %. Однако замена трубного пучка конденсатора требует дополнительных затрат, поэтому необходимо также провести технико-экономический расчет эффективности реконструкции.

Другая проблема поддержания глубокого вакуума возникла на томской ГРЭС-2 в результате мезанических загрязнений конденсатора. С береговой насосной станции ГРЭС-2 забирается вода на технические нужды. Инженерами турбинного цеха было зафиксировано понижение вакуума в конденсаторе турбины ст. № 3; при вскрытии по отдельности каждого отсека был обнаружен гравий, в процессе чистки конденсатора с каждого отсека было вычищено примерно 100 литров отборного гравия.

Автором было предложено разработать очистные сооружения (фильтры), это облегчило бы обслуживание конденсатора. Был спроектирован фильтр с перфорированным листом (см. рис. 2), который может задерживать гравий крупного размера и предотвращать его попадание не посредственно в конденсатор. Гравий ухудшает процесс теплообмена в конденсаторе, соответственно это влияет на эффективность его работы.

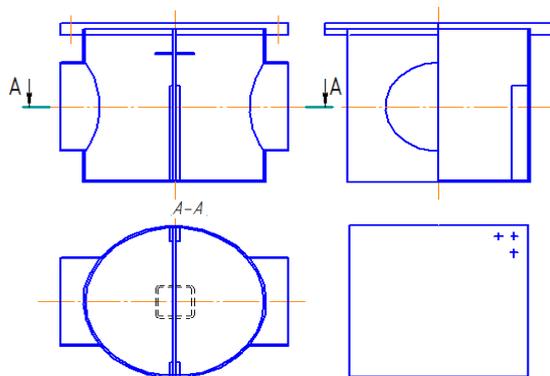


Рис . 2. Фрагмент фильтра с перфорированным листом

Для более удобного обслуживания фильтров была разработана их схема установки (см. рис. 3),

для этого была предложено сооружение колодца. В колодце размещается два трубопровода (две нитки, первая и вторая), проходящие на сравнительно небольшом расстоянии друг от друга. Это позволяет установить 2 фильтра в одном колодце, сократить затраты на его строительство. Для того чтобы не останавливать работу отсеков конденсатора, в колодце устанавливаются байпасы (обводные трубопроводы). При периодической очистке фильтров обслуживание узла осуществляется с помощью кран-балки.

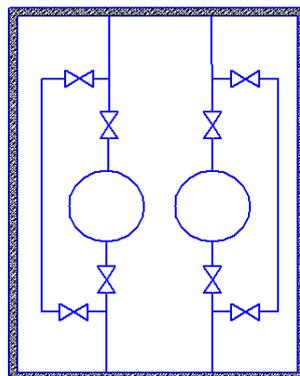


Рис. 3. Схема установки фильтров на трубопроводе с обводными байпасами

Рассмотренные способы повышения эффективности работы конденсатора турбины ст. № 3 Томской ГРЭС-2 позволяют углубить вакуум и за счет этого повысить экономичность выработки электроэнергии.

Литература:

1. Эффективные поверхности теплообмена/ Э. К. Калинин и др. – М.: Энергоатомиздат , 1998.- 408 с.
2. Справочник по теплогидравлическим расчетам(ядерные реакторы теплообменники, парогенераторы) П. Л.Кирилов, Ю. С. Юрьев, В.П.Бобков , 2-е издание , испр. и доп.-М.: Энергоатомиздат1990.-338с.

К ВОПРОСУ ЗАМЕНЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЭС ГАЗОТУРБИНЫМ ПРИВОДОМ

Дьяченко О.С., Галашов Н.Н.

Научный руководитель: Галашов Н.Н., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: gal@tpu.ru

В настоящее время основным видом привода механизмов собственных нужд ТЭС являются асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. При этом затраты электроэнергии на привод механизмов собственных нужд составляет от 5 до 15 % от выработанной электроэнергии в зависимости от типа ТЭС, вида сжигаемого топлива и начальных параметров пара. Главным достоинством электродвигателей является надежность и простота в эксплуатации. Но электродвигатели имеют и ряд существенных недостатков: 1) низкое и постоянное число оборотов, в то время как для большинства механизмов собственных нужд станции для уменьшения габаритов и повышения эффективности работы необходимо высокое переменное число оборотов; 2) низкий коэффициент использования теплоты сжигаемого топлива (КИТ), который определяется произведением КПД выработки электроэнергии, КПД трансформации и транспорта электроэнергии, КПД и $\cos\phi$ электродвигателей, и, в результате, составляет не больше 35 %.

Рассмотрим другие виды приводов механизмов собственных нужд, которые можно использовать на ТЭС, их достоинства и недостатки.

В этом плане наиболее перспективными являются тепловые двигатели [1], которые позволяют получать любое переменное число оборотов и в настоящее время достигли эффективного КПД на валу до 36...45 %, а при использовании теплоты уходящих газов позволяют получить КИТ до 80 % и выше.

В отношении замены электродвигателей для привода собственных нужд станции могут быть использованы паровые и газовые турбины и поршневые двигатели.

Проанализируем на основе литературы [2, 3] современное состояние этого вопроса.

К достоинствам паровых турбин можно отнести то, что они могут быть встроены в основной цикл станции; имеют большой ресурс работы и высокую надежность; могут быть изготовлены на любую мощность. К недостаткам относятся: усложнение тепловой схемы ТЭС; влияние работы энергетической турбины на работу приводной турбины, что ухудшает маневренность и требует переключений питания приводной турбины с одних отборов на другие или на посторонний источник пара; сложный и длительный пуск; невысокий эффективный КПД (до 30...40%), особенно при малой мощности. Поэтому их целесообразно применять только

для привода механизмов большой мощности. В настоящее время паровые турбины применяются на всех блоках сверхкритических параметров для привода питательных насосов, а также для привода воздуходувок на энергоблоках К-500-24 и К-800-24.

К достоинствам газотурбинных приводов относятся: высокая маневренность; компактность; низкие эксплуатационные расходы; возможность работы на газовом и жидком топливе; надежная работа в резкопеременных режимах; малое время пуска (2...5 мин.); низкая вибрация и эмиссия вредных веществ в атмосферу; не требуют охлаждающей воды.

В качестве недостатков необходимо отметить зависимость КПД от нагрузки и температуры наружного воздуха; высокое давление сжигаемого газа, что требует установки дожимных компрессоров; значительный уровень высокочастотного шума; существенные габариты газодводящих теплообменников и газоотводящих трактов.

Температура уходящих из турбины газов составляет 500...550 °С, что позволяет использовать их для надстройки в цикле с паровыми турбинами и для теплофикации. Соотношение уходящей тепловой энергии к механической у газовых турбин составляет от 2,5:1 до 2:1.

Эффективный КПД современных газовых турбин составляет 35...45%. При использовании теплоты уходящих газов может быть получен КИТ до 80%.

Ресурс до капитального ремонта у газовых турбин составляет 60 тыс. рабочих часов при общем ресурсе 100 тыс. часов.

Газотурбинное оборудование производится на ряде отечественных авиационных заводов. Стоимость 1 кВт установленной эффективной мощности составляет от 150 до 500 USD.

В последнее время, в связи с большим спросом на рынке, идет быстрое совершенствование газовых турбин. За последнее десятилетие их КПД вырос почти на 10%, а стоимость упала примерно вдвое.

Газотурбинные двигатели нашли широкое применение в качестве привода электрических генераторов на Мини-ТЭС; для привода компрессоров газоперекачивающих станций, а также в качестве привода в авиации и судостроении.

В последнее время появилась разновидность газовой турбины малой мощности – микротурбина, которая может использоваться в ка-

честве двигателя в диапазоне мощностей от 30 до 250 кВт.

Основным видом топлива для микротурбин является природный газ, но они могут не менее эффективно работать и на другом топливе (путный нефтяной, биологический газы, шахтный метан, сжиженный пропан, бутан, дизтопливо или керосин).

Все движущиеся части микротурбины (воздушный компрессор, турбина и генератор) расположены на одном валу, скорость вращения которого составляет от 24 до 96 тыс. оборотов в минуту. Вал закреплен на воздушных подшипниках, что позволило отказаться от жидкостной смазки. Воздух обеспечивает эффективное охлаждение всех элементов микротурбины, что позволило значительно повысить надежность и снизить стоимость их обслуживания по сравнению с другими двигателями.

К достоинствам микротурбин следует отнести: высокую надежность и большой ресурс работы; низкую стоимость обслуживания (отсутствие жидкостной смазки и охлаждающей воды); быстрый запуск (до 1 мин); возможность работы в диапазоне нагрузок от 0 до 100%; эффективный КПД около 25...35%, а при использовании теплоты уходящих газов можно получить КИТ до 85%; гибкость по отношению к выбору топлива; низкий уровень вибрации и шума, который легко гасится с помощью установки дополнительных кожухов; самую низкую эмиссию вредных веществ по сравнению с другими тепловыми двигателями (до 9 ppm). Корпус микротурбины имеет защиту от влаги и позволяет устанавливать оборудование на открытой площадке.

Температура уходящих газов (около 500 °С) позволяет применять микротурбины для теплофикации. Количественное соотношение отводимой тепловой энергии к механической составляет от 2:1 до 1,5:1. Состав и экологическая безопасность выхлопа позволяет прямое использование уходящих газов для обогрева помещений, в результате чего может быть достигнут КИТ 100%.

В качестве недостатков микротурбин можно отметить пока еще высокую удельную стоимость установленной мощности (800...1000 USD/кВт). Но производство микротурбин быстро развивается и в ближайшее время этот недостаток, можно надеяться, будет устранен.

К достоинствам поршневых двигателей следует отнести: высокий эффективный КПД (до 45%); слабую зависимость КПД от нагрузки и температуры наружного воздуха; широкий спектр агрегатов по единичной мощности; время пуска составляет 5...10 минут.

В качестве недостатков следует отметить: дорогое обслуживание (использование охлаждающих жидкостей и смазочных масел, при этом расход масла может достигать 5...10% от расхода топлива); возможность аварийного останова при резких колебаниях нагрузки; высокий уровень низкочастотного шума и вибрации, что требует установки шумогасителей и виброгасящих платформ.

Уходящие газы имеют температуру на уровне 400 °С, что позволяет использовать их для теплофикации, при этом КИТ может достигать 85%. Количественное соотношение отпущенной тепловой энергии к механической у поршневых двигателей составляет от 1:2 до 1:1, что ниже чем у турбин.

Дизельные и газопоршневые двигатели обладают большим ресурсом по сравнению с газотурбинными (до 250 тыс. часов), но имеют большую удельную стоимость капитальных вложений (1200...1800 USD/кВт).

Выводы:

1. Применяемые в настоящее время для привода механизмов собственных нужд ТЭС электродвигатели имеют ряд существенных недостатков: низкое и постоянное число оборотов и низкий КИТ, который не превышает 35%.

2. Перспективными для привода механизмов собственных нужд ТЭС являются газотурбинные и газопоршневые двигатели. Они могут работать с переменным числом оборотов, и их эффективный КПД достиг, а в ряде случаев превышает КИТ электродвигателей. При использовании отводимой теплоты КИТ газотурбинных и газопоршневых двигателей достигает 85%.

3. Для привода механизмов собственных нужд ТЭС малой мощности можно использовать микротурбины, которые обладают всеми достоинствами больших газотурбинных двигателей, а также имеют ряд дополнительных существенных достоинств по надежности, маневренности, экологичности выбросов, низким эксплуатационным расходам.

Литература:

1. Нагнетатели и тепловые двигатели / В.М.Черкасский, Н.В.Калинин, Ю.В.Кузнецов, В.И.Субботин. – М.: Энергоатомиздат, 1997.
2. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций / Под ред. С.В. Цанева. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – 584 с.
3. Материалы интернет-сайтов: Сравнение технологий – газопоршневые, газотурбинные или дизельные установки [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.pgask.ru/i/equipment/index.html>.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ДОМОВ ДЛЯ УСЛОВИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Зайцева Т. В.

Научный руководитель: Слесарев М.Ю., д.т.н., профессор
Московский государственный строительный университет
129337 Россия, г.Москва, Ярославское шоссе, 26
E-mail: zty-87@mail.ru

Государственная политика повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в городе Москве в течение многолетнего периода реализуется посредством выполнения комплекса программных энергосберегающих мероприятий. Согласно Постановлению Правительства Москвы от 28 октября 2008 г. N 1012-ПП О Городской целевой программе "Энергосбережение в городе Москве на 2009-2011 гг. и на перспективу до 2020 года" и программе г.Москвы «Энергосберегающее домостроение в городе Москве на 2010-2014 гг. и на перспективу до 2020 года» перспективным направлением являются энергоэффективные и пассивные дома.

Внимание к проблеме рационального использования энергоресурсов и тематике пассивных домов постоянно возрастает. Особый интерес представляют рекомендации актуальные для условий Российской Федерации.

Критерии для строительства пассивных домов:

1. Удельный расход тепловой энергии на отопление пассивного дома, определенный с помощью «Пакета проектирования пассивного дома»(PHPP), не должен превышать 15 кВтч/(м²год).

2. Общее потребление первичной энергии для всех бытовых нужд не должно превышать 120 кВтч/(м²год).

На пути к малозатратному пассивному дому надо соблюдать следующие положения:

I. Уменьшить теплопотери;

1. Улучшенная теплоизоляция стандартных строительных элементов .

Все помещения, температура которых в зимнее время должна быть выше + 15°С, находятся внутри оболочки. Минимальная толщина утеплителя составляет в любом месте теплоизоляционной оболочки 25 см. Уменьшение тепловых мостов за счет качественного выполнения работ.

Правило №1: Избегание тепловых мостов - по возможности не делать отверстия в теплоизоляционной оболочке.

Правило №2: Прохождение теплоизоляции - если не возможно избежать отверстий в теплоизоляционном слое, то необходимо по возможности в этом месте максимально увеличить сопротивление теплопередаче в слое теплоизоляции, например, использовать пористый бетон или древесину.

Правило №3: Примыкание (для стыков)- расположение утеплителя в стыках строительных элементов должно быть без пустых пространств, т.е. стык должен быть полностью изолирован.

Правило №4: Геометрия – выбирать по возможности грани с тупыми углами.

3. Герметизация оболочки здания.

Как показывает опыт, воздухонепроницаемость легко достичь, если:

✚ Все элементы запроектированы в простом исполнении;

✚ Возможно, выполнить большие замкнутые поверхности с применением надежных испытанных ранее основных конструкций;

✚ Строго выполняются принципы по устройству стыков;

Сквозные проколы обычно минимальны.

4. Использование специальных окон для пассивных зданий.

✚ Теплопотери через прозрачные поверхности должны быть незначительными. Необходимы высококачественные остекления, которые имеют высокую пропускающую способность солнечной энергии, но прежде всего - низкий коэффициент теплопередачи(U);

✚ Также должна быть возможность теплопоступлений от использования солнечной энергии через прозрачные поверхности: это означает прежде всего необходимую ориентацию (юг для зимних месяцев идеален) и отсутствие препятствий дающих тень. 5. Высокоэффективная рекуперация тепла из вытяжного воздуха.

Потребление электрической энергии для вентиляции должно сохраняться в небольшом уровне(0.3-0.45 Вт общей мощности на требуемый 1 м³ воздушного объема в час). Устройство системы вентиляции в зданиях необходимо проектировать тщательно: целесообразной является система вентиляционных каналов, которые выполнены по возможности короткими, неразветвленными и малоизогнутыми.

II. Оптимизировать теплопоступления при пассивном использовании солнечной энергии.

1. Пассивный дом: воздушное отопление и использование энергии грунта.

Тепло для нагрева горячей воды можно вырабатывать из различных источников:

➤ Небольшие газовые конденсационные котлы, с обычной системой отвода отработанных газов;

➤ В будущем возможно использование каналов вытяжного воздуха системы вентиляции непосредственно для отвода этих отработанных газов;

➤ Небольшая низкотемпературная установка для производства тепла, работающая на жидком

топливе и не потребляющая для горения внутренний воздух из помещений;

➤ Печи, работающие на гранулах из прессованных древесных опилок, с автоматической загрузкой, регулируемой в зависимости от температуры внутри помещения здания.

Основные положения для системы отопления:

❖ Система отопления в пассивном доме должна быть простой и недорогой;

❖ Генераторы тепла должны быть рассчитаны в первую очередь на получение горячей воды.

❖ Возможны различные решения для регулирования маломощной системы отопления. Традиционное распределительное устройство для выработки тепловой энергии, которое в зависимости от температуры наружной среды, в сочетании с комнатным термостатом, хорошо функционирует в построенном пассивном доме.

❖ Альтернативой является регулирование центральной установки через головной температурный датчик, находящийся в центре дома.

2. Возрастающее значение горячего водоснабжения

Сеть горячего водоснабжения должна иметь короткие трубопроводы, что снижает как капитальные затраты, так и теплотери. Надежными считаются души с экономичным режимом, смесители с термостатами и ограничители расхода. 3. Эффективный нагрев хозяйственно-питьевой воды в пассивном доме имеется в распоряжении целый ряд альтернатив:

- Циркуляционный трубопровод является недорогим решением. Нагрев хозяйственно-питьевой воды осуществляется центрально, с помощью высокоэффективного конденсационного котла. Преимущество – центральный (солнечные коллекторы) подвод солнечной энергии.

- Гелиоустановки (солнечные коллекторы) высокая степень использования достигается, если емкостный водонагреватель рассчитывается на некоторую среднюю температуру и последующий нагрев осуществляется в проточном электронагревателе.

- Небольшие (компактные) котлы, использующие деревянные гранулы.

Генератором тепла является емкостный водонагреватель, отапливаемый напрямую. Топливо и воздух, необходимый для горения, подводятся в камеру сгорания, которая находится в центре емкостного нагревателя. Емкостный водонагреватель вместо топочной камеры мог бы также обеспечиваться теплом от проложенного в секционном доме внутреннего трубопровода с горячей водой, соединенного с отдельным источником тепла.

- Применение теплового насоса. Источником тепла может быть удаляемый воздух из теплообменника системы вентиляции типа воздух - воздух. Кроме этого, добавляется теплота конденсации водяного пара, содержащегося в удаляемом воздухе с тепловым потоком от 200 до 400 Вт. Применяя тепловой насос с этим источником тепла, можно получить от 500 до 1800 кВтч/год для нагрева горячей воды.

4. Холодная питьевая вода, сточные воды - важная тема для пассивного дома. Здесь также выгодно сохранять потери на минимальном уровне:

Водосберегающая арматура экономит не только дорогую питьевую воду, но и энергию. Дальнейший достижимый резерв эффективности состоит в следующем:

1) При использовании системы вентиляции можно достичь величины энергопотребления, равной 0,25 Втч/м³. Не требуется дополнительное потребление электрической энергии для измерений и насосов гелиоустановки.

2) Для мелкой бытовой техники можно резко сократить потери от работы в режиме ожидания (вместо значения от 3 до 15 Вт всего на 1 прибор).

3) Телевизоры и компьютеры можно эксплуатировать с использованием высокоэффективных плоских дисплеев и снабжать современным энергосберегающим регулированием для режима ожидания.

4) Использование вакуумных теплоизоляционных панелей в холодильниках с морозильными камерами позволяет достигнуть годового потребления электроэнергии менее 100 кВтч/год.

5) Стиральные и посудомоечные машины уже оснащены приборами со встроенными переключением подвода холодной и горячей воды. Можно регулировать температуру посредством смесительной камеры и измерительного датчика в блоках управления, установленных снаружи. Поэтому на протяжении всего процесса мойки можно не использовать внутренний электрический подогрев воды.

6) Для приготовления пищи может быть разработана индукционная плита, изолированная снизу вакуумной теплоизоляцией и с электронным регулированием варки.

Список литературы:

1. Вольфганг Файст. Основные положения по проектированию пассивных домов.- М.:Издательство Ассоциации строительных вузов.,2008,-144 стр.

2. Feist,Wolfgang(Hrsg): Stromsparen im PassivHaus; Protokollband Nr.7 desArbeitskreis kostengünstige Passivhauser,1.Auflage,Passivhaus Institut,Mai 1997.

АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ПРОЦЕССЕ ВУЛКАНИЗАЦИИ

Иванова Е.В.

Научный руководитель: Кузнецов Г.В., д.ф.-м.н., проф.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: zhenya1@tpu.ru

Вулканизация является одним из основных этапов процесса кабельного производства [1, 2, 3].

В результате вулканизации каучук теряет пластические свойства, становится эластичным и прочным и приобретает другие характерные для резины свойства. Вследствие большого разнообразия каучуков и протекания при вулканизации различных вторичных химических реакций термохимия этого процесса еще недостаточно хорошо изучена [1, 2].

Для выбора оптимальных технологических параметров необходимо моделирование теплового состояния изделия в процессе вулканизации [2]. Тепловой режим изделия должен быть таким, чтобы процесс вулканизации завершился по всей толщине изоляционного слоя. Т.к. все изоляционные материалы обладают низкими коэффициентами теплопроводности, то процесс прогрева до полного завершения вулканизации даже относительно тонких (несколько миллиметров) слоев продолжается достаточно большие промежутки времени (десятки минут). Кроме того интенсивность нагрева не должна быть слишком высокой, потому что если температура поверхности изоляционного слоя превышает температуру начала термического разложения материала, то начинается процесс деструкции изолятора. Кроме того, энергетическая эффективность рассматриваемого технологического процесса во многом зависит от точности прогностического моделирования нестационарных температурных полей изоляционных слоев в процессе их вулканизации. Но до настоящего времени эта задача не решена в постановке, учитывающей все основные значимые факторы.

Известен подход к анализу [4] изменения температуры реального изделия на модели бесконечной двухслойной пластины, путем аналитических расчетов нестационарных температурных полей такой пластины в процессе нагрева при вулканизации полимерного покрытия металла. Но авторы [4] не учитывали два значимых фактора этого процесса.

Для крупных изделий, нагреваемых в печах при температурах от 100 до 400 °С, вполне обоснованным является использование декартовых координат и методики [4]. Однако при моделировании процесса изготовления достаточно типичных кабельных изделий, диаметр которых не превышает 20 мм в поперечном сечении, целесообразным является вопрос об использовании цилиндрической системы координат для возможного увеличения достоверности прогноза. Кроме того, при высоких температурах в камерах вулканизации теплообмен

излучением может играть важную роль в формировании тепловых режимов изделий.

Целью данной работы является анализ с использованием методов численного моделирования масштабов изменения температурных полей изделий при учете их реальной конфигурации и теплообмена излучением.

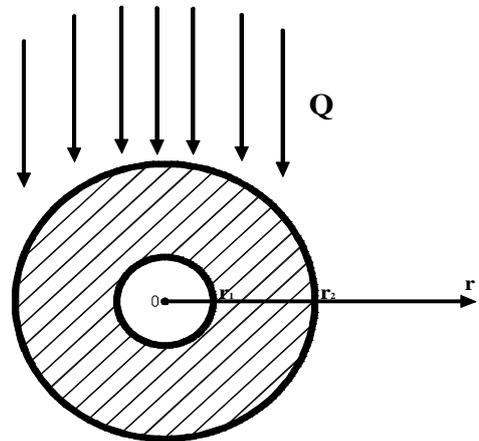
Область решения рассматриваемой задачи представлена на рисунке 1. Двухслойный кабель с начальной температурой T_0 нагревается при существенно более высокой температуре в печи T_B . В результате резиновый слой вулканизируется. Решение задачи осуществлялось в цилиндрической системе координат, начало которой совпадает с осью симметрии системы «металл – изолятор».

При постановке задачи принимается, что:

- кабель имеет правильную цилиндрическую форму и неограничен по длине;
- коэффициенты теплопроводности металла (меди) и резины не зависят от температуры;
- тепловой эффект вулканизации незначителен.

Рисунок 1. Область решения задачи

Математическая модель теплопроводности для кабельных изделий в процессе вулканизации в цилиндрической системе координат может быть



сформулирована в виде системы нестационарных уравнений теплопроводности для внутреннего цилиндра (металл) и внешнего (изоляция):

$$c_1 \cdot \rho_1 \cdot \frac{\partial T_1}{\partial t} = \lambda_1 \cdot \left(\frac{\partial^2 T_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial T_1}{\partial r} \right); \quad (1)$$

$$c_2 \cdot \rho_2 \cdot \frac{\partial T_2}{\partial t} = \lambda_2 \cdot \left(\frac{\partial^2 T_2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial T_2}{\partial r} \right). \quad (2)$$

Начальные условия ($t = 0$):

$$T_1(r, 0) = T_2(r, 0) = T_0;$$

где T_0 — начальная температура, r — радиальная координата.

Граничные условия:

$$r = 0; \quad \frac{\partial T_1}{\partial r} = 0; \quad (3)$$

$$r = r_1; \quad \lambda_1 \cdot \frac{\partial T_1}{\partial r} = \lambda_2 \cdot \frac{\partial T_2}{\partial r}, \quad T_1 = T_2; \quad (4)$$

$$r = r_2;$$

$$\lambda_2 \cdot \frac{\partial T_2}{\partial r} = \alpha \cdot (T_B - T_2) + \sigma \cdot \varepsilon_{np} \cdot (T_B^4 - T_2^4), \quad (5)$$

где c_1, c_2 — теплоемкость, соответственно, медной жилы и резиновой оболочки; ρ_1, ρ_2 — плотности жилы и оболочки и окружающего воздуха; λ_1, λ_2 — коэффициенты теплопроводности жилы и оболочки; α — коэффициент теплоотдачи с поверхности тела; σ — постоянная Больцмана; ε_{np} — приведенная степень черноты [5].

Система нелинейных дифференциальных уравнений теплопроводности для двухслойного цилиндра «медь – резина» (1) – (2) с нелинейными граничными условиями (3) – (5) на поверхности раздела решена методом конечных разностей [6]. Разностные аналоги исходных дифференциальных уравнений решены методом итераций с применением неявной четырехточечной разностной схемы. Численные исследования проведены с целью анализа масштабов влияния двух значимых факторов: формы изделия и излучения. На (рис. 2) приведены типичные распределения температуры по радиусу цилиндра для рассмотренных вариантов. При проведении численных расчетов использовались следующие значения параметров: $T_0 = 303$ К; $\rho_1 = 1200$ кг/м³; $\lambda_1 = 0,16$ Вт/(м·К); $c_1 = 1380$ Дж/(кг·К); $\rho_2 = 8700$ кг/м³; $\lambda_2 = 400$ Вт/(м·К); $c_2 = 385$ Дж/(кг·К); $T_B = 400$ К; $\alpha = 1$ Вт/м²·К.

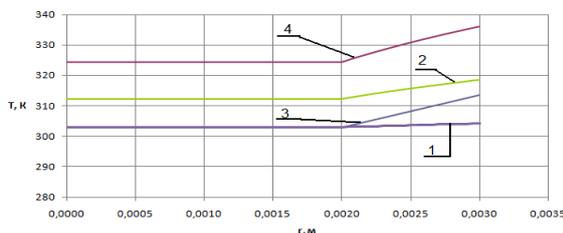


Рисунок 2. Распределение температуры в момент времени $t = 100$ с: 1 – в декартовой системе координат для бесконечной пластины (без учета излучения), 2 – в цилиндрической системе координат (без учета излучения), 3 – в декартовой системе координат для бесконечной пластины (с учетом

излучения), 4 – в цилиндрической системе координат (с учетом излучения)

Анализ результатов численного моделирования показывает, при учете излучения увеличение температуры нагреваемой поверхности двухслойных цилиндрических изделий до 335 К проходит за меньшее время, по сравнению с конвективным режимом нагрева. Разница температур через 100 секунд составляет около 20 К, что является существенным в процессе вулканизации для завершения полимеризации.

Распределения температуры для пластины и цилиндра значительно отличаются, как видно из рис. 2. Следовательно, необходимо учитывать форму изделия при оптимизации технологических параметров процесса вулканизации.

Полученные результаты позволяют сделать некоторые прогнозы по перспективам использования математического моделирования для определения параметров процесса вулканизации. Без предварительных численных расчетов практически невозможно выбрать оптимальные технологические режимы, обеспечивающие наименьшие энергетические затраты с одной стороны и требуемое время для полного завершения процесса полимеризации. Кроме того, выбор режима вулканизации ограничен маркой резины из-за различия в значениях предельных температур.

На основании результатов решения задачи теплопроводности для двухслойного цилиндра в условиях сложного теплообмена можно сделать вывод о целесообразности учета при моделировании процессов вулканизации типовых изделий кабельной промышленности реальной формы изделия и радиационного теплообмена.

Список литературы

1. Кошелев Ф.Ф., Корнев А.Е., Климов Н.С. Общая технология резины. – М.: Химия, 1968, 560 с.
2. Лукомская А.И., Баденков П.Ф., Кепперша Л.М. Тепловые основы вулканизации резиновых изделий. – М.: Химия, 1972, 359 с.
3. Шейн В.С., Шутилин Ю.Ф., Гриб А.П. Основные процессы резинового производства. – Л.: Химия, 1988, 159 с.
4. Аваев А.А., Осипов Ю.Р., Павлов В.В. Математическая модель нагрева двухслойной пластины в системе металл – эластомер в процессе термической вулканизации эластомера. // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2008. №7. С. 3-4
5. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967, 600 с.
6. Самарский А.А. Теория разностных схем. М.: Наука, 1983, 616 с.

ВЫБОР СХЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ГТУ В ТУРБОУСТАНОВКЕ НАСЫЩЕННОГО ПАРА

Кряжев А.В.

Научный руководитель: Антонова А.М., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: kryazhevav@mail.ru

Одним из возможных способов применения парогазовых технологий является использование тепла уходящих газов ГТУ для начального и промежуточного перегрева пара с последующим нагревом питательной воды в газовой подогревателе (ГВП).

Целью данной работы является сопоставление основных схем использования отработавших газов ГТУ в энергоблоках АЭС, температурных диапазонов их эффективной работы.

В циклах насыщенного пара начальные давление и температура однозначно связаны между собой и их выбор должен обеспечить допустимую влажность в последних ступенях турбины $удоп \leq 0,15$ для надежной и безопасной ее работы.

Технология водоохлаждаемых ядерных реакторов ограничивает максимальную температуру рабочего тела паротурбинной установки на уровне 274-296° С. Для инновационных ВВЭР этот диапазон составляет 307-317° С. Это в свою очередь ограничивает максимально возможный КПД установки на уровне $\eta_0 = 32-33\%$. Газотурбинные установки при начальной температуре на входе в газовую турбину 1100-1400° С имеют КПД около 40 %, и температура газов на выхлопе составляет 500-600° С [1].

Основной проблемой на пути развития парогазовых технологий является обеспечение допустимо низкой температуры уходящих газов за котлом-утилизатором (КУ) $t_{ух}$. С ее понижением существенно улучшаются энергетические характеристики ПГУ, но значительно увеличивается суммарная поверхность нагрева ГВП либо КУ [2]. Обычно добиваются следующих значений:

- 80-100° С при сжигании природного газа;
- 120-125° С при сжигании жидкого топлива.

В данной работе проведен расчет двух возможных схем ПГУ АЭС – параллельной и последовательной (рис. 1 и 2).

Расчет выполнялся при постоянной электрической мощности ПТУ $N_{ПГУ} = 1000$ МВт.

При расчете тепловых схем приняты следующие величины:

- давление свежего пара перед турбиной $p_0 = 5,88$ МПа;
- разделительное давление $p_{РАЗД} = 0,85$ МПа.
- давление отработавшего пара $p_K = 4$ кПа.

В качестве основного влияющего параметра выступает температура свежего пара перед турбиной $t_0 = 300...550$ ° С.

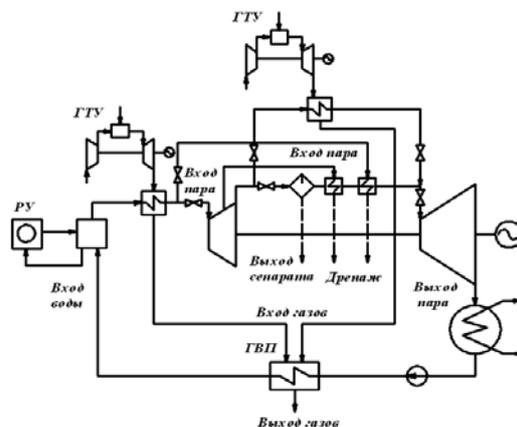


Рис. 1. Параллельная тепловая схема использования теплоты отработавших газов в тракте ПГУ АЭС

Допущения, принятые в расчетах:

- отсутствие в тепловой схеме регенеративных подогревателей и деаэратора;
- постоянство температуры уходящих газов $t_{ух} = 80$ ° С;
- постоянство внутренних относительных КПД цилиндров – $\eta_{oiЦВД} = 85\%$, $\eta_{oiЦВД} = 87\%$.

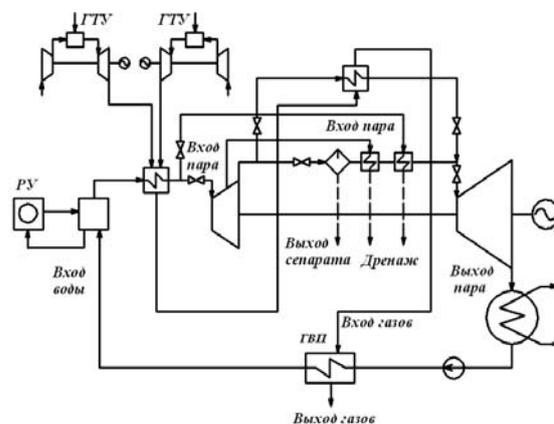


Рис. 2. Последовательная тепловая схема использования теплоты отработавших газов в ПГУ АЭС

Исследования проводились с учетом ограничения по предельной влажности, обеспечивающей достаточную устойчивость материала лопаток последних ступеней турбины. Ее значение поддерживалось постоянным и равным $у_K = 0,13$.

Для оценки доли ГТУ и ПТУ в энергоэффективности ПГУ применяется понятие степени бинарности цикла [1]. Ее числовое значение находится в диапазоне $0 \leq \sigma \leq 1$. Степень бинарности цикла определяется как отношения теплоты, подведенной в камеру сгорания к общему количеству теплоты, подведенной к парогазовой установке:

$$\sigma = \frac{Q_{KC}}{(Q_{KC} + Q_{PY})}, \quad (1)$$

где $Q_{КС}$ – тепло, подведенное в камере сгорания;
 $Q_{РГУ}$ – тепло, подведенное в реакторной установке.

Абсолютный электрический КПД ПГУ АЭС определится по выражению:

$$\eta_{\Sigma}^{ПГУ} = \eta_{\Sigma}^{ПГУ} \cdot (1 - \sigma \cdot \eta_{\Sigma}^{ГТУ}) + \sigma \cdot \eta_{\Sigma}^{ГТУ} \quad (2)$$

По результатам расчетного анализа можно сделать следующие заключения. В последовательной схеме ПГУ АЭС определяющей ступенью является перегрев свежего пара до заданной температуры. Дальнейшие процессы охлаждения газов обусловлены расходом газов, необходимым для начального перегрева пара. Однако существуют ограничения и по термодинамическим параметрам. Так, при оптимальном разделительном давлении $p_{РАЗД} = 0,8 \dots 1$ МПа нельзя обеспечить начальный перегрев пара более чем 500°C , т.к. остаточной теплоты газов будет недостаточно для повышения температуры пара от $t_{РАЗД}$ до $t_{ПП}$ по условиям минимальных температурных напоров на холодном и горячем конце газопаровых перегревателей.

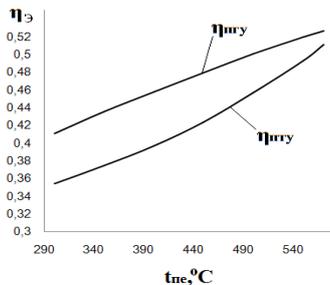


Рис. 3. Зависимость КПД ПГУ и ПТУ при параллельной тепловой схеме ПГУ АЭС

В результате работы определены следующие диапазоны начальных температур:

- последовательная схема ПГУ АЭС – $300 \dots 500^{\circ}\text{C}$;
- параллельная схема ПГУ АЭС – $300 \dots 570^{\circ}\text{C}$.

Как показывают расчеты, наибольшей эффективностью обладает параллельная схема с начальным и промежуточным перегревом пара с последующим нагревом питательной воды за счет выхлопных газов.

Преимущества параллельной схемы ПГУ АЭС в сравнении с последовательной:

- повышенный электрический КПД ПГУ $\eta_{ПГУ}$;
- возможность независимого выбора температур начального t_0 и промежуточного $t_{ПП}$ перегрева пара, расширенный диапазон $t_{ПП}$;
- возможность автономной работы каждой ГТУ по отношению друг к другу, обеспечивающая наибольшую маневренность ПГУ в целом;
- большой возможный диапазон начальных температур t_0 .

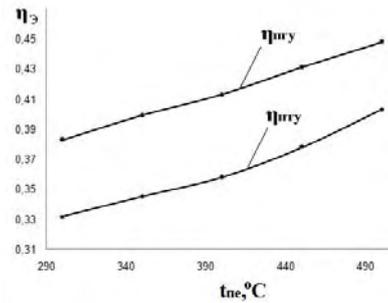


Рис. 4. Зависимость КПД ПГУ и ПТУ при последовательной тепловой схеме ПГУ АЭС

Совместная работа оборудования АЭС и ГТУ позволяет сократить на 25 % потребление топлива при обеспечении такой же выработки электроэнергии в энергосистеме.

В настоящее время реализация совместной работы АЭС и ГТУ может быть обеспечена на основе оборудования, разрабатываемого отечественным машиностроением.

При надстройке паротурбинного энергоблока конкретной ГТУ вносятся минимальные изменения в технологическую схему модернизируемого блока, и, как правило, сохраняется возможность автономной работы паротурбинной части при останове ГТУ.

Такие парогазовые установки АЭС могут служить источниками надежного аварийного снабжения собственных нужд в связи с высокой маневренностью [2]. Кроме того, мощностная энергетическая характеристика ГТУ позволяет в наиболее холодные периоды увеличивать выработку энергии на 20 – 30%. Это особенно важно для осенне-зимних пиков потребления электрической и тепловой энергии.

В заключение необходимо подчеркнуть, экономическая целесообразность исследуемых установок должна определяться технико-экономическими расчетами.

Литература:

1. АЭС с ВВЭР: режимы, характеристики, эффективность // Р.З. Аминов, В.А. Хрусталева, А.С. Духовенский, А.И. Осадчий.- М.: Энергоатомиздат, 1990.- 264 с.
2. Болдырев В.М., Келин Г.Е., Феоктистова Л.Ф. Применение совместной работы оборудования АЭС и ГТУ для покрытия переменной части графика нагрузки энергосистемы // Атомные электрические станции.- 1981.- № 4. С. 33-36.
3. Трухний А.Д., Баринберг Г.Д., Русецкий Ю.А. Исследование целесообразности использования уходящих газов газотурбинной установки для нагрева питательной воды в паротурбинной установке с турбиной Т-110/120-12,8 // Теплоэнергетика.- 2006.- № 2. С. 16-20.

ОЦЕНКА ГРАНИЦ ПРИМЕНИМОСТИ ГАЗОВОГО ПЕРЕГРЕВА ПАРА В ПТУ АЭС С ВОДООХЛАЖДАЕМЫМИ РЕАКТОРАМИ

Кряжев А.В.

Научный руководитель: Антонова А.М., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: kryazhevav@mail.ru

В данной работе задача исследования ПТУ рассматривается с позиций системного подхода, позволяющего осуществить переход от большого числа оптимизируемых параметров к малому. Как правило, за критерий оптимальности на первом шаге оптимизации принимается абсолютный электрический $\eta_{\text{э}}$ или абсолютный внутренний η_i КПД паротурбинной установки (ПТУ).

Целью работы является определение целесообразности введения газового начального и промежуточного перегрева пара в ПТУ АЭС с водоохлаждаемыми реакторами, а также диапазонов работы по температуре и давлению.

На АЭС с такими реакторами применяются турбины насыщенного пара. При отсутствии начального перегрева пара допустимая конечная степень сухости обеспечивается внешней сепарацией и промежуточным перегревом пара (СПП). Применение СПП приводит к повышению КПД установки на $\Delta\eta/\eta_i = 3,5 \div 5\%$. Но при этом сопротивление в тракте промежуточного перегрева составляет $5 \div 10\%$ давления пара после ЦВД (1 % потери давления перегреваемого пара уменьшает КПД установки на 0,05%). Сепараторы-пароперегреватели имеют весьма немалые габариты, и к ним предъявляются серьезные требования для обеспечения надежной работы: существует проблема защиты турбины от ее разгона паром, аккумулированным в СПП [2].

В работе проведено аналитическое исследование η_i ПТУ без промежуточного перегрева с учетом изменения конечной степени сухости пара, как определяющего фактора безопасной работы последних ступеней паровой турбины. Расчет проводился при давлении отработавшего пара $p_k = 4$ кПа.

В качестве основных влияющих параметров и диапазонов их изменения приняты:

- давление свежего пара перед турбиной $p_0 = 5 \dots 22$ МПа;
- температура свежего пара перед турбиной $t_0 = 300 \dots 640^\circ\text{C}$.

Допущения, принятые в расчетах:

- отсутствие системы регенеративного подогрева питательной воды;
- постоянство значения внутреннего относительного КПД турбины $\eta_{oi} = 0,87$.

Результаты расчетов для ПТУ перегретого пара без промежуточного перегрева представлены на рис.1 и 2. Из приведенных зависимостей можно наблюдать – установка надежно и эффективно работает в диапазоне $450^\circ\text{C} < t_0 < 640^\circ\text{C}$ в зоне низких и средних давлений $5 \text{ МПа} < p_0 < 16 \text{ МПа}$.

Максимальный абсолютный внутренний КПД изменяется при росте температуры от 30,5 до 39% соответственно.

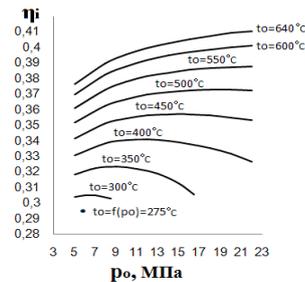


Рис. 1. Зависимость абсолютного внутреннего КПД ПТУ без промежуточного перегрева пара от начального давления в диапазоне температур 300...640°С

Влияние начального давления на абсолютный внутренний КПД цикла весьма неоднозначно.

Как видно из приведенных кривых, при увеличении начальной температуры пара перед турбиной t_0 (при прочих равных условиях) КПД непрерывно возрастает. Это обусловлено ростом среднего температурного уровня подвода тепла в цикле.

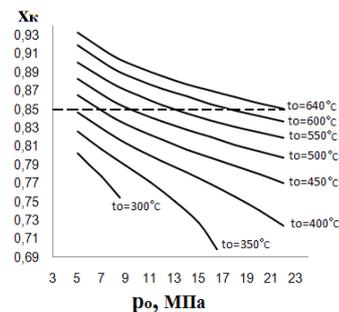


Рис. 2. Зависимость конечной степени сухости пара в ПТУ без промежуточного перегрева пара от начального давления в диапазоне температур 300...640°С

При работе на перегретом паре желательно повышать начальную температуру t_0 . Однако допустимое значение t_0 зависит от свойств металлов теплопередающих поверхностей оборудования. Для сталей перлитного класса наивысшая температура t_0 , которая может быть достигнута без появления разрушений в условиях длительной эксплуатации, равна $\sim 540^\circ\text{C}$, для сталей аустенитного класса – $600-650^\circ\text{C}$ [2]. Переход от перлитного к аустенитному классу стали ведет к росту стоимости металла в 4 раза.

Некоторый резерв по η_{oi} обусловлено тем, что в расчетах не было учтено влияние степени сухости на КПД турбины. Повышение начальной тем-

пературы приводит к уменьшению влажности пара на выходе из турбины. Вследствие этого уменьшаются потери от влажности в турбине, и улучшаются условия работы лопаток.

Допустимое значение степени сухости $x_{доп}$ на выходе из турбины должно быть не ниже 85-86% ($x_{доп} \leq x_k$) [1]. Данное значение показано пунктиром на рис. 2.

Если рассматривать варианты ПТУ с промежуточным перегревом пара, то более предпочтительным по сравнению ПТУ с СПП выглядит вариант ПТУ с промежуточным газопаровым перегревом пара (ГПП), изображенным на рис. 3.

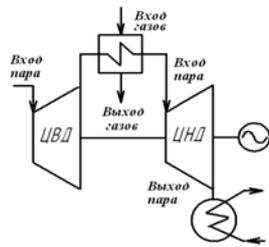


Рис. 3. Схема промежуточного газопарового перегрева пара

Проведен аналитический расчет η_i ПТУ с газовым промежуточным перегревом с учетом изменения конечной степени сухости пара в том же диапазоне параметров. Необходимо отметить, что разделительное давление $p_{РАЗД}$ оказывает существенное влияние на эффективность работы ПТУ. Диапазон разделительного давления 0,8...1,6 МПа. Температура пара после промежуточного перегрева обычно принимается равной или близкой к температуре свежего пара $t_0 \approx t_{ПП}$.

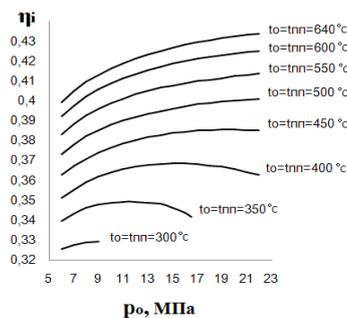


Рис. 4. Зависимость абсолютного внутреннего КПД ПТУ с промежуточным газовым перегревом пара от начального давления в диапазоне температур 300...640°С

Результаты расчетов (рис. 4, 5 и 6) показали, что применение газового промежуточного перегрева пара позволяет повысить КПД на $\Delta\eta/\eta_i = 5,5 \div 8\%$. Как видно из приведенной зависимости (рис. 6), даже в диапазоне низких начальных температур 300...350°С достигается допустимая степень сухости. Еще одно важное преимущество газового промежуточного перегрева в том, что он позволяет избежать жесткой зависимости p_0 от t_0 по условию соблюдения допустимой степени сухости.

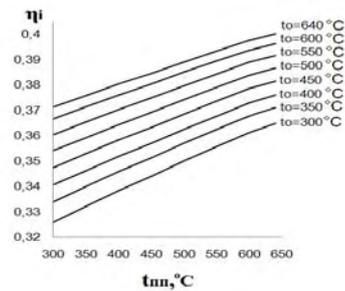


Рис. 5. Зависимость абсолютного внутреннего КПД ПТУ с промежуточным газовым перегревом пара от температуры промежуточного перегрева в диапазоне начальных температур 300...640°С при $p_{РАЗД}=1$ МПа

Приведенные данные свидетельствуют:

- достаточно высокий КПД может быть достигнут в простой ПТУ перегретого пара при высокой начальной температуре и умеренных значениях p_0 ;
- газовый промежуточный перегрев пара – более эффективный метод промежуточного перегрева пара, чем внешняя сепарация и паропаровой перегрев.

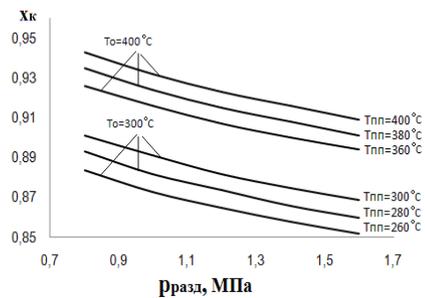


Рис. 6. Зависимость конечной степени сухости пара в ПТУ с промежуточным газовым перегревом пара от разделительного давления в диапазоне температур 300...400°С при $p_0=5,88$ МПа

Анализируя полученные зависимости, можно сделать вывод о том, что диапазон начальной температуры в циклах с ГПП $300^\circ\text{C} < t_0 < 640^\circ\text{C}$, диапазон начальных давлений $5\text{ МПа} < p_0 < 22\text{ МПа}$. Дальнейшее повышение начального давления не приводит к росту КПД. При этом максимальный внутренний КПД будет изменяться при росте температуры от 33 до 41,5 %.

В заключение необходимо подчеркнуть, что в настоящее время уровень технического оснащения и эксплуатации тепловых и атомных станций достаточно высок для осуществления модернизации оборудования с применением газового промежуточного перегрева пара.

Литература:

1. Тепловые и атомные электрические станции. Справочник. // В.А. Григорьев, В.М. Зорин.- 2-е изд., перераб.- М.: Энергоатомиздат, 1989.- 608 с.
2. Тепловые и атомные электростанции. // Стерман Л.С., Тевлин С.А., Шарков А.Т.- 2-е изд., испр. и доп.- М.: Энергоиздат, 1982.- 456 с.

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ХЛАДАГЕНТА R-134А В ПАРОВОЙ ФАЗЕ

Куйбина Е. П.

Научный руководитель: Станкус С. В., д-р физ.-мат. наук
 Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН, Россия, 630090
 г. Новосибирск, просп. Академика Лаврентьева, 1
 E-mail: kuybinaep@rambler.ru

Хладагент R-134a (тетрафторэтан - CH_2F_4) является озонобезопасным рабочим веществом. Несмотря на сравнительно высокий потенциал глобального потепления R-134a в настоящее время является широко распространенным заменителем озоноразрушающему хладагенту R-12 в различных областях кондиционирования, холодильной и теплонасосной техники.

Измерения теплопроводности тетрафторэтана были выполнены в достаточно большом количестве работ [1-4], однако при попытке разработать единое уравнение для вычисления теплопроводности хладагента в жидком и газовом состояниях [5-6], было установлено, что существующие результаты плохо согласуются между собой и обладают заметными систематическими погрешностями. Целью представляемой работы являлось проведение новых экспериментальных исследований теплопроводности пара R-134a с целью уточнения имеющихся данных и определения температурной зависимости теплопроводности при давлении 1 бар (λ_0).

Измерения теплопроводности хладагента R-134a в паровой фазе проводились в интервале температур 308...425 К и давлений 0,1...2,2 МПа. Эксперименты выполнены стационарным методом коаксиальных цилиндров [1]. Погрешность экспериментальных данных по теплопроводности составляла 1,5-2,5 % (погрешность измерения температуры – 0,05 К, давления не более 4 кПа).

Результаты измерений приведены на рис. 1. Экспериментальные данные аппроксимировались простой эмпирической зависимостью от давления и температуры:

$$\lambda(T, p) = a_0 + a_{10} \frac{T}{100} + a_{20} \frac{100}{T} + p(a_{11} \frac{T}{100} + a_{21} \frac{100}{T}) + p^2 (a_{12} \frac{T}{100} + a_{22} \frac{100}{T}), \quad (1)$$

где T – в К, p – в бар, λ - в мВт/(м·К). Среднеквадратичное отклонение экспериментальных данных от (1) не превышает 0,4 %.

По результатам экспериментов определена теплопроводность R-134a в газовой фазе при давлении 1 бар. Значения λ_0 были получены аппроксимацией каждой изотермы полиномом второй степени и экстраполяцией полученных уравнений к 1 бар. Температурная зависимость λ_0 в исследуе-

мом интервале незначительно отклоняется от линейной:

$$\lambda_0 = -8.197 + 0.061 \cdot T + 2.741 \cdot 10^{-5} \cdot T^2, \quad (2)$$

где T – в К, λ_0 - в мВт/(м·К).

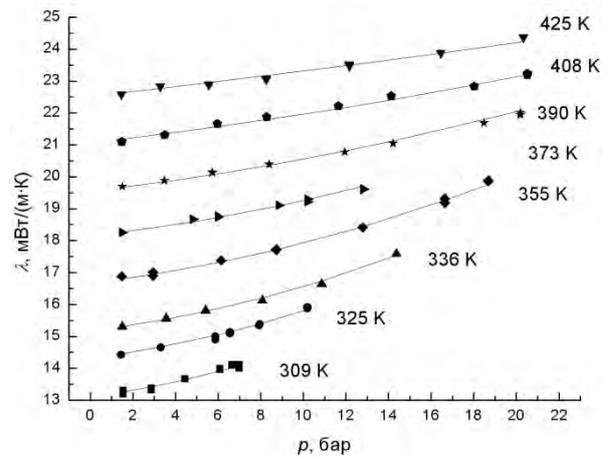


Рис. 1. Изотермы теплопроводности пара R-134a. Точки – экспериментальные данные, линии – аппроксимация по уравнению (1).

На рис. 2 представлены значения теплопроводности R-134a в газовой фазе при давлении 1 бар (символы) и результаты их аппроксимации уравнением (2). Расхождения между экспериментальными и сглаженными значениями не превышают 0,3 % при среднеквадратичном отклонении 0,2 %.

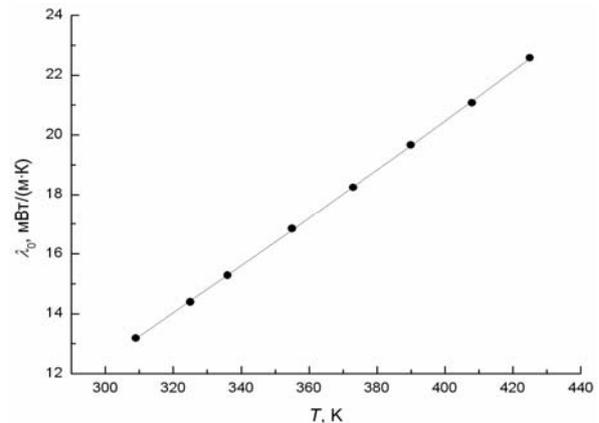


Рис. 2. Температурная зависимость теплопроводности R-134a в газовой фазе при давлении 1 бар. Точки – экспериментальные данные, линия – уравнение (2).

На рис. 3 представлено сравнение литературных данных по λ_0 с результатами настоящей работы.

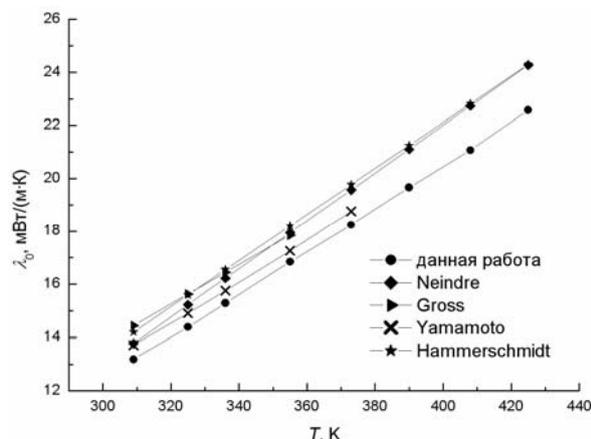


Рис. 3. Сопоставление данных по температурной зависимости теплопроводности R-134a в газовой фазе при давлении 1 бар.

Видно, что, за исключением [1] и [4], наши измерения выполнены в наиболее широком интервале температур. Температурные производные $d\lambda_0(T)/dT$, полученные во всех работах, очень хорошо согласуются между собой, однако расхождения абсолютных значений λ_0 , которые достигают 8-9 % (рис. 4), существенно больше оцениваемых погрешностей (1-3 %). В пересекающемся температурном интервале наши данные совпадают с результатами [3] в пределах суммарных погрешностей измерений. Известно, что радиационный и конвективный перенос увеличивают эффективную теплопроводность веществ в газовой фазе. Следует обратить внимание, что данные [1-4] лежат выше результатов наших измерений. Это дает основание предполагать, что более высокие значения λ_0 в [1-4] могут быть связаны с некорректным учетом

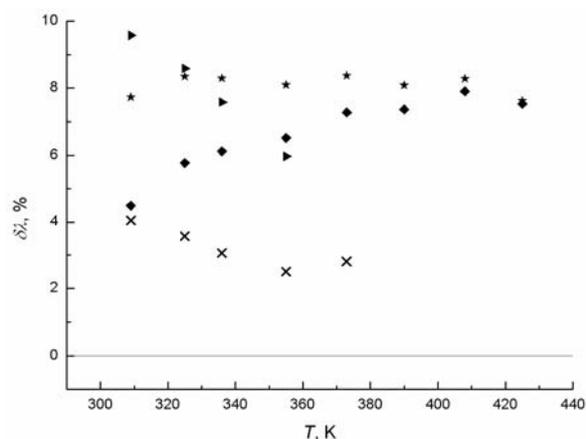


Рис. 4. Относительные отклонения литератур-

ных данных по λ_0 от рассчитанных по уравнению (2). Обозначения идентичны рис. 3.

дополнительных вкладов в измеряемую теплопроводность паров R-134a.

Таким образом, в результате проведенных экспериментальных исследований получены новые данные по теплопроводности пара R-134a в широком интервале параметров состояния. Проведена обработка результатов измерений и определены аппроксимационные зависимости теплопроводности во всем интервале измерений и при давлении в 1 бар. Значения λ_0 сопоставлены с имеющимися литературными данными.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ: Теплофизические свойства рабочих тел экологически безопасной холодильной и теплонасосной техники (№ 07-08-00295).

Список литературы

1. Le Neindre B., Garrabos Y. Measurements of the Thermal Conductivity of HFC-134a in the Temperature Range from 300 to 530 K and at Pressures up to 50 MPa // International Journal of Thermophysics. – 1999. - Vol. 20, No. 5. - P. 1379-1401.
2. Gross U., Song Y.W., Hahne E. Thermal Conductivity of New Refrigerants R134a, R152a, and R123 Measured by the transient Hot-wire Method // International Journal of Thermophysics. – 1992. - Vol. 13, No. 6. – P. 957-983.
3. Yamamoto R., Matsuo S., Tanaka Y. Thermal Conductivity of Halogenated Ethanes HFC-134a, HFC-123, and HCFC-141b // International Journal of Thermophysics. – 1993. - Vol.14, No. 1. – P. 79-90.
4. Hammerschmidt U. Thermal Conductivity of a Wide Range of Alternative Refrigerants Measured with an Improved Guarded Hot-Plate Apparatus // International Journal of Thermophysics. – 1995. - Vol.16, No. 5. – P. 1203-1211.
5. Krauss R., Luettmer-Strathmann J. Transport Properties of 1,1,1,2-Tetrafluoroethane (R134a) // International Journal of Thermophysics. – 1993. - Vol.14, No. 4. - P. 951-988.
6. Yata J., Ueda Y. and Hori M. Equations for the Thermal Conductivity of R-32, R-125, R-134a, and R-143a // International Journal of Thermophysics. – 2005. - Vol. 26, No. 5. - P. 1423 – 1435.
7. Верба О. И., Груздев В. А. Теплопроводность гексафторпропана HFC 227ea // Теплофизика и аэромеханика. – 2002. – Т.9, № 3. – С. 467 – 476.

К ВОПРОСУ ЗАМЕНЫ ТУРБОПРИВОДА ПИТАТЕЛЬНЫХ НАСОСОВ ЭНЕРГОБЛОКОВ ГАЗОТУРБИНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Манчин А.А., Галашов Н.Н.

Научный руководитель: Галашов Н.Н., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: gal@tpu.ru

В настоящее время для привода питательных насосов энергоблоков сверхкритических параметров применяется паровой турбопривод [1].

Паровой турбопривод для привода питательных насосов по сравнению с электроприводом имеет следующие достоинства.

1. На 2,5–3% увеличивается отпуск электроэнергии от блока за счет сокращения затрат электроэнергии на привод питательных электронасосов.

2. Турбопривод позволяет производить регулирование параметров питательного насоса путем изменения числа оборотов, что существенно сокращает затраты мощности на привод питательного насоса.

3. Турбопривод может быть выполнен на повышенное число оборотов, что позволяет уменьшит габариты как самого турбопривода так и питательного насоса. В результате у питательного насоса увеличивается КПД и уменьшаются капитальные затраты.

4. Регулирование питательного насоса переменным числом оборотов позволяет применить на энергоблоке регулирование мощности с помощью скользящего давления, что повышает КПД блока на частичных нагрузках.

5. Работа блока на скользящих параметрах позволяет повысить надежность и увеличить ресурс работы турбины, котла и подогревателей высокого давления.

6. Турбопривод может быть выполнен на любую мощность, что позволяет вместо двух или трех питательных электронасосов устанавливать один турбонасос на энергоблок.

7. Паровой турбопривод может быть встроен в основной цикл энергоблока и не требует дополнительного рабочего тела. При этом можно сжигать любой вид топлива.

В качестве недостатков парового турбопривода можно выделить следующие:

1. Усложнение тепловой схемы энергоблока. Необходимы дополнительные трубопроводы; запорная, регулирующая и защитная арматура; дополнительная конденсационная установка со всеми системами.

2. Влияние режимов работы энергетической турбины на работу приводной турбины, что при сниженных нагрузках требует переключений питания приводной турбины с одних отборов на другие или на посторонний источник пара.

3. Более низкая маневренность по сравнению с электроприводом. Сложный и длительный пуск.

Существенные затраты энергии в пуско-остановочных режимах и при нахождении в аварийном резерве.

4. Недовыработка мощности на энергетической турбине из-за пропуска части пара через приводную турбину.

5. Более сложная эксплуатация и более высокие эксплуатационные расходы, чем при электроприводе.

6. Невысокий эффективный КПД (до 30–40%), особенно при малой мощности. Поэтому их целесообразно применять только для привода механизмов большой мощности.

В настоящее время паровые турбины кроме привода питательных насосов применяются также для привода воздухоподогревателей на энергоблоках К-500-24 и К-800-24 с газоплотными котлами [2].

Устранить перечисленные недостатки парового турбопривода можно применением поршневых или газотурбинных двигателей [3].

В качестве достоинств поршневых двигателей следует отметить: высокий эффективный КПД; слабую зависимость КПД от нагрузки и температуры наружного воздуха; широкий спектр агрегатов по единичной мощности; короткое время пуска (5–10 минут).

К недостаткам необходимо отнести: возможность аварийного останова при резких колебаниях нагрузки; дорогое обслуживание (использование смазочных масел и охлаждающих жидкостей); необходимость останова для смены масла через 500–1000 часов работы; высокий уровень низкочастотного шума и вибрации, что требует установки шумогасителей и виброгасящих платформ.

Уходящие газы имеют температуру на уровне 400 °С, что позволяет использовать их для теплофикации, также для этого можно использовать теплоту охлаждающей жидкости, при этом КИТ может достигать 85%. Количественное соотношение отпускаемой тепловой энергии к механической у поршневых двигателей составляет от 1:2 до 1:1, что ниже чем у турбин.

Из-за перечисленных недостатков применять поршневые двигатели для привода питательных насосов энергоблока не целесообразно, но для менее ответственных механизмов они могут быть использованы.

Для привода питательных насосов более подходят газотурбинные двигатели, которые уже нашли широкое применение в качестве привода электрических генераторов на ТЭС; для привода компрессоров газоперекачивающих станций, а

также в качестве привода в авиации, в автомобиле– и судостроении.

К достоинствам газотурбинных двигателей относятся: высокая маневренность; низкие эксплуатационные расходы; возможность работы на газовом и жидком топливе; надежная работа в резкопеременных режимах; короткое время пуска (2–5 мин.); низкая вибрация и эмиссия вредных веществ в атмосферу; не требуют охлаждающей воды.

В качестве недостатков необходимо отметить высокое давление сжигаемого газа, что требует установки дожимных компрессоров; зависимость КПД от нагрузки и температуры наружного воздуха; значительный уровень высокочастотного шума, что требует установки дополнительных элементов для защиты от шума; существенные габариты газовойдыных теплообменников и газоотводящих трактов, что усложняет компоновку оборудования в главном корпусе станции.

Температура уходящих из турбины газов составляет 500–550 °С, что позволяет использовать их теплоту в цикле паротурбинной установки и для теплофикации. Соотношение отводимой тепловой энергии к механической у газовых турбин составляет от 2,5:1 до 2:1.

Современные газовые турбины имеют эффективный КПД до 45%, а при использовании теплоты уходящих газов их КИТ достигает 80%.

Газотурбинное оборудование производится на ряде отечественных авиационных заводов. Стоимость 1 кВт установленной эффективной мощности составляет 200–500 USD.

В последнее время, в связи с большим спросом на рынке, идет быстрое совершенствование газовых турбин. За последнее десятилетие их КПД вырос почти на 10%, а стоимость упала примерно вдвое.

Замена парового турбопривода питательных насосов газотурбинным приводом позволяет увеличить отпуск электроэнергии; упростить тепловую схему и повысить маневренность энергоблока.

Теплота уходящих газов турбины может быть использована для подогрева питательной воды перед котлом, что повысит КПД энергоблока.

Уходящие газы турбопривода имеют высокий коэффициент избытка воздуха и могут быть использованы в паровом котле для сжигания топлива. При этом существенно могут быть разгружены дутьевые вентиляторы и сокращен расход электроэнергии на тягу и дутье, что также увеличивает отпуск электроэнергии от энергоблока.

Снижение расхода воздуха через воздухоподогреватели приведет к росту температуры ухо-

дящих из котла газов и снижению КПД котла, поэтому для снижения температуры уходящих газов и сохранения КПД котла необходимо увеличить поверхность нагрева водяных экономайзеров. Это позволит увеличить температуру питательной воды и повысить КПД энергоблока.

Таким образом, при замене паротурбинного привода питательных насосов газотурбинным имеется ряд факторов, увеличивающих отпуск электроэнергии и КПД энергоблока, но при этом необходимо сжигать дополнительное топливо для работы газотурбинного двигателя, а также произвести капитальные затраты в реконструкцию ряда систем энергоблока. Окончательную оценку эффективности замены электропривода или паротурбинного привода питательных насосов газотурбинным двигателем необходимо производить на основе технико-экономического анализа.

Выводы:

1. Паротурбинный привод питательных насосов энергоблоков, имея много преимуществ перед электроприводом, из-за низкой экономичности при малой мощности применяется только на мощных блоках сверхкритического давления.

2. Газопоршневые двигатели из-за низкой надежности работы в резкопеременных режимах и из-за необходимости останова для смены масла и охлаждающей жидкости не годятся для привода питательных насосов энергоблоков.

3. Большие перспективы для привода питательных насосов энергоблоков имеют газотурбинные двигатели. По надежности, маневренности, капитальным и эксплуатационным затратам они превосходят паровые турбины. Их эффективный КПД достиг, а при малых единичных мощностях превышает эффективный КПД паровых турбин. При использовании отводимой теплоты их КИТ достигает до 85%.

Литература:

1. Гельтман А.Е., Будняцкий Д.М., Апатовский Л.Е. Блочные конденсационные электростанции большой мощности. – М.-Л.: Энергия, 1964. – 404 с.
2. Тепловые и атомные электростанции: справочник / Под ред. А. В. Клименко; В. М. Зорина. – 3-е изд., пераб. и доп. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. – 648 с.
3. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций / Под ред. С.В. Цанева. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – 584.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОБМЕНА В ОХЛАДИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ ТЭС

Мустафин Р.Р.

Научный руководитель: Цирельман Н.М., д.т.н., профессор
Уфимский государственный авиационный технический университет, 450000, Россия, г. Уфа,
ул. К. Маркса 12
e-mail: renatko@mail.ru

Исследован процесс тепломассопереноса капля воды, впрыснутых в поток перегретого пара в редуционно-охладительной установке (РОУ) тепловых электрических станций. Применение РОУ необходимо для растопки котла, резервирования производственных отборов турбин, отпуска пара в промышленные отборы, на собственные нужды электростанции и при отсутствии других источников пара требуемых параметров. При этом представляет интерес установление длины испарительного участка, времени испарения и изменения параметров пароводяного дисперсоида.

Математическая модель основывается на следующих допущениях [1]:

- 1) частицы жидкости играют роль источников или стоков тепла, вещества и количества движения;
- 2) все процессы рассматриваются как квазистационарные, кроме процесса теплопроводности в капле, и используются стационарные уравнения газодинамики и движения каплей;
- 3) стенки канала адиабатны и отсутствуют потери энергии как на трение, так и при смешении пара с присоединенной массой;
- 4) нагрев и испарение каплей считается равномерным по поверхности, т.е. реактивная сила отходящей массы отсутствует.

Математическая модель процессов тепломассообмена в РОУ с учетом принятых допущений основывается на совместном рассмотрении уравнений воздействий

$$dw_{\Pi} = \frac{w_{\Pi}}{M^2 - 1} \left(\frac{df}{f} - \frac{dm_{\Pi}}{m_{\Pi}} - \frac{k-1}{a^2} \sum_{i=1}^{n_K} dQ_i \right),$$

$$dT_{\Pi} = \frac{T_{\Pi}}{M^2 - 1} \left[\frac{(k-1)(kM^2 - 1)}{a^2} \sum_{i=1}^{n_K} dQ_i + X \right],$$

$$dp_{\Pi} = \frac{p_{\Pi}}{M^2 - 1} \left[\frac{k(k-1)}{a^2} M^2 \sum_{i=1}^{n_K} dQ_i + Y \right],$$

$$dM = M \left[\frac{dw_{\Pi}}{w_{\Pi}} - \frac{dT_{\Pi}}{T_{\Pi}} \right],$$

к которым присоединяется уравнение движения капли под действием аэродинамической силы [2]

$$6\pi\mu s(\tau)(w_{\Pi} - w_K) = \frac{4}{3}\pi s(\tau)^3 \rho \frac{dw_K}{dt},$$

где $X = (k-1)M^2 \frac{dm_{\Pi}}{m_{\Pi}} - (k-1)M^2 \frac{df}{f}$;

$$Y = kM^2 \frac{dm_{\Pi}}{m_{\Pi}} - kM^2 \frac{df}{f}.$$

Отметим, что такой подход к исследуемой проблеме описан применительно к другим задачам в методе Шапиро-Хоторна [3]. Не будем пренебрегать затенением поперечного сечения потока каплями жидкости, т.е. учтем геометрическое воздействие, возникающее вследствие того, что капли жидкости занимают часть поперечного сечения канала. При испарении капля жидкости изменяется и площадь поперечного сечения для прохода пара в канале постоянного поперечного сечения. Для этого введем понятие степени затененности площади поперечного сечения канала, как отношение суммы площадей поперечного сечения каплей к площади поперечного сечения канала в котором эти капли находятся, т.е.

$$\bar{f}_{\text{зат}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_K} f_i}{f_{\text{кан}}} \Bigg|_{x=0}.$$

В принятой схеме проведения расчетов выбран шаг по пространству Δx и при известных параметрах образующегося пара и жидкости производилось определение параметров среды на основе уравнений воздействий.

Численное исследование процесса основывалось на детальном рассмотрении тепломассообмена каплей с потоком пара. Для упрощения алгоритма предполагалось, что размер каплей, впрыснутых в поток пара, одинаков.

Количество теплоты, отведенной от пара к i -й капле, подсчитывалось как

$$\Delta Q_i = \Delta Q_{K_i} + \Delta Q_{M_i} + \Delta Q_{L_i} \quad (1)$$

В этой формуле (1) имеем, в частности, величину ΔQ_{K_i} равной

$$\Delta Q_{K_i} = \alpha F_i (T_{\Pi} - T_w) \Delta \tau.$$

Для правильного учета движущей силы процессов тепломассообмена следует точно рассчитывать разности температур T_w и T'' , давлений пара на поверхности капли p_w и на удалении от нее p_{Π} . Были учтены движения внешней границы капли вследствие протекания процессов конденсации и испарения и формирование температурного поля в ней. Для этого значения температур T_w на поверхности каплей и соответствующие им

значения давления насыщения паров, имеющие непосредственное отношение к вычисляемым значениям движущих сил процесса тепломассообмена, устанавливались с использованием метода определения теплового состояния областей с подвижной границей, в качестве которых выступают испаряющиеся капли жидкости.

С указанной целью рассматривалась следующая краевая задача нестационарной теплопроводности[4]:

$$c(T)\rho(T)\frac{\partial T(R,\tau)}{\partial \tau} = \frac{1}{R^2} \frac{\partial}{\partial R} \left[R^2 \lambda(T) \frac{\partial T(R,\tau)}{\partial R} \right], \quad (2)$$

$$0 < R < s(\tau), \quad \tau > 0;$$

$$T(R,0) = T_0, \quad R \in (0; s(0));$$

$$-\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial R} \Big|_{R=s(\tau)} = \alpha(T_{\text{п}} - T_w) - \frac{\partial m_{\text{п}} r}{\partial \tau F_i}, \quad \tau > 0;$$

$$\frac{\partial T}{\partial R} \Big|_{R=0} = 0, \quad \tau > 0.$$

Она решалась по неявной схеме с привлечением метода прогонки.

Радиус капли разбивался на 100 равных частей и составлялся конечно-разностный аналог уравнения (2).

Как показали расчеты в некоторых сечениях пароводяного дисперсоида температура T_w на поверхности капля приближается к температуре насыщения жидкости T'' . Поэтому начиная с указанного сечения, следует рассматривать механизм массообмена с выкипанием жидкости в наружных слоях капля, который обеспечивает такую интенсивность массоотдачи, когда T_w совпадает с T'' . При этом решалась задача в одномерной постановке о разгоне капля потоком пара.

Для тестирования предлагаемого алгоритма были заданы следующие значения параметров процесса: относительный массовый расход охлаждающей воды $\chi = 0,202$; диаметр капля $d_k = 0,1 \text{ мм}$; температура жидкости, подаваемой на охлаждение пара $T_0 = 431 \text{ К}$; температура пара на входе в охладитель пара $T_{\text{п}}|_{x=0} = 775 \text{ К}$; полное давление редуцированного пара $p_{\text{п}}^*|_{x=0} = 1,47 \text{ МПа}$. Температура жидкости, подаваемой на охлаждение пара, на впрыске принималась равной температуре питательной воды после деаэратора повышенного давления (ДП), так как в качестве охладителя в РОУ выступает питательная вода после ДП.

Графики изменения параметров пара и капля по длине канала представлены на рис. 1-6.

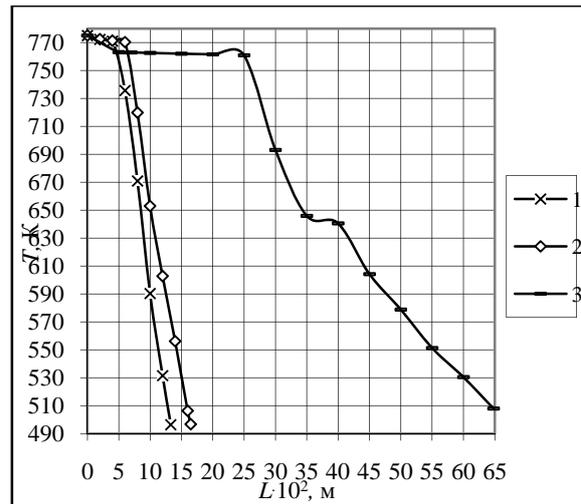


Рис. 1. Изменение температуры потока пара по длине канала: 1 – $\bar{f}_{\text{зат}} = 0$; 2 – $\bar{f}_{\text{зат}} = 0,2$; 3 – $\bar{f}_{\text{зат}} = 0,8$.

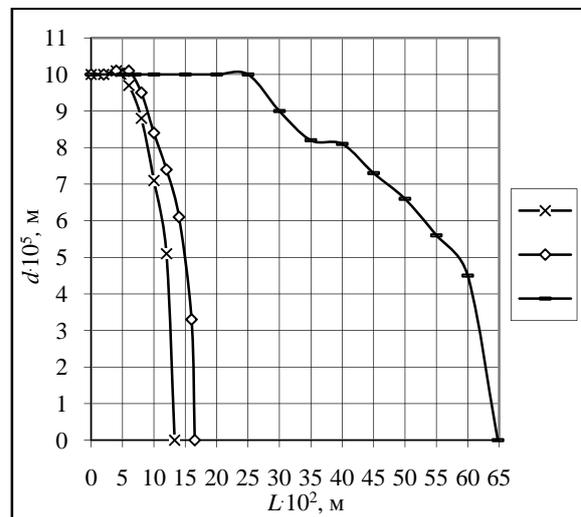


Рис. 5. Изменение диаметра капль по длине канала: 1 – $\bar{f}_{\text{зат}} = 0$; 2 – $\bar{f}_{\text{зат}} = 0,2$; 3 – $\bar{f}_{\text{зат}} = 0,8$.

Список литературы

1. Русак А.М., Цирельман Н.М. Тепломассообмен капля жидкости с горящим твердотопливным зарядом// Межвуз. научн. сб. "Вопросы теории и расчета рабочих процессов тепловых двигателей". Уфа: Изд-во УГАТУ, 2002. С. 184–188.
2. Самойлович Г.С. Гидрогазодинамика: Учеб. пособие. М.: Изд-во Машиностроение, 1990. 384с.
3. Эммонс Г. Основы газовой динамики. Т.1. М.: ИИЛ, 1963. 702с.
4. Цирельман Н.М. Прямые и обратные задачи тепломассопереноса. М.: Энергоатомиздат, 2005. 392с.

ВЫБОР КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВНУТРИСТАНЦИОННЫМИ РЕЖИМАМИ ТЭС

И.П. Озерова, А.А. Олеско

Научный руководитель: Г.В. Кузнецов, профессор, д. ф.-м.н.
Томский Политехнический Университет, г. Томск, пр. Ленина,30
E-mail: olesko@tpu.ru

Повышение экономичности работы теплоэнергетического оборудования всегда является приоритетным направлением в развитии энергетической науки. На сегодняшний день, высокие темпы развития энергетики России и эффективность использования энергоресурсов возможны не только за счет структурной перестройки экономики, но и за счет технологического и организационного энергосбережения [1,2].

Главной причиной пристального внимания к энергосбережению, является чрезмерно высокая энергоемкость внутреннего валового продукта (ВВП) России, которая может привести к приоритету импортной продукции и, как результат, к неэффективности национальной экономики, что может поставить под сомнение реализацию высоких темпов роста ВВП, запланированных до 2020 г. [3].

Так же основными мотивами энергосбережения является истощаемость запасов органического топлива и энергетическая безопасность, которая характеризуется способностью топливно-энергетического комплекса (ТЭК) удовлетворять спрос на энергоносители и его устойчивостью к различным негативным воздействиям. Очевидно, при возможном дефиците энергии одной из важнейших составляющих энергетической безопасности является эффективное использование энергоресурсов [1]. Не стоит забывать и об экологическом факторе, который обязывает снижать потребление органического топлива. Это связано с тем, что в экономически развитых странах установлены жесткие нормативы на выбросы вредных веществ, образующихся при сжигании органического топлива.

Таким образом, вопрос распределения нагрузки между блоками необходимо рассматривать с учетом современных требований, включающих в себя аспекты энергосбережения и энергетической эффективности работы электрических станций.

Известно, что экономичность электрических станций определяется не только экономичностью работы агрегатов, но и зависит от того, какие агрегаты включены в работу и как между ними распределена нагрузка.

Задача выбора наиболее выгодного распределения нагрузки на работающем оборудовании электростанций возникла вместе с развитием электростанций и энергосистем. Первые работы были выполнены в 30-х годах прошлого столетия Н.А. Сахаровым и Е.А. Ивановым.

Основой этих работ являлись классические математические методы поиска экстремума выпуклых целевых функций, в том числе вариационные методы.

Рассматривалось решение двух основных задач: наиболее выгодное распределение нагрузок между параллельно работающими агрегатами и выбор состава включенного в работу оборудования. Эти задачи относились к заданному моменту времени и к суточному планированию режимов. Методы расчетов ориентировались на предельно идеализированные расчетные схемы даже для весьма несложных для того времени энергосистем. К тому же эти методы не давали вычислительных алгоритмов, а лишь формировали условия оптимальности [4].

На сегодняшний момент, для оптимизации теплоэнергетических установок и их отдельных узлов с большим числом оптимизируемых параметров и варьируемых факторов применяются современные (не классические) методы направленного поиска оптимума. Это градиентные методы, методы линейного и квадратичного математического программирования, метод динамического программирования, ветвей и границ и т.д. Для решения систем линейных уравнений используются методы покоординатного спуска (метод Гаусса-Зейделя) и обобщенный метод Ньютона. Лучшие алгоритмы решения оптимизационных задач часто совмещают отдельные элементы указанных математических методов [4].

По существу задача распределения нагрузок сводится к поиску глобального экстремума заданной целевой функции и состоит в том, чтобы из всех возможных экстремальных значений (например, минимум расхода тепла турбоагрегатами на выработку электроэнергии и тепла) найти наименьшее. Дальше рассматривается задача поиска глобального минимума целевой функции применительно к распределению нагрузок между установленными на ТЭС турбоагрегатами.

В качестве основного критерия наиболее выгодного распределения электрической нагрузки между источниками в энергосистемах принимается минимум расхода топлива по системе при условии покрытия заданной нагрузки с учетом параметрических ограничений на режимы работы оборудования.

Считается, что оптимальному распределению нагрузки соответствует равенство относительных приростов расходов топлива (ОПРТ), т.е.

$$b_i = \frac{dB_i}{dP_i} = const ,$$

где B_i - расход топлива при нагрузках P_i .

Анализ методов распределения нагрузки между блоками показал, что все существующие методы распределения нагрузки не оказывают

прямого влияния на коэффициент полезного действия. С учетом всех закономерностей агрегатов нельзя также сказать, что распределение нагрузки по существующему методу относительных приростов расхода топлива и тепла дает наиболее точное и оптимальное распределение, т.к. ОПРТ с течением времени и режимом работы будут изменяться. В этом методе не учитывается и то, что техническое состояние работающих агрегатов может быть разным.

Также не уделялось должного внимания экологии. В настоящий момент очень остро стоит проблема сведения к минимуму ущерба от выбросов тепловыми источниками вредных веществ в атмосферу. В отдельных случаях из-за превышения предельно допустимой концентрации вредных веществ диспетчерам приходится оперативно изменять режим работы энергосистемы, перераспределяя электрическую нагрузку ТЭС для снижения вредных выбросов. В ряде литературных источников был рассмотрен вопрос оценки экономического ущерба от загрязнений окружающей среды в зависимости от электрической нагрузки управляемых энергетических объектов. Но разработанные алгоритмы комплексного распределения нагрузки на ТЭС, с большими выбросами вредных веществ на уровне объединенной энергосистемы, требуют дальнейшей проработки с учетом особенностей и степени загрязнения выбросами исследуемого региона [5]. К тому же, в этих методиках вместо ущерба от выбросов минимизировались сами выбросы, что могло дать противоположный результат. При ухудшении экологической ситуации управление режимами работы ТЭС можно вести с помощью алгоритма, реализованного на ЭВМ, исходя из экологической оценки местности с учетом конкретных экономических показателей управляемых мощностей ТЭС.

Не стоит забывать о не менее важном критерии эффективности работы энергосистемы - надежности, как работающего оборудования, так и обеспечения бесперебойного снабжения энергией потребителей различных категорий. Неучет фактора надежности при обеспечении работы блочной ТЭС по переменному графику нагрузки приводит к снижению результирующей технико-экономической эффективности.

Актуальность проблемы, связанная с повышением надежности работы энергооборудования, обусловлена еще и тем, что основная часть (более 80%) оборудования предприятий электроэнергетики России была введена в эксплуатацию в период с 1960 по 1985 год и к настоящему времени отработала от 20 до 45 лет. Например, к 2008 г. около 45 % установленного на ТЭС оборудования отработало парковый ресурс. К 2015 г. этот показатель превысит 65 % [6].

Обобщая все вышесказанное, можно сделать вывод что, обеспечение оптимальных режимов работы современных ТЭС и электроэнергетических систем достижимо лишь при комплексном подходе, предполагающем совместный анализ технико-экономических, надежных и экологических показателей оценки их режимов работы.

Такой анализ реализуется на основе учета множества критериев оценки режимов функционирования системы, характеризующих непосредственно как свойство исследуемой системы (собственные критерии), так и отражающих изменение окружающей среды (взаимные критерии) [7]. Сложность решения этой задачи обуславливается противоречивостью различных критериев оценки режимов работы.

Для формирования единой функции цели и установления связей между различными критериями оценки состояния оборудования целесообразно рассмотреть приведенные ниже критерии и их взаимодействия. К ним можно отнести: минимум ущерба от выбросов ТЭС вредных веществ в атмосферу; максимум обеспечения надежности электроснабжения потребителей за счет увеличения ресурса эксплуатации оборудования с более высоким коэффициентом полезного действия.

Литература:

1. Алексеенко С.В. Проблемы энергосбережения // Строительство и городское хозяйство Сибири.-2005.-№10.- С.32-36
2. Постановление Правительства РФ от 31.12.2009 N 1225 «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности».
3. Яновский А.Б., Мастепанов А.М., Бушуев В.В. Основные положения Энергетической стратегии России на период до 2020 г. // Теплоэнергетика.-2002.-№1.-С.2-8
4. Алябшева Т.М. и др. О методах оптимизации режимов энергосистем и энергообъединений // Электрические станции.-2005.-№1.-С.44-49
5. Голованов А.П. и др. Распределение нагрузки в объединенной энергосистеме по экологическим и экономическим показателям // Электрические станции.-1992.-№7.- С.17-22
6. Резинских В.Ф. Современные проблемы, связанные с обеспечением надежной эксплуатации оборудования тепловых электростанций // Надежность и безопасность энергетики, 2008.-№1.-С.8-12
7. Саидов У.О. Многокритериальная оптимизация режимов работы сложных электроэнергетических систем // Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений) – 1988.- №2 – С.92 – 97.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕМНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Павлова М.Л.

Научный руководитель: В.И. Беспалов, доцент

Томский политехнический университет, 634028, Россия, г.Томск, пр. Ленина 30

E-mail: p.marinaaipet@mail.ru

Увеличение дефицита пресной воды и повышение степени минерализованности исходных водоемов, а также перспективность технологий опреснения морских и солоноватых вод, расширение использования методов очистки минерализованных сточных вод в настоящее время привело к тенденции увеличения применения высокоминерализованных вод в качестве теплоносителя в энергетическом оборудовании различных отраслей промышленности.

Основным препятствием на пути широкого применения минерализованных вод в теплообменных системах является образование отложений на стенках теплопередающих поверхностях устройств осадка в виде твердого и трудноудаляемого слоя (накипи) из-за содержания в воде минеральных солей (преимущественно магния и кальция, которые составляют основу жесткости воды). В результате сужения внутреннего диаметра труб и увеличения гидравлического сопротивления наблюдается перерасход топлива и ухудшаются условия теплообмена, требующие частых остановок для чистки. Несмотря на наличие разнообразных методов борьбы с накипеобразованием (химического метода, электромагнитного, ультразвукового и др.), эта проблема не может считаться окончательно решенной. Использование химического метода связано с высокими материальными затратами и проблемами утилизации используемых в процессе чистки реагентов (чаще всего кислот). Из физических методов практическое применение получили магнитный, электромагнитный, ультразвуковой методы обработки воды.

Метод магнитной обработки воды позволяет не требовать каких-либо химических реактивов и поэтому является экологически чистым. А в результате обработки вместо уже отложившейся накипи образуется мелкокристаллический шлам, обычно легко выносимый потоком воды и скапливающийся в грязевиках или отстойниках. Преимущества магнитной обработки воды перед другими методами обработки заключаются в следующем: - уменьшение образования твердых отложений;

- удаление существующей накипи;
- снижение перерыва в работе оборудования;
- улучшение теплопередачи;
- экологичность, экономия моющих средств;
- простота и дешевизна.

Как же влияет магнитное поле на воду? Молекулу воды можно представить как элементарный диполь - частицу с положительно заряженным и отрицательно заряженным полюсами. Под действием сил взаимного притяжения и от-

талкивания молекулы воды - диполи образуют так называемые кластеры. Действие сил взаимного притяжения довольно слабое, поэтому диполи могут отрываться от кластеров, примыкать к другим кластерам и т.д. Точно также кластеры могут образовываться вокруг примесей присутствующих в воде, создавая, так называемую, гидратную оболочку вокруг этих примесей. При этом, несмотря на то, что молекулы воды могут свободно покидать кластеры и примыкать к соседним кластерам, в целом эта структура достаточно стабильна. Таким образом, растворенные в воде ионы солей постоянно окружены молекулами воды. При нагревании кластерная структура становится менее стабильной, молекулы воды больше не обволакивают примеси и растворенные соли могут свободно вступать в реакцию с другими солями. Так, некоторые соли кальция при нагревании образуют карбонат кальция CaCO_3 , который и осаждается на нагревательных поверхностях в виде накипи.

При магнитной обработке на молекулы воды и примеси действует магнитное поле. Диполи попадают в магнитный резонанс (магнитное взаимодействие ионов металлов, присутствующих в воде), и гидратная оболочка ионов воды разрушается. Примеси освобождаются от опеки водных кластеров и могут вступать во взаимодействие друг с другом. При этом уже в холодной воде ионы кальция начинают осаждаться на поверхности свободных примесей - центрах кристаллизации в объеме, образуя так называемые микрокристаллы. Процесс этот лавинообразный - новые ионы кальция прикрепляются к уже высадившемуся кальцию на поверхности микрокристаллов. Таким образом, ионы кальция, уже осевшие на центрах кристаллизации, не выпадают в виде накипи на нагревательных поверхностях. Микрокристаллы остаются в толще воды и выносятся в дренаж. Более того - ионы кальция из уже выпавшей накипи начинают отрываться и присоединяться к уже образованным микрокристаллам. Со временем старая накипь разрыхляется и полностью вымывается с поверхности труб и нагревательных элементов. Кроме того, с течением времени на поверхности труб образуется тонкая оксидная пленка, защищающая оборудование от коррозии. Кроме разрушения гидратной оболочки примесей необходимо как можно дольше удерживать основные ионы накипеобразователей в объеме, чтобы они не осаждались на стенках теплообменного оборудования, а соединялись друг с другом.

Необходимо было провести экспериментальные исследования количественных характеристик объемной кристаллизации различных раство-

ров (воды) и исследовать влияние зависимостей образования солей жесткости от скорости. С этой целью была создана лабораторная установка, схема которой изображена на рис.1.

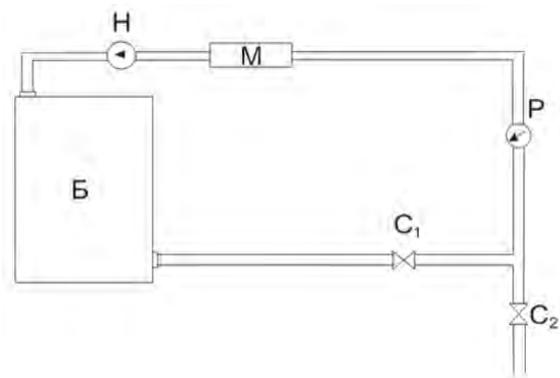


Рисунок 1 – Схема установки технологического процесса омагничивания воды

Лабораторная установка состоит из бака Б, содержащего основной раствор, насоса Н, циркулирующего воду, расходомера Р, измеряющих расход воды, магнитного элемента М и пары вентилей регулирования C₁ и C₂. Все элементы схемы между собой соединены металлопластиковыми трубами диаметром 20 мм. Магнитный элемент соосно установлен в корпусе, представляющем собой трубу, внутри которой расположены определенным образом магниты, составляя единую магнитную систему.

На данной установке были проведены некоторые экспериментальные исследования количественных характеристик объемной кристаллизации водопроводной воды и исследовано влияние зависимостей образования солей жесткости от скорости. Результаты измерений представлены в таблице.

Результаты измерений

t, мин	T, °C	σ, мкСм/см	V, м/с
--------	-------	------------	--------

0	24,4	629,5	0,13
20	25,1	627	
40	25,8	624,5	
60	26,2	622	

Где t – время, при котором снимались показания, мин; T – температура, °C; σ – измеренная удельная электропроводность, мкСм/см; V – скорость протекания воды через магнитную систему, м/с.

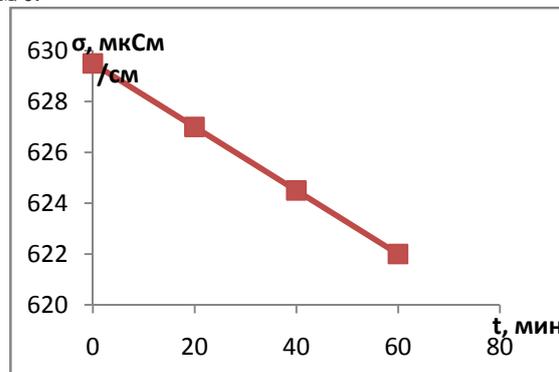


Рисунок 2 – Изменение удельной электропроводности воды во времени при прохождении ее через магнитное поле

Из рисунка 2 видно, что с увеличением времени протекания воды через магнитное поле удельная электропроводность воды уменьшается, что говорит об уменьшении количества свободных ионов солей жесткости в воде. Таким образом, можно судить об эффективности применения системы омагничивания.

Список литературы

1. Богорош А.Т. Вопросы накипеобразования, Киев: Высш. школа, 1990.
2. Кнорре Д.Г., Крылова Л.Ф., Музыкантов В.С. Физическая химия. М: Высш. школа, 1990.
3. Мартынова О.И., Копылов А.С., Тебенихин Е.Ф., Очков В.Ф. К механизму влияния магнитной обработки воды на процессы накипеобразования и коррозии // Теплоэнергетика, № 6, 1979 г.
4. Харнед Г., Оуэн Б. Физическая химия растворов электролитов. М., 1952

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕНЬЮТОНОВСКИХ ТЕЧЕНИЙ В КОЛЬЦЕВЫХ КАНАЛАХ

Платонов Д.В.

Научный руководитель: Минаков А.В. к. ф.-м. н.

Сибирский федеральный университет, ИИФирЭ, 660074 Россия г. Красноярск ул. Киренского, 26

E-mail: platonov-08@yandex.ru

На сегодняшний день неньютоновские течения очень широко распространены в природе и технике, и описание этого течения представляет проблему промышленного значения.

Примером является бурение нефтяных скважин, где циркуляция тяжелого бурового раствора в кольцевом пространстве, окружающем бурильную трубу, позволяет производить бурение с поверхности. Буровые растворы являются обычно характерными неньютоновскими жидкостями типа бингамовских пластиков либо псевдопластиков. Так же к неньютоновским жидкостям относят: кровь, нефть, различные пасты и растворы полимеров.

Аналитическое описание данного рода течений можно построить только лишь для узкого круга задач. Большинство аналитических решений ограничивается стационарным течением в круглой трубе и кольцевом канале без эксцентриситета. Практика же требует изучения течений неньютоновской жидкости в более сложных областях, например в кольцевом канале с эксцентриситетом при вращении внутренней трубы. Аналитического решения для такой задачи не существует, единственным, кроме дорогостоящего эксперимента, надежным инструментом изучения течений становится численное моделирование.

Целью работы являлось продемонстрировать возможности математического моделирования в описании неньютоновских течений. Для этого проведено численное решение задачи, имеющей известное аналитическое решение.

Для тестирования численного алгоритма была решена задача о ламинарном течении неньютоновской жидкости в кольцевом канале, без эксцентриситета и вращения внутренней трубы.

Все расчёты проводились в пакете программ *σFlow*. Течение рассматривалось как заранее установившееся, это достигалось путём задания на входе отрицательного расхода. Для постройки геометрии использовалась программа *GridEdit*.

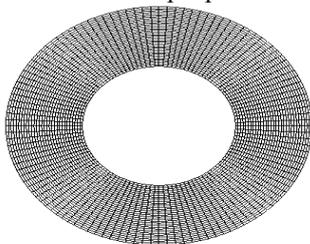


Рис.1. Расчётная сетка

Ламинарное течение неньютоновской жидкости

Задача о установившемся течении неньютоновской жидкости в кольцевом канале имеет аналитическое решение, которое описано в литературе [1,2]

Ниже кратко изложено аналитическое решение течения неньютоновской жидкости, в кольцевом канале для двух реологических моделей.

Бингамовская жидкость:

$$\tau = \tau_0 + \mu \cdot \gamma$$

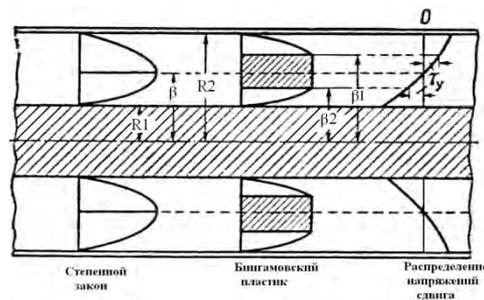


Рис.2. Течение неньютоновской жидкости в кольцевом канале

$$T_0 = 2 \cdot \frac{\tau_0}{\Delta p \cdot R_2}$$

T_0 – предел текучести, для данной жидкости.

$$\tilde{k} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$U(r) = \begin{cases} -T_0 \cdot \left(r - \tilde{k} \right) - \frac{1}{2} \cdot \left(r^2 - \tilde{k}^2 \right) + \beta^2 \cdot \ln \left(\frac{r}{\tilde{k}} \right), & \tilde{k} \leq r \leq \beta_2 \\ -T_0 \cdot \left(\beta_2 - \tilde{k} \right) - \frac{1}{2} \cdot \left(\beta_2^2 - \tilde{k}^2 \right) + \beta^2 \cdot \ln \left(\frac{\beta_2}{\tilde{k}} \right), & \beta_2 \leq r \leq \beta_1 \\ -T_0 \cdot (1-r) + \frac{1}{2} \cdot (1-r^2) + \beta^2 \cdot \ln(r), & \beta_1 \leq r \leq 1 \end{cases}$$

$$W(r) = \frac{U \left(\frac{r}{R_2} \right) \cdot \Delta p \cdot R_2^2}{2 \cdot k}$$

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot \int_{R_1}^{R_2} W(r) \cdot r \cdot dr$$

Степенная жидкость:

$$\tau = -k \cdot \left(\frac{du}{dr} \right)^n$$

$$U(r) = \begin{cases} \int_{\tilde{k}}^r \left(\frac{\beta^2}{r} - r \right)^m dr, \tilde{k} \leq r \leq \beta \\ \int_r^1 \left(r - \frac{\beta^2}{r} \right)^m dr, \beta \leq r \leq 1 \end{cases}$$

При $r = \beta$ формулы для $U(r)$ должны дать одинаковые величины следовательно,

$$\int_{\tilde{k}}^{\beta} \left(\frac{\beta^2}{r} - r \right)^m dr = \int_{\beta}^1 \left(r - \frac{\beta^2}{r} \right)^m dr$$

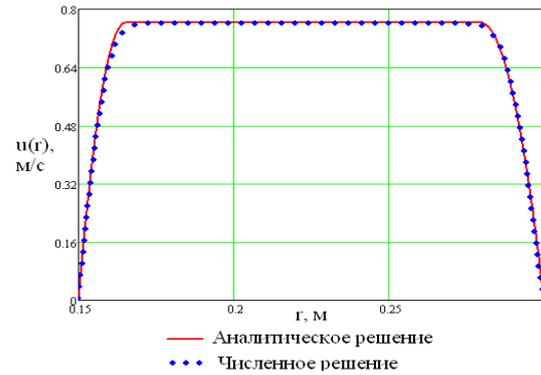
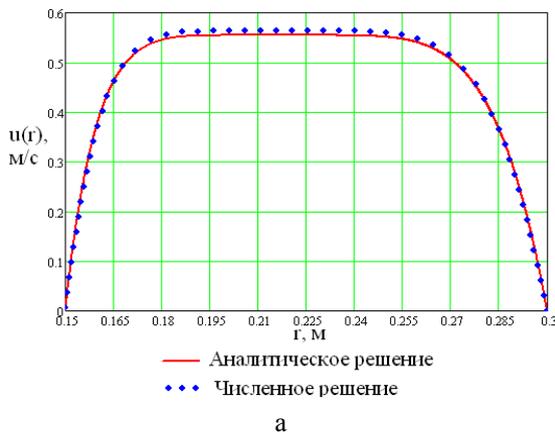
Это уравнение определяет β , как функцию \tilde{k} и m .

Отсюда перепад давлений, в кольцевом канале, определяется:

$$\Delta p = \left(\frac{Q}{R_2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot \int_{R_1}^{R_2} U \left(\frac{r}{R_2} \right) \cdot r dr} \right)^n \cdot \frac{2 \cdot k}{R_2}$$

При численном решении рассматриваемой задачи были выбраны следующие геометрические размеры: длина трубы 1 м, диаметр внешней трубы 0,6 м, диаметр внутренней трубы 0,3 м. Плотность жидкости была принята 1000 кг/м³.

На рис.3. приведены сравнения аналитического и расчётного профилей скорости в поперечном сечении кольцевого канала. В таблице 1 и 2 приведены параметры выбранных жидкостей (Q , τ , k , n) и сравнение аналитического и расчётного перепада давления.



б

Рис.3. Профиль скорости для ступенной жидкости $Q=100$ кг/с (а) и бингамовской $Q=148,33$ кг/с (б)

Таблица 1. Результаты расчетов для модели Степенная жидкость:

Q (кг/с)	n	k	Δp		ε, %
			аналитика	расчёт	
10	0,2	0,15	2,675	2,707	1,2
100	0,2	0,15	4,239	4,297	1,37

Таблица 2. Результаты расчетов для модели Бингамовской жидкости

Q (кг/с)	τ	k	Δp		ε, %
			аналитика	расчёт	
29,08	40	0,15	600	666	11
148,33	40	0,15	700	654	6,6

Результаты сопоставления численного и аналитического решений говорят о очень хорошем согласовании, как по форме профиля скорости, так и по величине перепада давления. В целом отклонение результатов численного моделирование от аналитических либо экспериментальных данных не превысило 1-2 процента, за исключением результатов моделирования течения неньютоновской жидкости, модели Бингамовская жидкость. Это физически более сложное течение и требует более детальной сетки.

Данное обстоятельство свидетельствует о том, что численное моделирование с успехом может применяться для изучения неньютоновских течений в научных исследованиях, так и во множестве различных инженерных приложениях.

Список литературы

1. Гноевой А.В. Основы теории бингамовских сред / А.В. Гноевой, Д.М. Климов, В.М. Чесноков. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 272 с.
2. Уилкинсон У.Л. Неньютоновские жидкости. Гидродинамика, перемешивание и теплообмен / У.Л. Уилкинсон. - М.: Мир, 1964.- 234 с.
3. Nouri J.M., Umur H. Flow of Newtonian and non-Newtonian fluids in concentric and eccentric annuli / J.M. Nouri. – Cambridge University Press, 1993 – vol. 253. – pp. 617-641.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЬЮТОНОВСКИХ ТЕЧЕНИЙ В КОЛЬЦЕВЫХ КАНАЛАХ

Платонов Д.В.

Научный руководитель: Минаков А.В.

Сибирский федеральный университет, ИИФиРЭ, 660074 Россия г. Красноярск ул. Киренского, 26

E-mail: platonov-08@yandex.ru

Течение жидкостей в кольцевых каналах, в настоящее время очень широко распространены в природе и технике.

Целью данной работы было являлось численное моделирование ньютоновских течений в кольцевых каналах и сопоставление полученных данных с аналитическими решениями и экспериментом.

Для тестирования численного алгоритма были решены следующие задачи:

1. Ламинарное течение в концентрическом канале
2. Турбулентное течение в концентрическом канале
3. Турбулентное течение в канале с эксцентриситетом и вращением внутренней трубы

Все расчёты проводились на пакете программ *σFlow*.

1. Ламинарное течение в концентрическом канале

Данная задача описана в литературе [1]. Рассматривается ламинарное установившееся течение ньютоновской жидкости в трубе с кольцевым сечением.

Профиль скорости:

$$U(r) = \frac{\Delta p}{4\eta l} \cdot \left[R_2^2 - r^2 + \frac{R_2^2 - R_1^2}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} \cdot \ln\left(\frac{r}{R_2}\right) \right]$$

Количество протекающей жидкости равно:

$$Q = \frac{\pi \Delta p}{8\eta l} \left[R_2^4 - R_1^4 - \frac{(R_2^2 - R_1^2)^2}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} \right]$$

где R_1 и R_2 – внутренний и внешний радиус соответственно, η – динамическая вязкость, ν – кинематическая вязкость, Δp – перепад давления в трубе, l – длина трубы.

При решении рассматриваемой задачи были выбраны следующие геометрические размеры: длина трубы 1 м, диаметр внешней трубы 0,25 м, диаметр внутренней трубы 0,11 м. Плотность жидкости была принята 1000 кг/м³. Динамическая вязкость равна 0,3535 Па*с.

Сопоставление численного и аналитического решения на сетке 30x30 показано на рис.1 и табл.1. Видно, что наблюдается очень хорошее совпадение. Максимальные отклонения не превосходят 0,2%.

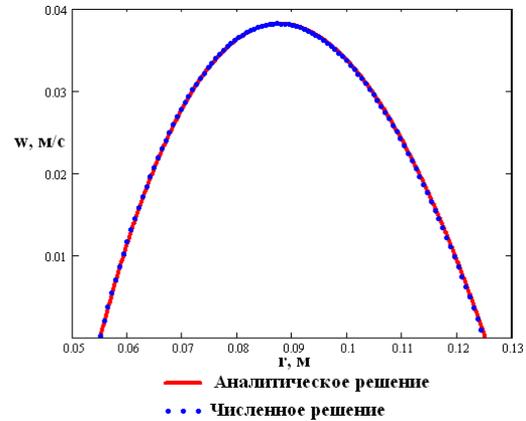


Рис.1. Профиль скорости в поперечном сечении (Re=10)

Таблица 1. Перепад давления в трубе

Re	Δp	
	Аналитика	Расчёт
10	21,633	21,661
100	216,330	216,606
1000	2163,298	2166,063

2. Турбулентное течение в концентрическом канале

Для данной задачи аналитического решения не существует, и результаты расчётов можно сравнить с экспериментом и построенными на его основе корреляциями.

Корреляция №1 [2]

$$\Delta p_T = \xi_k \cdot \frac{l}{d_g} \cdot \left(\frac{\rho w_b^2}{2} \right)$$

$$\xi_0 = 0.316 \cdot \text{Re}^{-0.25}$$

$$\xi_k = \left(0.02 \frac{d_1}{d_2} + 0.98 \right) \left(\frac{1}{\xi_0} - 0.27 \frac{d_1}{d_2} + 0.1 \right)$$

Корреляция №2 [3]

$$\xi_k = \xi_0 \left[\frac{1 - \Theta}{1 + \left(1 - \frac{(\Theta)^2}{\ln(\Theta)^2} \right)} \right]^{0.62} \cdot (1 + 0.04 \cdot \Theta)$$

$$\Theta = \frac{d_1}{d_2}$$

Корреляция №3 [4]

$$\Delta p = \xi_k / \left[\frac{d_g}{2\rho w_b^2} \right] \quad \xi_k = 0.36 \cdot (\text{Re})^{-0.39}$$

где d_g – гидравлический диаметр, w_b – средняя объёмная скорость, ρ – плотность жидкости, Re – число Рейнольдса.

При решении рассматриваемой задачи были выбраны следующие геометрические размеры: длина трубы 1 м, диаметр внешней трубы 0,0403 м, диаметр внутренней трубы 0,0201 м. Расчёты проводились при помощи известных двухпараметрических моделях турбулентности: стандартная k-ε, M-SST модель и модель k-ε с модификацией Chen.

В табл. 2 представлено сравнение расчетной величины перепада давления с эмпирическими данными. Как видно максимальное расхождение составляет 12%.

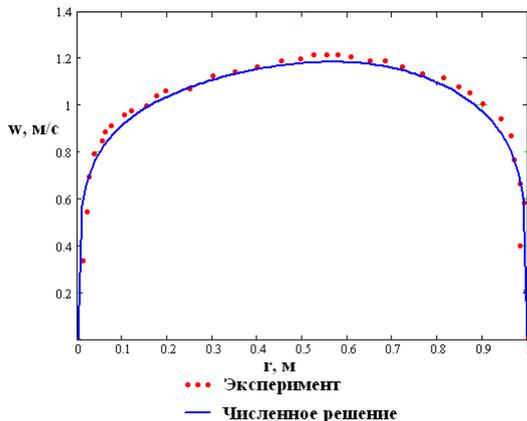


Рис.2. Профиль скорости в поперечном сечении ($Re=26600$), сравнение с экспериментальными данными [4].

Таблица 2. Перепад давления в трубе

Re	Расчёт	Корреляция №1 [2]	Корреляция №2 [3]	Корреляция №3 [4]
10^4	7,9	7,7	8,1	7,8
10^5	406,6	442,3	460,2	446,3
10^6	269,6	285,8	297,4	284,5

3. Турбулентное течение в канале с эксцентриситетом и вращением внутренней трубы

Для данного течения проведено сопоставление расчета с экспериментальными данными [4].

На рис. 4 приведено сравнения расчетных и экспериментальных профилей скорости в самом широком сечении кольцевого канала.

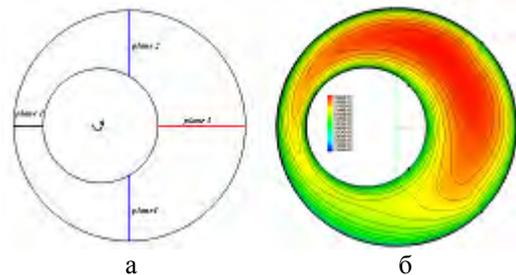


Рис.3. Схема кольцевого канала (а) и изолинии поля (б) скорости в поперечном сечении ($Re=26600$)

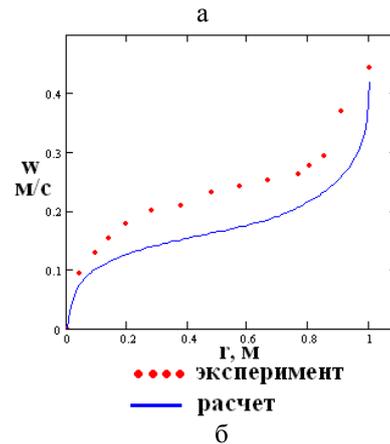
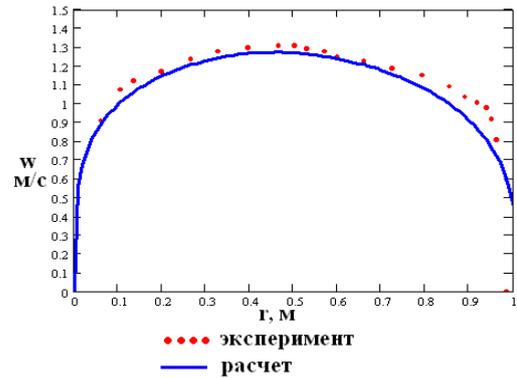


Рис.4. Профиль осевой скорости (а) и тангенциальной скорости (б) в кольцевом канале (сечение plane3)

Результаты сопоставления численного и аналитического решений говорят о очень хорошем согласовании, как по форме профиля скорости, так и по величине перепада давления. В целом отклонение результатов численного моделирования от аналитических либо экспериментальных данных не превысило 10 процентов.

Данное обстоятельство свидетельствует о том, что численное моделирование с успехом может применяться для изучения неньютоновских течений в научных исследованиях, так и во множестве различных инженерных приложениях.

Список литературы

1. Ландау Л.Д. Теоретическая физика: Учебное пособие. В 10 т. Т. VI. Гидродинамика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – 3-е изд., перераб. – М.: Наука, 1986 – 736 с.
2. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992.- 672 с.
3. Кирилов П.Л. Справочник по теплогидравлическим расчётам / П.Л. Кирилов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 296 с.
4. Nouri J.M., Umur H. Flow of Newtonian and non-Newtonian fluids in concentric and eccentric annuli / J.M. Nouri. – Cambridge University Press, 1993 – vol. 253. – pp. 617-641.

ОЦЕНКА НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ НАТУРАЛЬНЫХ ТОПЛИВ ТЭС

Сартаев А.Е., Гвоздяков Д.В.

Научный руководитель: Губин В.Е., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: gdv424@mail.ru

На сегодняшний день задачи, связанные с экологией, выходят на первый план во всех сферах человеческой деятельности. Интенсивное социально-экономическое, агротехническое и промышленное развитие оказывают на окружающую среду глобальное воздействие. И основными источниками загрязнения атмосферы являются ТЭС, где вырабатывается 63% электроэнергии.

При сжигании топлив на ТЭС в атмосферу вместе с дымовыми газами поступают различные загрязняющие вещества. Большинство из них относится к числу токсичных и даже в сравнительно невысоких концентрациях оказывает вредное воздействие на природу и человека. Эти газообразные выбросы главным образом включают соединения углерода, серы, азота, а также аэрозоли и канцерогенные вещества [1]. Кроме основных компонентов, образующихся в результате сжигания органического топлива (углекислого газа и воды), выбросы ТЭС содержат пылевые частицы различного состава, оксиды серы, оксиды азота, фтористые соединения, оксиды металлов, газообразные продукты неполного сгорания топлива. Их поступление в воздушную среду наносит большой ущерб, как всем основным компонентам биосферы, та и предприятиям, объектам городского хозяйства, транспорту и населению городов. Наличие пылевых частиц, оксидов серы обусловлено содержанием в топливе минеральных примесей, а наличие оксидов азота – частичным окислением азота воздуха в высокотемпературном пламени. До 50% вредных веществ приходится на диоксид серы, примерно 30% – на оксид азота, до 25% – на летучую золу. Приведённые данные относятся к установившимся режимам работы оборудования. Работа же ТЭС на нерасчётных (переходных) режимах связана не только с понижением экономичности котлоагрегатов, турбоагрегатов, электрогенераторов, но и с ухудшением эффективности всех устройств, снижающих негативные воздействия электростанций. В таблице №1 показаны годовые выбросы ТЭС на органическом топливе мощностью 1000 МВт, тыс. т [2].

Несомненно, что в ближайшей перспективе тепловая энергетика будет оставаться преобладающей в энергетическом балансе мира и отдельных стран. Велика вероятность увеличения доли углей и других видов менее чистого топлива в получении энергии. В этой связи рассмотрим некоторые пути и способы их использования, позволившие пеллом, образующимся при работе. Во-вторых, эти технологии не снижают выбросы

ляющие существенно уменьшать отрицательное воздействие на среду.

Таблица №1.

Выброс/Топливо	Газ	Мазут	Уголь
SO _x	0,012	52,66	139
NO _x	12,08	21,70	20,88
CO	Незнач.	0,08	0,21
Твёр. част.	0,46	0,73	4,49
Гидрокарбонаты	Незнач.	0,67	0,52

Для снижения выбросов с ТЭС двуокиси серы обычно служат устройства, осуществляющие десульфацию вытяжного газа дымовых труб, широко известные как скрубберы (газоочистители). Они могут удалять до 95% двуокиси серы, содержащейся в выбросах ТЭС. В странах-членах ОЭСР в начале 1988 г. скрубберы были установлены или находились в процессе установки на электростанциях суммарной мощностью 140 тыс. МВт. В 1987 г. Подобными устройствами были оборудованы в ФРГ – приблизительно 40%, в Швеции – 50, в Австрии – 60 и в Японии – 85%. К концу 80-х годов относительные показатели будут таковы: 70% в Италии, 85 – в ФРГ, 100 – в Нидерландах [4-5]. Существуют и другие методы очистки от названных газов.

Разные страны используют различные пути борьбы с выбросами окиси азота на ТЭС, достигая неравноценных результатов. Наиболее простым способом является внедрение модификаций самого процесса сгорания, что позволяет снизить выделение окиси азота на 30-50%. К настоящему времени Великобритания и Португалия сделали некоторые вложения в этот метод. Более дорогим, но и более эффективным является метод, известный как избирательная каталитическая очистка. Использование его снижает выделение окиси азота на 80-90%.

Интенсивные исследования проводятся сейчас в области технологий так называемого чистого угля. Благодаря им при сжигании угля сокращаются выбросы и двуокиси серы, и оксидов азота, а также обеспечивается более эффективное сгорание топлива. Хотя технологии, о которых говорилось выше, обеспечивают немедленное снижение загрязненности воздуха, так необходимые сегодня, они не дают окончательного решения проблемы. Во-первых, эти технологии сами загрязняют окружающую среду двуокиси углерода. По этим причинам указанные технологии рассматриваются, как паллиатив, ис-

пользуемый до того времени, когда во всех странах нормой станет эффективное использование энергии.

Решение экологических задач проводится на различных уровнях, в том числе и с помощью компьютерного моделирования. Математическое моделирование является наиболее перспективным направлением решения задач экологии по своим возможностям прогнозирования, а также экономичности материальных затрат и безопасности для человека проводимых прогностических экспериментов. По своей природе задачи экологии и оценки состояния окружающей среды не допускают проведения полномасштабных натуральных экспериментов, и математическое моделирование является, по существу, единственным методом для оценки ситуационных рисков, изучения динамики природных и техногенных катастроф и прогнозирования их последствий, получения общей картины экологической ситуации [3].

Одной из важных проблем, связанных с экологией, является прогнозирование распространения загрязнений в воздушной среде. К настоящему времени в области математического моделирования распространения загрязнений в атмосфере и разработки численных методов для него сложилась ситуация, при которой проводимые в мире работы рассматривают, как правило, отдельные явления, но не охватывают их комплекса. Обширный экспериментальный материал, накопленный в мире по проблемам экологического мониторинга окружающей среды, позволяет строить физические модели, адекватные реальным процессам на качественном уровне, но только с развитием современных вычислительных методов и фундаментальных исследований в этой области стало возможным создание визуально-прогностических моделей, обеспечивающих количественную оценку результатов возможных аварий и степени опасности их для людей. Эти модели базируются на фундаментальных разработках специальных вычислительных алгоритмов для решения определенного класса газодинамических задач. В настоящее время подобные исследования проводятся в ряде научных центров мира (Калифорнийский университет, Международный институт системного анализа в Австрии, Германский национальный исследовательский центр информационных технологий). Однако проблемы, отвечающие в полной мере поставленной задаче, требуют разработки новых математических моделей, базирующихся на законах сохранения вещества и уравнениях газовой динамики.

Для адекватного математического описания процессов, происходящих в атмосфере, требуется решить проблему построения ее физической модели, поскольку она существенным образом влияет на построение поля ветра и на описание переноса, происходящего в воздушной среде. Необходимая справочная информация по этому вопросу содержится в ряде научных работ.

При использовании математической модели можно учесть также повышенную шероховатость подстилающей поверхности, обусловленную застройкой к прилегающей ТЭС территории, ствольность труб, а также особенности распределения концентраций вдоль оси факела и вдоль поперечной оси. На основании результатов математического моделирования можно предположить, что наибольший вклад в приземное загрязнение воздушного бассейна и прилегающих к ТЭС территорий вносят, как правило, старые ТЭС с большим числом низких дымовых труб.

Решение задачи создания динамической модели влияния вредных выбросов на процессы, протекающие в атмосфере, позволит с достаточной степенью точности прогнозировать масштабы антропогенного воздействия на окружающую среду.

Список литературы

1. Котлер В.Р., Енякин Ю.П. Реализация и эффективность технологических методов подавления оксидов азота на ТЭС. // Теплоэнергетика. 1994. №6.
2. Котлер В.Р. Технологии одновременного снижения выбросов NOx и SO₂ на пылеугольных котлах // Теплоэнергетика. 2002. №1.
3. Тумановский А.Г., Глебов В.П., Чугаева А.Н. Анализ природоохранной деятельности и основные направления сокращения негативного воздействия ТЭС на окружающую природную среду // Энергетик. 2006. №12.
4. Буланов Д.В., Бабий В.И., Артемьев Ю.П. Экспериментальное исследование скорости разложения NO в восстановительной зоне топки при использовании в качестве вторичного топлива угольной пыли // Теплоэнергетика. 2000. №12.
5. Рогалев Н.Д., Прохоров В.Б., Курдюкова Г.Н., Хатунцева Н.В. Исследование загрязнения воздушного бассейна Москвы выбросами предприятий теплоэнергетики и автотранспорта // Теплоэнергетика. 2003. №12.
6. Хорватов Л. Кислотный дождь.- М.: Стройиздат. 1990. 79с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ КОТЛА БКЗ-420-140 ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Сафронов А.В.

Научный руководитель: Новиков С.И., к.т.н., доцент
Новосибирский государственный технический университет 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20
E-mail: 8shar@rambler.ru

Оптимальная подготовка специалистов - теплоэнергетиков требует не только глубокого знания теплоэнергетических университетских курсов, но и практической подготовки к работе на реальном оборудовании. Однако работа студентов на реальном оборудовании связана с целым рядом трудностей: опасность создания нештатных ситуаций, невозможность имитации неисправностей оборудования, ограниченный состав бригады студентов и т.д. В этих условиях незаменимым элементом учебного процесса являются модели реального оборудования. Появление и широкое распространение персональных компьютеров позволило применять математические модели реального оборудования. В конце XX века Сибирский институт энергетики (г. Иркутск) по заказу ОАО «Красноярскэнерго» разработал пакет «Модель котла БКЗ-420-140» для использования в процессе подготовки машинистов котлов. Выбор данного котлоагрегата объясняется тем, что он широко используется на электростанциях «Красноярскэнерго», «Иркутскэнерго», «Павлодарэнерго» (Республика Казахстан) и ряда энергосистем Дальнего Востока. Производительность котлоагрегата – $420\text{ м}^3/\text{ч}$; давление за котлом – $13,8\text{ МПа}$; температура перегретого пара – 545°C .

Эта программа успешно используется как для подготовки операторов, так и для проведения соревнований целых смен оперативного персонала. В 2000-2003 г.г. эта программа успешно использовалась для повышения квалификации обходчиков котельного оборудования в учебном центре ОАО «Новосибирскэнерго»

Известно, что для специалистов-котельщиков более важны статические состояния, не уделяя особого деталям перехода в динамике. Для специалистов по автоматизации тепловых процессов важны как статические, так и динамические режимы. Однако в модели нет системы регистрации, позволяющей фиксировать быстропротекающие процессы. Задача расширения области применения рассматриваемой модели котлоагрегата требовала создания системы регистрации, позволяющей фиксировать все переходные процессы. Такая система была разработана на кафедре тепловых электрических станций в Новосибирском Государственном Техническом Университете одним из студентов и получила название «*Sensor*».

Пакет «*Sensor*» регистрирует основные параметры модели котла в реальном времени и предоставляет их в удобочитаемом для пользователя виде: таблицы или диаграммы. В таблицу выводятся

значения всех основных параметров модели котла БКЗ-420-140 и время их регистрации. Для рассмотрения переходных процессов удобно пользоваться диаграммами. В зависимости от поставленной задачи можно вывести на экран как диаграмму одного из параметров, так и их совокупность.

Внешний вид пакета стандартен для операционной системы *Windows* и содержит кнопки быстрого доступа: запуск тренажера, открытие и сохранение проекта, запуск и останов синхронизации, настройка и справка. А также имеет системную панель, которая информирует пользователя о состоянии работы тренажера котла и пакета регистрации параметров.

Программа имеет три режима работы:

Режим ожидания – режим, в котором пользователь может произвести настройку программы.

Режим синхронизации – основной режим пакета. В нем источником основных параметров является модель котла БКЗ-420-140, через промежутки времени, установленный пользователем, происходит «изъятие» из модели параметров и их отображение. Таким образом, заполнение таблицы и построение диаграмм происходит поэтапно, при получении через задаваемый интервал времени данных о новых значениях параметров.

Режим чтения – режим, при котором исходные данные считываются из файла, происходит отображение сразу всего процесса.

Важной особенностью данного пакета является возможность после реализации процесса на модели котла сохранить все полученные значения, для их дальнейшей диагностики. Возможно как сохранение диаграммы отдельного параметра в графическом формате *jpg*, так и сохранение таблицы в текстовом формате *txt*. Форматы являются стандартными и открываются на всех персональных компьютерах под управлением любой графической операционной системы. Так же имеется возможность сохранять данные в собственном формате программы - *ssb*, что позволяет открывать сохраненные проекты без установленной на компьютере программы модели котла и получать больше данных, чем если бы мы сохраняли проект в стандартных форматах. При этом способе сохранения проекта затрачивается значительно меньше дискового пространства компьютера при одинаковом количестве данных.

Рассмотрим работу программы на реальной задаче: используя модель котла БКЗ-420-140 необходимо построить экспериментальную переходную характеристику объекта регулирования.

Для построения переходной характеристики необходимо нанести возмущение и наблюдать за изменением давления острого пара во времени. Раньше это делали два наблюдателя, один отсчитывал промежутки времени через которые снимались показания, второй наблюдатель по команде первого заносил данные в таблицу. Опыт проводили несколько раз для уменьшения погрешности наблюдения, и находили среднюю величину параметра в моменты. По таблице проводилось построение графиков (рис. 1):

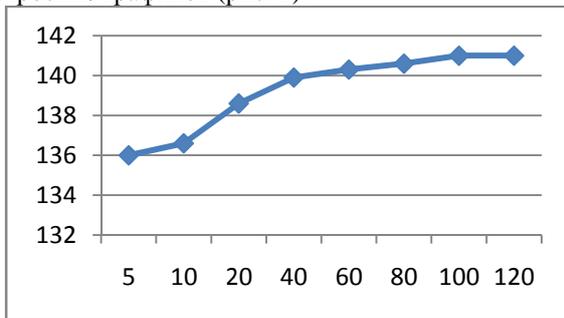


Рис.1 Переходные характеристики полученные “ручным” способом

Теперь, используя пакет “Sensor” данную задачу может решить один человек. Ему нужно лишь подать возмущение, программа регистрации параметров сама снимет все значения и построит диаграмму (рис. 2).

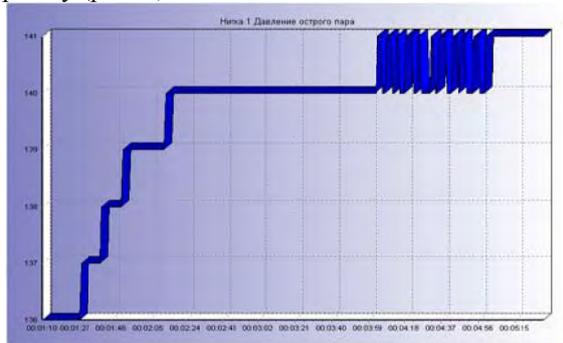


Рис.2 Переходные характеристики полученные с помощью пакета “Sensor”

При этом способе получения переходных характеристик уменьшается время, затрачиваемое на их построение, уменьшается трудоемкость процесса. А самое главное значительно улучшается качество получаемых характеристик, так как при этом способе полностью исключается погрешность наблюдения. Так же уменьшается период снятия данных с модели, при “ручном” способе период времени между контрольными моментами времени составляет 5-20 секунд, при использовании же пакета минимальный период времени снятия параметров составляет 1 мкс. Это свойство является весьма важным при регистрации быстропротекающих процессов. Например, построить

переходную характеристику регулирующего органа подавая возмущение впрысками и наблюдая за температурой без применения пакета невозможно, поскольку отрезки времени между снятиями параметров и построения характеристики должны быть малыми, и второй наблюдатель просто не успевает занести их в таблицу.

Применяя пакет “Sensor” для рассмотрения данного рода задач можно провести более детальный анализ, так как при “ручном” построении характеристики мы не рассматриваем изменение остальных параметров, а, используя программу регистрации и снятия параметров, мы получаем не только характеристику интересующего нас параметра, но и всех остальных величин (рис. 3). Это позволяет оценить обстановку в целом и более глубоко, затрагивая все параметры модели котла БКЗ-420-140, разобраться в рассматриваемом процессе.

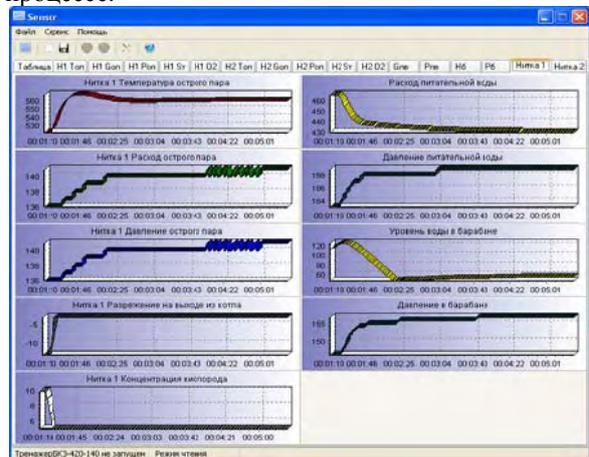


Рис. 3 Диаграммы параметров полученные с помощью пакета “Sensor”

В подведении итогов можно сказать:

1. Программа «Модель котла БКЗ-420-140» может быть широко использована для подготовки квалифицированных специалистов-теплотехников и специалистов по наладке, проектированию и эксплуатации автоматических систем регулирования теплоэнергетического оборудования электростанций.
2. Программа регистрации параметров «Sensor» позволяет значительно расширить и сделать более качественной подготовку специалистов по автоматизации теплоэнергетических процессов.
3. Программа регистрации параметров «Sensor», дополненная системой оценки качества регулирования может быть очень полезной при создании ноутбука практического наладчика автоматических систем регулирования, работа над созданием которого ведутся в настоящее время во многих наладочных организациях.

ОДНОМЕРНОЕ НЕСТАЦИОНАРНОЕ УРАВНЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЕРЕВЯННОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ОГНЕЗАЩИТНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Сладков С.О.

Научный руководитель: Кузнецов Г.В., д.ф.м.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр.Ленина, 30
E-mail: slaSO@sibmail.com

Одним из самых распространенных строительных материалов является древесина различных пород (хвойные породы – сосна, ель, лиственница, пихта, кедр; лиственные породы – дуб, ясень, вяз, береза, осина). История деревянного домостроения насчитывает несколько тысячелетий [1].

Особый интерес к деревянному сырью можно объяснить следующими причинами [2]:

- Деревянный дом имеет в несколько раз лучшую теплоизолирующую способность, чем бетонные и кирпичные. Деревянная стена толщиной 45 см сохранит столько же тепла, сколько кирпичная толщиной 2 м.
- Деревянный дом отлично подходит для любого климата, в нем летом нежарко, а зимой не холодно.
- Дерево является одним из самых экологически чистых материалов. Благодаря абсорбирующей способности древесины, воздух в таких домах насыщается эфирными маслами и смолами, приобретая хорошие антисептические свойства.
- Деревянные дома легки (в 5-6 раз легче кирпичных), следовательно не требуется массивный фундамент.

В соответствии с требованиями по противопожарной безопасности, все деревянные конструкции должны быть обработаны специальными огнезащитными составами [3].

В последнее время самыми распространенными материалами для огнезащиты древесины являются разнообразные по рецептуре вспучивающиеся противопожарные составы – антипирены [4-8].

Принцип их действия основан на образовании коксовой шапки под действием теплового потока, которая защищает деревянную конструкцию.

Целью настоящего исследования является математическое описание системы «вспучивающееся огнезащитное покрытие – деревянная конструкция» на основе одномерного уравнения теплопроводности (уравнения Фурье) с граничными условиями первого рода (задание температуры на поверхности) и граничными условиями четвертого рода (заданы условия равенства температур и тепловых потоков на границах двух материалов).

Данную систему можно рассматривать, как совокупность двух пластин. Одна из них – антипирен, другая – сосна.

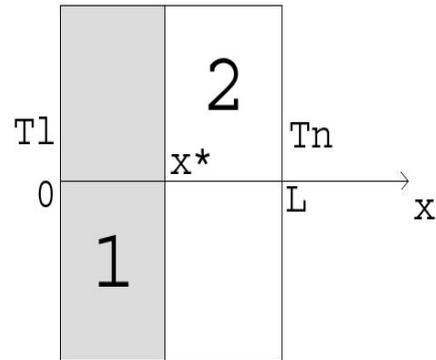


Рис.1. Геометрия задачи

Математическая постановка задачи [9]:

$$\rho_1 c_1 \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda_1 \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, 0 < x < x^* \quad (1)$$

$$\rho_2 c_2 \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda_2 \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, x^* < x < L \quad (2)$$

где индексы 1 – левая пластина (антипирен), индексы 2 – правая пластина (сосна) (рис.1.)

Начальные и граничные условия записываются следующим образом:

$$t = 0 : T = T_0, 0 \leq x \leq L \quad (3)$$

$$x = 0 : T = T_l, t > 0 \quad (4)$$

$$x = L : T = T_n, t > 0 \quad (5)$$

$$T_1(t, x^*) = T_2(t, x^*) \quad (6)$$

$$-\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial x} \Big|_{x=x^*} = -\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} \Big|_{x=x^*} \quad (7)$$

На границах $x=0$ и $x=L$ используются граничные условия первого рода (температура на поверхности), а на границе двух материалов в точке $x=x^*$ граничные условия четвертого рода (заданы условия равенства температур и тепловых потоков на границах двух материалов).

Теплофизические свойства материалов

(1)Покрытие: $\rho = 490 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,11 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$,
 $c_p = 1000 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ [10].

(2)Сосна: $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,174 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$,
 $c_p = 2,72 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ [11].

Толщина стены $\delta = 24 \div 45 \text{ см}$ [3]. Толщина вспучивающихся покрытий составляет $\delta = 2 \div 4 \text{ см}$ [12]. Общая минимальная толщина $\delta = 24 \text{ см} + 2 \text{ см} = 0,26 \text{ м}$.

Начальная температура $T = 283 \text{ К}$. На границе $x=0$ поддерживается температура $T = 473 \text{ К}$ (окружающей среды – условия пожара), на границе $x=L$ поддерживается температура $T = 293 \text{ К}$ (внутри деревянного дома).

Система уравнений (1-2) вместе с граничными условиями (3-7) решалась численно – методом конечных разностей с применением неявной разностной схемы [9]. Результаты распределения температуры показаны на рисунке.

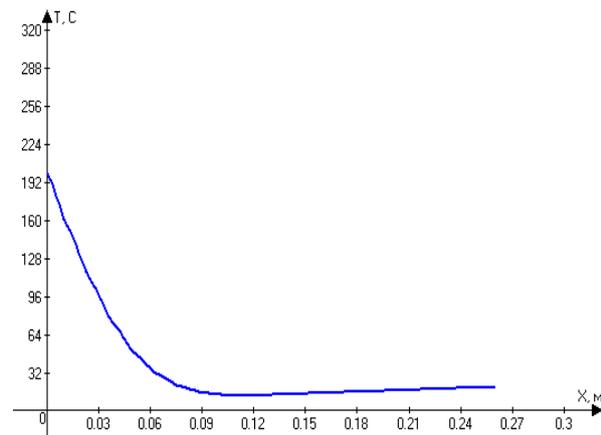


Рис.2. Температурное поле в системе «антипирен-сосна» ($t=60 \text{ мин.}$)

С другой стороны тем же методом (конечных разностей) была решена одномерная тепловая задача в пластине из сосны без огнезащитного покрытия.

Литература:

1. О.А.Саблина. История деревянного домостроения на Руси.//Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2007. - №12.
2. В.Г.Николаев. Деревянные дома в России.//Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2007. - №12.
3. С.В.Собурь. Огнезащита материалов и конструкций.// Справочник. – 2-е издание. – М.:Спецтехника. – 2003.
4. 4.Вспучивающаяся краска на основе водной акриловой дисперсии для огнезащиты деревянных поверхностей. //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2006. - №12.
5. Экологически чистые реагенты на основе возобновляемого растительного сырья для обеспечения пожарной безопасности в строительстве.//Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2006. - №1.
6. Н.Ф.Артеменко, Л.С.Садриева, Е.И.Деревянко, Г.Ф.Тимушева, Н.Г.Храмченкова. Защита деревянных строительных конструкций от воздействия пожара и плесневых грибов.//Строительные материалы. – 2002. - №6.

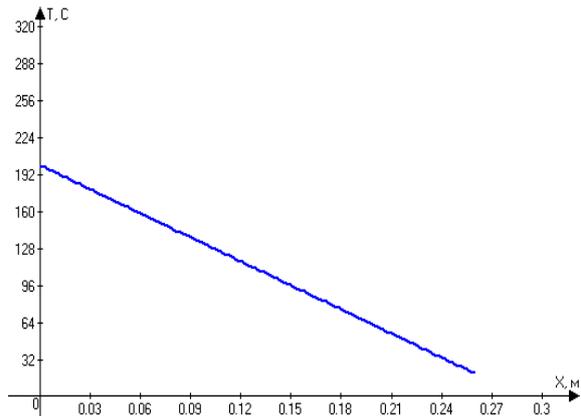


Рис.3. Температурное поле в пластине из сосны ($t=60 \text{ мин.}$)

Анализ полученных кривых показывает, что в системе с покрытием температура меняется медленнее, чем в системе без него. Рассматриваемая модель является приемлемой для анализа эффективности использования огнезащитных покрытий и пропиток, которые наносятся очень тонким слоем, что дополнительно характеризует их, как экономичные средства предотвращения пожаров деревянных домов. Более детально и точно математически описать эту систему позволит двумерная тепловая модель. Кроме того, пропитанную составом или окрашенную древесину необходимо рассматривать как единый объект с распределенной в ней концентрацией покрытия и учитывать, что древесина является [13] капиллярно-пористым телом.

7. П.А.Арифов, В.И.Андропова, К.Ф.Таджиев, Ш.П.Арифов. Вспучивающиеся огнезащитные краски серии ВПК.//Строительные материалы. – 2007. – ноябрь.
8. Н.В.Кузнецова, Л.В.Кабанова, В.Ф.Смирнов, О.Н.Смирнова. Защита древесины и изделий из нее препаратами ВЮ Z.//Строительные материалы. – 2008. – февраль.
9. Г.В.Кузнецов, М.А.Шеремет. Разностные методы решения задач теплопроводности.//Учебное пособие. – Томский политехнический университет. - 2007.
10. http://www.aplusb.kiev.ua/?mp=simplecat&category_id=9&photo_id=29.
11. К.Ф.Павлов, П.Г.Романков, А.А.Носков. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии.//Учебное пособие для вузов. – М.: «Альянс». – 2007.
12. Ю.А.Кривцов. Тонкослойные огнезащитные покрытия производства НПО «Ассоциация Крилак» и их свойства.//Пожарная безопасность. – 2003. - №3.
13. Ю.Г.Фролов. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы.// М.: «Альянс». – 2004.

К ВОПРОСУ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Сладков С.О.

Научный руководитель: Кузнецов Г.В., д.ф.-м.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр.Ленина, 30
E-mail: slaSO@sibmail.com

На сегодняшний день одной из главных проблем гражданской безопасности является пожарная безопасность. Снижение потерь и повышение уровня защиты различных строительных конструкций (бетон, различные металлы, кирпич, ми-

нераловатная или базальтоволокнистая теплоизоляция, дерево, пластмассы [1]) зависит от материала конструкции, типа конструкции, и эффективности огнезащиты. Все огнезащитные составы можно разделить на [2]:

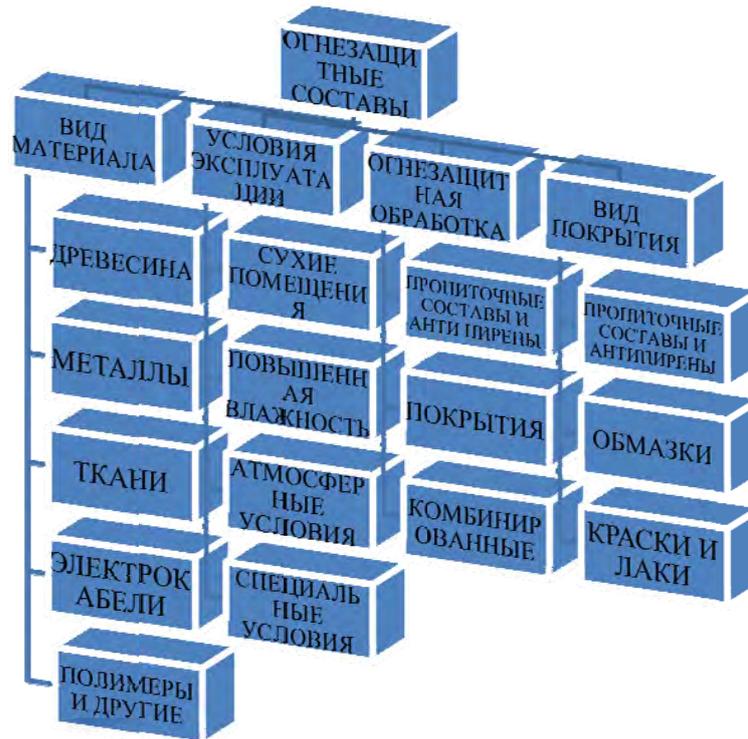


Рис.1. Классификация огнезащитных покрытий.

Указанные огнезащитные покрытия можно еще разделить на два направления.

Одно из них связано с применением теплоизоляционных покрытий, которые термически устойчивы в условиях пожара например различные штукатурки [3].

Другое направление основано на вспучивающихся антипирирующих свойствах различных соединений, которые способны образовывать слой коксовой пены на поверхности строительных конструкций. Низкая теплопроводность этого покрытия препятствует проникновению встречного теплового потока и следовательно эффективно защищает строительную конструкцию в условиях пожара [3].

является то, что полученные результаты одного процесса невозможно распространить на другой

Весь комплекс современных исследований в области огнезащиты не позволяет получать достаточно точные параметры огнезащиты. Это связано с тем, что все данные получают путем эксперимента в различных лабораториях (ЗАО «Теплоогнезащита», ООО «Научно-производственная лаборатория 38080», ЗАО «Этна», SIGNUM Brandschutz-M GmbH (Германия) [4]), различными методами и на различных установках (создание различных приборов, например - ПМП-1 [5], установки для испытания огнезащитной эффективности [6], испытания при влиянии различных климатических условий [7-8], натурные испытания [7-8], испытания в условиях ускоренного старения [3] и.т.д). Недостатком экспериментальной данных процесс – необходимо снова ставить эксперимент.

Создание каждый раз новой методики и

оборудования экономически неэффективно и требует большого количества времени. В связи с этим рецептура значительного числа огнезащитных покрытий не может быть точно определена, так как нет данных о распределении температуры и концентрации в системе «строительная конструкция – огнезащитное покрытие».

Сложность математического моделирования объясняется тем, что необходимо исследовать процессы [9]: «строительная конструкция - грунт», «грунт - огнезащитное покрытие», «огнезащитное покрытие – влагозащитный (декоративный слой)», термодеструкцию, вязкоупругие деформации и процессы полного обращения фаз, влияния излучения и конвекции на теплопроводность и оценить наиболее важные зависимости влияющие на распределение концентрации и температуры во времени и пространстве системы «строительная конструкция - покрытие».

Литература:

1. Ю.А.Кошмаров. Новые методы расчета огнестойкости и огнезащиты современных зданий и сооружений.// Пожарная безопасность. – 2002. - №2.
2. С.В.Собурь. Огнезащита материалов и конструкций.// Справочник. – 2-е издание. – М.:Спецтехника. – 2003.
3. С.В.Баженов. Прогнозирование срока службы огнезащитных покрытий. Проблемы и пути решения.// Пожарная безопасность. – 2005. - №5.
4. В.Л.Страхов, А.С.Мельников, А.П.Рудаков, Н.В.Смирнов. Пути повышения эффективности огнезащиты строительных конструкций и воздуховодов.// Пожарная безопасность. – 2004. - №3.
5. С.В.Баженов, С.М.Лашкин, Ю.В.Наумов. Контроль качества огнезащитной обработки древесины с использованием малогабаритного прибора ПМП-1.// Пожарная безопасность. – 2007. - №2.
6. Ю.А.Кривцов, Н.И.Акинин, О.Б.Ламкин, С.А.Максименко, Н.О.Мельников. Сравнительная оценка методов испытания огнезащиты составов для древесины.// Пожарная безопасность. – 2008. - №2.
7. С.В.Баженов, Ю.В.Наумов. Определение срока службы огнезащитных покрытий по результатам натуральных и ускоренных климатических испытаний.// Пожарная безопасность №2005. – 6
8. С.В.Баженов, О.А.Лемешев, Э.В.Сысоева. Сравнение результатов контроля эффективности огнезащитных пропиток деревянных конструкций объектов с различными сроками эксплуатации и данных климатических испытаний.// Пожарная безопасность. – 2006. - №4.
9. С.В.Баженов, Ю.В.Наумов.// Прогнозирование динамики нагрева металлических конструкций с огнезащитной обработкой по результатам определения теплоизолирующих свойств огнезащитных покрытий (лабораторный метод). – 2005. - №1.

Для дальнейшего повышения эффективности огнезащиты строительных конструкций необходимо сделать следующее [4]:

1. Разработать математическую модель, алгоритмы и программы для расчета температурных и концентрационных полей в конструкциях с огнезащитой перспективных типов.
2. Провести численные параметрические исследования разработанной модели и определить варианты модельных огнезащитных составов.
3. Провести экспериментальные исследования модельных огнезащитных составов методом термогидравлического и дифференциально-термического анализа и определить теплофизические характеристики в рабочем диапазоне температур.
4. Провести испытания образцов модельных огнезащитных составов на стенде лучистого нагрева и огневые испытания строительных конструкций с разработанными видами огнезащиты.

ВЫБОР СИСТЕМЫ ВИЗУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ СХЕМ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Смирнов Д.К., Галашов Н.Н.

Научный руководитель: Галашов Н.Н., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: gal@tpu.ru

Моделирование является одним из наиболее мощных средств исследования функционирования сложных технических систем, к которым относятся теплоэнергетические установки.

Моделью объекта называется представление объекта в некоторой форме, отличной от формы его реального существования. Модель обычно создается для: проведения экспериментов, которые невозможно или сложно провести на реальном объекте; ускорения, удешевления, упрощения и любого другого усовершенствования процесса проектирования, достигаемого за счет работы с более простым объектом, чем исходный.

В настоящее время известны и широко используются в научных исследованиях и инженерной практике различные типы моделей и многочисленные методы моделирования. Если взять за основу степень абстрактности (степень отличия от реального объекта), то можно определить следующие типы моделей: физические (натурные) модели (воспроизводят изучаемый процесс с сохранением его физической природы и являются инструментом физического моделирования); аналоговые модели (заменяют один объект на другой с похожими свойствами); математические модели (абстрактные модели, существуют в форме специальных математических конструкций и имеют смысл только для интерпретирующего их человека или машины).

В настоящее время компьютерная промышленность предлагает современному инженеру целый ряд разнообразных средств моделирования, позволяющих не только моделировать сложные системы, но и проводить на моделях сложные эксперименты. Наиболее полное исследование общесистемных проблем получается в результате моделирования объектов с помощью современных технологий, реализованных в специализированных вычислительных пакетах или пакетах визуального моделирования.

На сегодня существует огромное число пакетов визуального моделирования. В них пользователю предоставляется возможность описывать моделируемую систему преимущественно в визуальной форме, например, графически представляя как структуру системы, так и ее поведение (например, при помощи карты состояний). Такой подход позволяет пользователю не заботиться о

К достоинствам этого подхода следует отнести, прежде всего, чрезвычайную простоту создания не очень сложных моделей даже не слишком подготовленным пользователем. В то же вре-

реальной программной реализации модели, что значительно упрощает процесс моделирования. Результаты эксперимента в пакетах визуального моделирования предоставляются в более наглядной для человека форме: в виде графиков, гистограмм, схем, с применением анимации и т.д. Также в той или иной мере поддерживается технология объектно-ориентированного моделирования, что позволяет повторно использовать экземпляры моделей с возможностью внесения в них тех или иных корректив.

Из множества существующих на сегодняшний день пакетов визуального моделирования особый интерес вызывают универсальные пакеты, не ориентированные на определенную узкоспециальную область (физика, химия, электроника и т.д.) или определенные типы моделей (чисто дискретные или чисто непрерывные), а позволяющие моделировать принадлежащие различным прикладным областям структурно-сложные гибридные системы.

Несмотря на то, что современные универсальные пакеты визуального моделирования обладают рядом общих свойств (позволяют строить из блоков иерархические функциональные схемы, предоставляют пользователю схожие библиотеки численных методов, средства визуализации поведения и наборы анимационных возможностей, поддерживают технологию объектно-ориентированного моделирования), все же можно их разделить на три основные группы: пакеты, использующие язык блочного моделирования; пакеты, использующие язык физического моделирования; пакеты, ориентированные на использование схемы гибридного автомата.

Пакеты, принадлежащие к первой группе, используют графический язык иерархических блок-схем. Блок высшего уровня иерархии собирается из некоторого набора стандартных блоков (созданных ранее разработчиками пакета, либо написанных самим пользователем), соединяемых однонаправленными функциональными связями. Собранную функциональную схему можно использовать как блок на следующем уровне иерархии и можно запомнить в библиотеке блоков. В число стандартных блоков входят блоки с чисто непрерывным, чисто дискретным и гибридным поведением.

При создании сложных моделей приходится строить довольно громоздкие многоуровневые блок-схемы, не отражающие естественной струк-

туры моделируемой системы, что усложняет процесс моделирования.

Наиболее известными представителями первой группы являются: подсистема Simulink пакета MATLAB; пакет EASY5; подсистема SystemBuild пакета MATRIX и VisSim.

Пакеты, принадлежащие ко второй группе, позволяют при создании модели использовать неориентированные и потоковые связи. Пользователь может сам определять новые классы блоков. Непрерывная составляющая поведения элементарного блока задается системой алгебро-дифференциальных уравнений и формул. Дискретная составляющая задается описанием дискретных событий (события задаются логическим условием или являются периодическими), при возникновении которых могут выполняться мгновенные присваивания переменным новых значений. Дискретные события могут распространяться по специальным связям. Изменение структуры уравнений возможно только косвенно через коэффициенты в правых частях (это обусловлено необходимостью символьных преобразований при переходе к эквивалентной системе). Подход очень удобен и естественен для описания типовых блоков физических систем. Недостатками являются необходимость символьных преобразований, что резко сужает возможности описания гибридного поведения, а также необходимость численного решения большого числа алгебраических уравнений, что значительно усложняет задачу автоматического получения достоверного решения.

Среди пакетов, принадлежащих ко второй группе, можно отметить: Dymola; Omola и OmSim; Smile; Modelica.

Третья группа включает в себя пакеты, основанные на использовании схемы гибридного автомата. Использование карты состояний при описании переключений состояний, а также непосредственное описание непрерывных поведений системы системами алгебро-дифференциальных уравнений предоставляет большие возможности в описании гибридного поведения со сложной логикой переключений. К недостаткам следует отнести избыточность описания при моделировании чисто непрерывных систем. К этой группе относятся: пакет Shift; пакет Model Vision Studium; пакет UML.

Перечисленные программные пакеты сложны в освоении и требуют много времени для изучения, очень громоздки, предоставляют избыточ-

ные возможности, что усложняет и затрудняет работу в этих пакетах.

Не смотря на наличие такого большого числа программных продуктов визуального моделирования, они до сих пор не нашли применение в области моделирования тепловых схем энергоустановок. Поэтому в данной работе поставлена задача создания программного пакета визуального моделирования тепловых схем энергоустановок на основе существующих программ моделирования тепловых схем турбоустановок [1] с учетом разработок в перечисленных пакетах.

Для написания программы выбран объектно-ориентированный язык программирования Delphi, так как он наилучшим образом подходит для решения поставленной задачи. Delphi - это комбинация нескольких важнейших технологий: высокопроизводительный компилятор в машинный код, объектно-ориентированная модель компонент, визуальное построение приложений из программных прототипов, масштабируемые средства для построения баз данных.

Интерфейс приложения содержит следующие области: палитра элементов – отображает схематические изображения элементов, имеющих в библиотеке элементов, из которых собирается схема; инспектор объектов – отображающий параметры выбранного элемента и позволяющий их изменять. рабочая область – на ней непосредственно строится тепловая схема; главное меню – позволяет выполнять различные операции с документами, настраивать внешний вид программы и т.д.; панели инструментов – содержат набор кнопок, дублирующих некоторые команды меню; строка состояния – в ней отображаются сведения о выделенной команде или выполняемой операции.

Программный пакет имеет удобную справочную систему и систему подсказок, позволяющую неопытному пользователю самостоятельно разобраться со всеми тонкостями и возможностями работы с программой.

Модель строится на основе компонентного принципа, позволяющего разрабатывать новые компоненты на основе существующих и собирать схему из отдельных объектов в визуальном режиме.

Литература:

1. Галашов Н.Н. Объектное моделирование тепловых схем паротурбинных установок. – Электронические станции, 2008, № 12.– С. 16–18.

НАДЕЖНОСТЬ ТУРБОМАШИН ТЭС

Степанов И.А.

Научный руководитель: Литвак В.В., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

Цель данной работы – разработать математическую модель для оценки надежности работы турбоагрегатов.

Вопросы надежности работы теплоэнергетического оборудования тепловых электростанций стали особенно актуальны в настоящее время, после осуществления реформирования электроэнергетики, выхода генерирующих компаний на оптовый рынок электроэнергии и мощности. Анализ и управление надежностью таких энергетических объектов стало одним из наиболее важных при проектировании и эксплуатации.

Поэтому в данной работе предпринята попытка создать модель для оценки надежности работы генерирующей турбоустановки.

В процессе работы турбоустановки в отдельных элементах турбины возникают и развиваются дефекты, которые в конечном итоге достигнув некоторого критического уровня, приводят к отказу. По ГОСТ 15467-79 дефектом называют отдельное несоответствие изделия установленным требованиям.

Следовательно, технологическое оборудование, введенное в эксплуатацию, может работать с незначительными дефектами. В связи с этим можно построить следующую классификацию качества дефектов:

1 – эксплуатационный: при данном дефекте устройство может нормально эксплуатироваться.

2 – критический: при данном дефекте устройство следует остановить в порядке планового обслуживания для ликвидации опасного развития дефекта.

3 – аварийный: при данном дефекте устройство дальнейшая эксплуатация невозможна. Установка должна быть немедленно остановлена для аварийного ремонта.

Так же дефекты можно классифицировать по месту отказа оборудования.

Конструктивные дефекты

Отказы этой группы возникают как следствие несовершенства конструкции (промахов в конструировании) Типичным промахом при конструировании является не учет пиковых нагрузок.

Нагрузка, действующая на систему и ее элементы; обычно имеет случайные вариации. При конструировании стремятся учесть возможность возникновения пиковых нагрузок, т. е. нагрузок, существенно превышающих нормальные эксплуатационные. Если анализ учет нагрузок выполнен недостаточно тщательно, то воздействие пиковых нагрузок приводит к отказам. С точки зрения анализа и расчета надежности важно, что промах в конструировании одинаково сказывается на всех экземплярах рассматриваемой системы или элемента.

Технологические дефекты

Отказы этой группы возникают как следствие нарушения принятой технологии изготовления системы (элемента). Качество отдельных деталей,

узлов и изделия в целом имеет неизбежные случайные вариации. Вариации качества, заключенные в достаточно узких пределах, не сказываются сколько-нибудь заметно на надежности системы. При резких колебаниях качества надежность одних экземпляров оказывается намного ниже надежности других. Поэтому технологические дефекты приводят к снижению надежности у части экземпляров общей совокупности изготовленных систем (элементов).

Эксплуатационные дефекты

Для каждой системы устанавливаются ограничения на условия ее эксплуатации (ограничения на температуру, частоту колебаний и т. д.), задаются правила ухода за системой и ее элементами и т. п.

Нарушение правил эксплуатации приводит к преждевременным отказам, т. е. способствует увеличению скорости преждевременного старения системы. Обычно такие нарушения касаются лишь части эксплуатируемых экземпляров системы.

Старение (износ) системы

Сколь угодно высокое качество элементов и системы в целом не может предохранить их от постепенного старения (износа). В процессе эксплуатации и хранения в металлах, пластмассах и других материалах накапливаются необратимые изменения, которые нарушают прочность, координацию и взаимодействие частей и в конечном счете вызывают отказы.

Таким образом, вариации времени безотказной работы порождаются вариациями качества изготовления, условий эксплуатации и процессами старения.

Именно для того чтобы дефект находился на эксплуатационном уровне, существует система планово предупредительных ремонтов (ППР).

Дефекты возникают и развиваются в каждом определенном элементе турбины. Для их устранения осуществляется типовой объем работ. Следовательно, из опыта эксплуатации заводом-изготовителем уже косвенно разработана модель развития дефектов в каждом отдельном элементе турбоустановки. На основе этого турбоустановку можно разделить на отдельные элементы, так называемые ремонтные узлы, и рассматривать уже её как совокупность ремонтных узлов.

Следовательно, если удастся создать математическую модель возникновения и развития дефекта в каждом ремонтном узле, то в конечном итоге, рассматривая машину как совокупность ремонтных узлов, можно математически оценить надежность ее работы.

Выделяем ремонтные узлы в турбинах К-100-90-5 станционные номера №1,2,3 установленных на Томь-Усинской ГРЭС:

- 1) Генератор
- 2) Регулирующие клапана
- 3) Стопорный клапан

- 4) Обратные клапана отборов
- 5) Главный маслонасос
- 6) Подшипники
- 7) ЦВД
- 8) ЦНД
- 9) Муфты
- 10) Диски
- 11) РВД
- 12) РНД

Каждый ремонтный узел из данной классификации может подразделяться на подузлы, например ЦВД разделяется на обоймы, диафрагмы и т.д.

Рассмотрим подшипники как ремонтный узел и для них проведем анализ. На основе дефектных ведомостей мы можем отследить время работы каждого элемента в турбогенераторе.

В результате анализа графиков останова турбин за 5 лет выводим среднее время работы турбины в год: $\kappa_{раб} = 5800 / 8760 = 0,662$; среднее количество пусков и остановов 5,4 в год.

Можно предположить, что вероятности нарастания дефекта до предельного (критического) уровня равномерно распределены в интервале наработки от t_0 до t_2 . Тогда плотность распределения вероятности будет равна:

$$f(t) = \frac{1}{\int_{t_0}^{t_2} dt} = \frac{1}{t_2 - t_0};$$

Зависимость расчетной плотности распределения от времени в работе представлена на рис. 1.

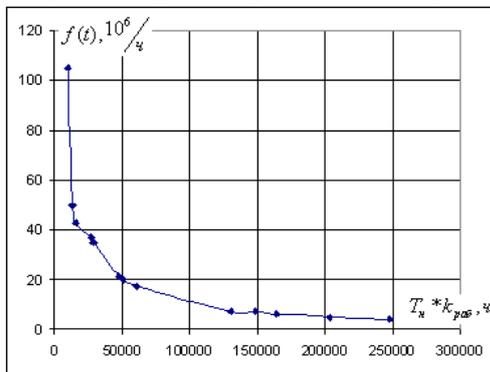


Рис. 1. Зависимость плотности распределения от времени в работе

Частота отказов становится производной характеристикой объекта:

$$\omega = 8760 / T_n$$

Принимаем время восстановления постоянным $T_g = 960$ ч (средняя продолжительность ремонта 40 дней).

Коэффициент готовности - это вероятность того, что устройство будет работоспособно в произ-

вольно заданный момент времени в промежутках между плановыми ремонтами. В силу принятых допущений за межремонтный период отказов не возникает, поэтому:

$$\kappa_r = \frac{T_n}{T_n + T_B}$$

где T_B - продолжительность восстановления после отказа.

Коэффициент вынужденного простоя в этом случае:

$$\begin{aligned} \kappa_B &= \frac{T_B}{\frac{8760}{\omega} + T_B} \\ &= \frac{T_B \omega}{8760 + \omega T_B} \approx \frac{T_B \omega}{8760} \end{aligned}$$

Вероятность безотказной работы:

$$P_{m=0} = e^{-\omega t}, \text{ где } m\text{-вероятность } 0 \text{ отказов.}$$

Зависимость частоты отказов и вероятности безотказной работы от времени в работе представлена на рис. 2.

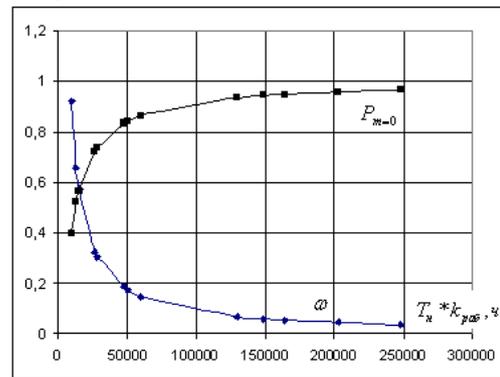


Рис. 2. Зависимость частоты отказов и вероятности безотказной работы от времени в работе.

Из полученных зависимостей можно сделать выводы, что работоспособность подшипника в рассматриваемых объектах имеет чрезвычайно высокий диапазон. Это говорит о том, что начальное качество объекта и качество ремонта напрямую влияют на его работоспособность.

Литература

1. Беляев С.А., Литвак В.В., Солод С.С. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС // Томск 2008г.
2. Родин В.Н., Шарапов А.Г., и др. Ремонт паровых турбин// Екатеринбург 2002г.
3. Литвак В.В. Дефект, как основа оценки надежности оборудования
4. Гриценко А.Г. Турбины 1-2 очереди ТУ ГРЭС история.

ОПЫТНЫЕ ДАННЫЕ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ ПАРОВ ПРИ ПРОСТОЙ ПЕРЕГОНКЕ СМЕСЕЙ

Феоктистов Д.В., Логинов В.С.

Томский политехнический университет, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: dmitrytpu@inbox.ru

Процесс кипения смесей широко применяется во многих отраслях современной техники либо как основной технологический процесс, либо в целях защиты высокофорсированных в тепловом отношении поверхностей нагрева.

Имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о сложном характере зависимости интенсивности теплоотдачи при кипении бинарных смесей от их состава. Для выяснения причин и закономерностей этого явления необходимо, наряду с теоретическим анализом, получение систематических опытных данных [2].

В данной работе приведены результаты опытных исследований температуры паров при простой перегонке на заводском аппарате АРНП-2 [1]. В качестве смесей использованы: этиловый спирт – дистиллированная вода, дистиллированная вода.

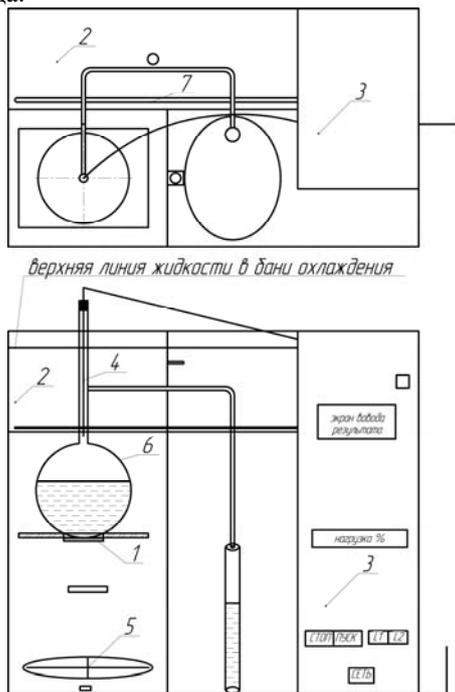


Рис. 1 Перегонный аппарат АРНП-2. 1 - блок нагревателя, 2 - баня охлаждающая, 3 – электронное устройство, 4 - датчик температуры, 5 – вентилятор, 6 - колба Вюрца, 7 - нагревательный элемент.

Блок нагревателя 1 предназначен для нагрева исследуемого продукта и выполнен в виде открытого сверху и снизу металлического кожуха, на лицевой стороне которого изнутри установлен механизм перемещения электронагревателя. В качестве электронагревателя используется круглая плоская спираль диаметром 50 мм., диаметр стержня 2 мм. Источником тепловыделения является электрический ток. Для определения элек-

трической мощности в установку вмонтированы вольтметры и эталонное сопротивление 0,01 Ом (см. рис.2).

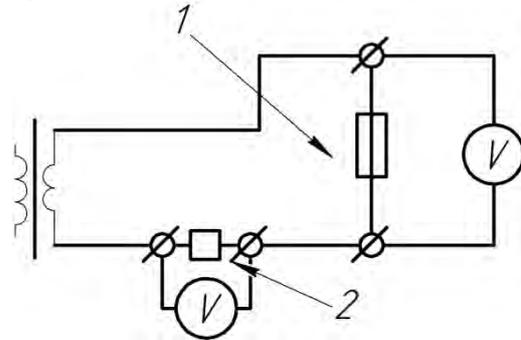


Рис. 2 Расположение вольтметров и эталонного сопротивления относительно нагревателя. 1 – электрический спиральный нагреватель; 2 – эталонное сопротивление.

Используя методику обработки экспериментальных данных [3-6] по определению мощности нагрева использованы общеизвестные зависимости $I_n = I_s = \frac{U_s}{R_s}$, $Q = U_n \cdot I_n = R_n \cdot I_n^2 = \frac{U_n^2}{R_n}$ резуль-

таты приведены в табл.1

Таблица 1 Результаты определения мощности выделяемой спиралью нагрева

Мощ-ть нагрева, %	Первый способ Q,Вт	Второй способ Q,Вт	Третий способ Q,Вт	Истинное значение Q,Вт
10	1,83	1,866	1,806	1,836
20	10,77	12,99	8,930	10,89
30	36,27	34,59	38,03	37,44
40	85,26	86,43	84,1	85,26
50	147,8	147,4	148,23	147,8
60	219,9	219,0	220,9	219,9
70	285,6	313,6	260,1	265,2
80	400	409,6	390,6	400,1
90	490	490	490	490
100	585	608,4	562,5	581,4

По проведенным расчетам абсолютной и относительной погрешности выявлено, что найденная мощность спирали по первому способу на 1-2% более точна, чем по второму и третьему.

Анализ термограмм, полученных экспериментально перегонкой веществ состоящих из одного и двух компонентов, выявил интервалы изменения температуры паров. Рассмотрим их на опыте по дистилляции дистиллированной воды, 40% раствора этилового спирта – дистиллированной воды при мощности нагрева 122,81 Вт.

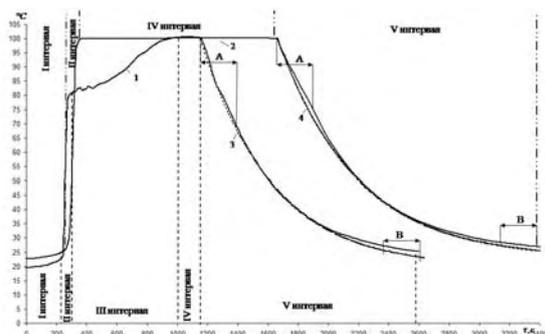


Рис. 3. Термограмма перегоняемых веществ: 1 – 40% этиловый спирт – дистиллированная вода; 2 – дистиллированная вода; 3,4 – кривые охлаждения паров, полученные аналитически по формуле (2) соответственно для 1 и 2 перегоняемой смеси; - - - - - граница интервала соответственно 40% этилового спирта – дистиллированной воды и дистиллированной воды.

Анализ термограммы выявил интервалы перегонки веществ, рассмотрим их для смеси 40 % этилового спирта – дистиллированной воды:

I - интервал разогрева от запуска установки до начала быстропротекающего во времени возрастания температуры паров; II - интервал интенсивного возрастания температуры до кипения низкокипящего компонента; III - интервал полного испарения легколетучего компонента; IV - интервал испарения высококипящего компонента, стационарный режим температуры паров. В данный интервал времени включен промежуток удержания температуры паров, после прекращения подвода тепла за счет аккумуляции тепла системой колба Вюрца - бинарная смесь. V - интервал охлаждения паров.

Сравнение с термограммой однокомпонентной смеси (дистиллированная вода рис. 3) I интервал не имеет зависимости от состава. Наклон кривой II интервала однотипен, правая граница, которого зависит только от начала температуры кипения низкокипящего компонента. III интервал отсутствует, что объясняется составом вещества. IV интервал имеет значительное увеличение временных рамок с учетом равенства объемов дистиллята и кубового остатка. Кривые V интервала имеют одинаправленность, что свидетельствует о безразличии процесса охлаждения паров веществ к составу.

Для аналитического определения температуры паров используем уравнение термически тонкого тела в частном случае, когда входящие в уравнения коэффициенты не зависят от времени, его решение имеет вид:

$$t = t_w + (t_0 - t_w) \exp\left(-\frac{kF\tau}{C_k}\right) + \frac{Q}{kF} \left[1 - \exp\left(-\frac{kF\tau}{C_k}\right)\right]$$

В V интервале подвод тепла отсутствует, соответственно уравнение (1) преобразуется:

$$t = t_w + (t_0 - t_w) \exp\left(-\frac{kF\tau}{C_k}\right) \quad (2)$$

Входящие в последнюю зависимость величины среднemasсовой теплоемкости и коэффициент теплопередачи значительно изменяются во времени. Для их усредненного вычисления выделим на кривой V два участка в начале A и конце процесса охлаждения B (рис. 3).

Используя правило аддитивности, определяем среднemasсовую теплоемкость системы колба Вюрца – бинарная смесь. Находим по зависимости (2) на начальном участке A (рис. 3) среднearифметический коэффициент теплопередачи в интервале не менее 300 секунд. Аналогично на интервале B (рис. 3) вычисляем среднemasсовую теплоемкость по известному коэффициенту теплопередачи.

Найденные величины подставляем в уравнение (2) вычисляя температуру паров процесса охлаждения. В сопоставлении с опытными данными (см. рис. 3) относительная погрешность не превышает 3%.

Таким образом, приведены результаты экспериментальных исследований температуры паров при перегонке веществ. Выявлены температурные интервалы, в зависимости от состава, которые могут быть использованы при расчете оборудования. Для определения температуры паров в процессе охлаждения предложена зависимость (2), погрешность которой не превышает 3 %, что приемлемо для инженерных расчетов.

Литература

1. ООО “Скиф-Аналит” Украина, 02002, г. Киев, ул. М. Расковой, 4а. www.skif-analit.com.ua
2. Тепло- и массоперенос при физико-химических превращениях. Под общей редакцией академика АН БССР А.В. Лыкова и члена-корреспондента ИА БССР Б.М. Смольского. – Минск : Изд-во “Наука и техника”, 1968. – 396с.
3. Илларионов А.Г., Сасин В.Я. Методы обработки экспериментальных данных в исследованиях теплотехнологических процессов. / Под ред. Федорова В.Н. – М. : МЭИ 1987г. -62 с.
4. Воскресенский П. И. Начала техники лабораторных работ. 2-е изд., испр. . — М. : Химия, 1971. — 223 с. : ил. — Предм. указ.: с. 216-223.
5. Захаров Л. Н. Начала техники лабораторных работ. Под ред. Х. В. Бальяна. — Л. : Химия, 1981. — 191 с. : ил. — Библиогр.: с. 189
6. Мановян А. К. Лабораторная перегонка и ректификация нефтяных смесей. — М. : Химия, 1984. — 236 с. : ил. + табл. — Библиогр.: с. 220-225.

**ВЛИЯНИЕ РЕАЛЬНОЙ ВЯЗКОСТИ ПАРОГАЗОВОЙ СМЕСИ
НА ЕЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ
В ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАМЕРАХ**

Хромова Е.М., к.ф.-м.н., доц.

Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2

E-mail: helenka24@rambler.ru

В [1] представлена физико-математическая модель тепломассообмена парогазового потока с каплями жидкости в оросительных камерах различного назначения, в том числе кондиционеров воздуха (КВ). Уравнения модели представлены в лагранжевой системе координат. В модели учтено влияние повышенной концентрации паров жидкости на тепломассообменные процессы с помощью стефановской поправки. Параметры состояния парогазового потока увязаны уравнениями сохранения по теплу и массе с фазовыми переходами испарения – конденсации на поверхностях капель. Учтена переменность массы капель в их уравнениях движения. Такая постановка неудобна для анализа горизонтальных камер, когда значительная часть капель под действием силы тяжести может выпадать из потока в поддон, не доходя до выхода из камеры. В этой связи в [2] рассмотрена постановка этой задачи в континуальном представлении компонентов системы парогазовая смесь – капли, при котором «размазанная» плотность капель будет меняться по всему пространству в зависимости от динамики их движения и выпадения под действием силы тяжести. Уравнения модели имеют вид:

уравнение движения для капель жидкости с учетом переменности их массы за счет процессов испарения- конденсации

$$\frac{d\vec{V}_k}{d\tau} = \vec{g} + \vec{R} - \frac{\vec{V}_k}{m_k} \frac{dm_k}{d\tau}, \quad (1)$$

где \vec{U}, \vec{V}_k – вектора скорости парогазовой смеси и капель; \vec{g} – вектор ускорения силы тяжести; $\vec{R} = -\xi \frac{(\vec{V}_k - \vec{U})}{\tau_k}$ – вектор силы сопротивления, действующей на каплю и приходящейся на единицу ее массы; m_k – масса капли; $\tau_k = \frac{\rho_{ж} \delta_k^2}{18\mu}$;

$\xi_c = \frac{24}{Re_k}$ – коэффициент сопротивления капель при стоксовском законе сопротивления; $\rho_{ж}$ – плотность жидкости; $Re_k = \frac{|\vec{V}_k - \vec{U}| \rho \delta_k}{\mu}$ – число Рейнольдса обтекания капли; μ, ρ – динамическая вязкость и плотность парогазовой смеси;

$$\delta_k = \sqrt{\frac{6 m_k}{\pi \rho_{ж}}} - \text{диаметр капли};$$

уравнение неразрывности для жидкости

$$\frac{d\rho_k}{d\tau} = \frac{\rho_k}{m_k} \frac{dm_k}{d\tau} - \rho_k \nabla \vec{V}_k; \quad (2)$$

уравнение массообмена капли жидкости с потоком парогазовой смеси за счет испарения- конденсации

$$\frac{dm_k}{d\tau} = -\beta \pi \delta_k^2 (\rho_{пк} - \rho_1), \quad (3)$$

β – коэффициент массоотдачи капли, определяемый по концентрационному напору паров;

$\rho_{пк} = \frac{M_1 P_{пк}}{R \Theta_n}$ – плотность насыщенных паров жидкости на поверхности капли; ρ_1 – плотность паров жидкости в потоке; M_1, M_2 – молекулярные массы паров жидкости и сухого газа; $P_{пк}$ – давление насыщенных паров на поверхности капли при температуре ее поверхности Θ_n ; $R = 8,314 \cdot 10^3$ кДж/кмоль·К;

уравнение для влагосодержания

$$\frac{dd}{d\tau} = \frac{W}{\rho_2}, \quad W = -\frac{\rho_k}{m_k} \frac{dm_k}{d\tau}; \quad (4)$$

уравнение для скорости парогазовой смеси вдоль оси камеры

$$U = U_0 \frac{T}{T_{00}} \frac{K+d}{K+d_0}, \quad (5)$$

где $K = M_1/M_2$; d – влагосодержание; $T_{00} = T_0 + t_0$;

уравнение теплообмена капли с потоком парогазовой смеси

$$c_{ж} \frac{dm_k \Theta}{d\tau} = -\alpha_k \pi \delta_k^2 (\Theta_n - T) + r_{ж} \frac{dm_k}{d\tau}, \quad (6)$$

где Θ и Θ_n – абсолютная среднemasсовая температура и температура поверхности капель;

$\alpha_k = \frac{Nu \lambda}{\delta_k}$ – коэффициент теплоотдачи капли; Nu – число Нуссельта теплообмена; $c_{ж}, c_1, c_2, c$ – теплоемкости жидкости, пара, сухого газа, парогазовой смеси;

$c = \frac{c_2 + c_1 d}{1+d}$; $r_{ж}$ – удельная теплота фазовых переходов; λ – коэффициент теплопроводности парогазовой смеси;

уравнение для температуры парогазовой смеси

$$\frac{d(cT)}{d\tau} = - \left[\frac{\alpha_k \pi \delta_k^2 (\Theta_n - T)}{\frac{dm_k}{d\tau}} \right] \frac{dd \rho_2}{d\tau \rho} \quad (7)$$

Уравнения (1) – (7) должны решаться при следующих начальных условиях: при $\tau = 0$

$$\vec{V}_k = \vec{V}_{k0}, \quad \vec{U} = \vec{U}_0, \quad m_k = m_{k0}, \quad d = d_0, \quad \theta = \theta_0, \quad T = T_{00}.$$

Коэффициенты вязкости и теплопроводности в этой модели определяются на основе кинетической теории газов для бинарных смесей:

$$\mu = \frac{\rho_1 \mu_1}{\rho_1 + \rho_2 \Phi_{12}} + \frac{\rho_2 \mu_2}{\rho_2 + \rho_1 \Phi_{21}}; \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{\rho_1 \lambda_1}{\rho_1 + \rho_2 A_{12}} + \frac{\rho_2 \lambda_2}{\rho_2 + \rho_1 A_{21}}, \quad (2)$$

где ρ_1 и ρ_2 – плотности компонентов смеси, вычисляемые по уравнениям

$$\rho_1 = \frac{M_1 P_1}{RT}; \quad P_1 = B \frac{d}{K + d}, \quad (3)$$

$$\rho_2 = \frac{(B - P_1) M_2}{RT}, \quad (4)$$

B – барометрическое давление.

Коэффициенты Φ_{ij} и A_{ij} определяются из выражений:

$$\Phi_{12} = \frac{\left[1 + \sqrt{\frac{\mu_1}{\mu_2} \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^{\frac{1}{4}}} \right]^2}{\left[8 \left(1 + \frac{M_1}{M_2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}}, \quad \Phi_{21} = \frac{\mu_2}{\mu_1} \frac{M_1}{M_2} \Phi_{12}; \quad (5)$$

$$A_{12} = \frac{\left[1 + \sqrt{\frac{\mu_1}{\mu_2} \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^{\frac{3}{4}}} \right]^2}{\left[8 \left(1 + \frac{M_1}{M_2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}}, \quad A_{21} = \frac{\left[1 + \sqrt{\frac{\mu_2}{\mu_1} \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^{\frac{3}{4}}} \right]^2}{\left[8 \left(1 + \frac{M_2}{M_1} \right) \right]^{\frac{1}{2}}}.$$

(6)

В (1) – (6) μ_1 и μ_2 , λ_1 и λ_2 – динамические вязкости и теплопроводности компонентов смеси, которые могут быть вычислены по формулам Саттерленда:

$$\frac{\mu_i}{\mu_{0i}} = \frac{\lambda_i}{\lambda_{0i}} = \frac{T_0 + c_i}{(T_0 + t) + c_i} \left(\frac{T}{273} \right)^{\frac{3}{2}}, \quad i = 1, 2, \quad (7)$$

где при $T=273$ К, $B=101325$ Па для водяного пара $c_1 = 961$, $\mu_{01} = 10,0 \cdot 10^{-6}$ Па · с,

$\lambda_{01} = 1,89 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м К}}$, $M_1 = 18 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$; для воздуха

$c_2 = 124$, $\mu_{02} = 17,3 \cdot 10^{-6}$ Па · с,

$\lambda_{02} = 2,44 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м К}}$, $M_2 = 29 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$; для крекинг-газа

$c_3 = 1462$, $\mu_{03} = 6,5 \cdot 10^{-6}$ Па · с,

$\lambda_{03} = 1,4 \cdot 10^{-2}$, $M_3 = 11,24$ кг/кмоль.

$V_{k0}=12$ м/с; начальная температура капель $\Theta_{k0}=293$ К; начальная температура парогазовой смеси $T_0=333$ К; начальный размер капель $\delta_{k0}=500$ мкм; начальное влагосодержание $d_0=2$ кг/кг сух. возд.; коэффициент орошения $q=10^{-3}$ м³/м³; начальная скорость парогазовой смеси $U_0=3$ м/с. Как видно из рисунка, даже при высоких влагосодержаниях проявление реальных коэффициентов переноса на параметры потока капли – парогазовая смесь незначительно (а) – температура парогазового потока, б) – влагосодержание, в) – температура капель, г) – скорость капель, д) – размер капель, е) – «размазанная» плотность жидкой фазы).

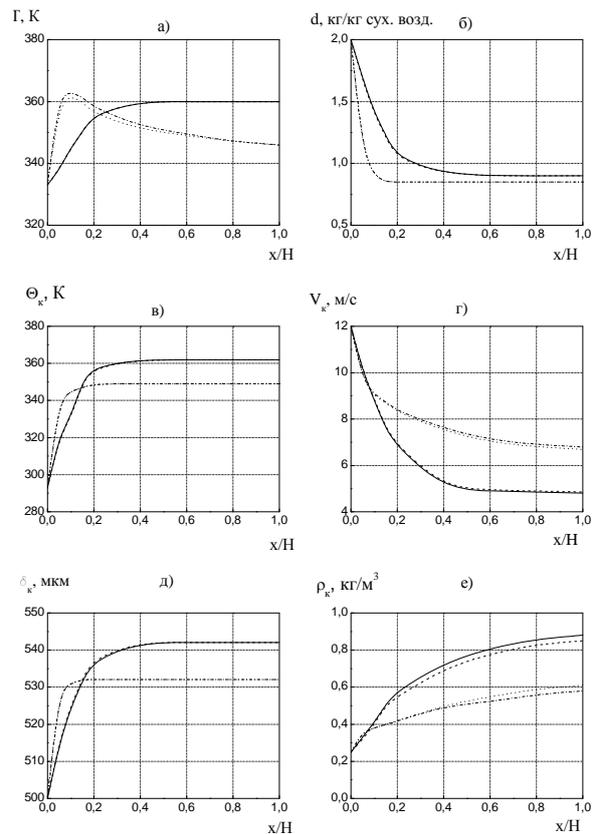


Рис. 1. Сопоставление результатов расчетов по модели с учетом и без учета влажности газа при вычислении значений μ и λ : — — — — — сухой воздух, - - - - - влажный воздух, ······ ······ сухой крекинг-газ, - · - · - · влажный крекинг-газ.

Литература

1. Шиляев М.И., Хромова Е.М. Моделирование процесса тепломассообмена в оросительных камерах // ТОХТ, 2008. Т. 42. № 3.
2. Шиляев М.И., Хромова Е.М. Физико-математическая модель процесса тепломассообмена в форсуночных оросительных камерах при высоких влагосодержаниях // Изв. вузов. Строительство, 2008. №6.

РЕКОНСТРУКЦИЯ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА ДКВр-10-13 С ПАРОВОГО НА ВОДОГРЕЙНЫЙ РЕЖИМ

Шабунина О.С.

Научный руководитель: Логинов В.С., д.ф.-м.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр.Ленина,30
E-mail: oshaunja@mail.ru

Основными направлениями экономического и социального развития России является широкая перспектива совершенствования и развития топливно-энергетического комплекса страны.

В настоящее время, из-за отсутствия средств на обновление основного оборудования и новое строительство, самым эффективным для отопительных котельных, не имеющих отбора пара на технологические нужды, является перевод в водогрейный режим по температурному графику 115-70 °С [1]. Преимуществом такого решения является:

-значительное снижение температуры металла котлов за счет снижения средней температуры воды со 194 до 92,5 °С;

-возможность непосредственного включения котлов в систему теплоснабжения с температурными графиками: 95-70, 105-70, 115-70, 130-70, со врезкой на 115 без изменения диаметров тепловой сети;

-отказ от пароводяных подогревателей, что дает 2-3% экономии на теплопередаче;

-значительное (до 93,5-94%) увеличение КПД котлоагрегатов;

-недорогие изменения и доработки в автоматике безопасности и регулирования.

Все эти факторы дают увеличение КПД котельной на 5-6%.

При переводе котельного агрегата на водогрейный режим необходимо провести гидравлический расчет. Это необходимо, для обеспечения надежности в работе поверхностей нагрева и с установлением давления в отдельных элементах котла. Расчетная схема этого котельного агрегата представлена на рис 1, на котором указаны номера гидравлических участков.

Сетевая вода через котельный агрегат транспортируется в такой последовательности:

обратная вода из обратной сети центробежным насосом транспортируется вначале через экономайзер, затем последовательно через экранные контуры и трубы конвективного пучка.

После экономайзера вода, нагретая продуктами сгорания после их движения через газоотходы котла на 3—5 градусов, направляется в распределительную гребенку экранных контуров.

Все экранные контуры котла заполняются сетевой водой параллельно. После распределительной гребенки вода транспортируется в нижние коллекторы каждого из экранов. Коллекторы нижних

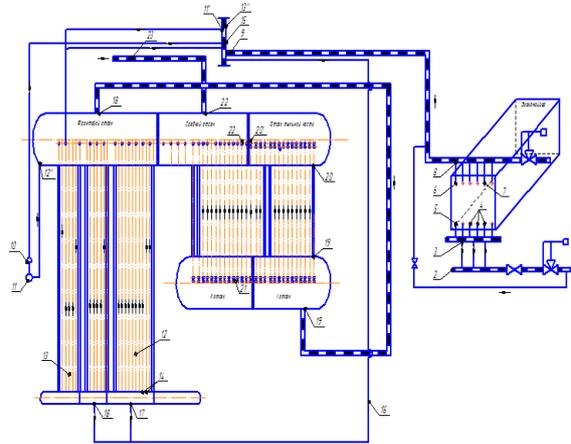


Рис.1. Расчетная схема движения воды через котлоагрегат ДКВр -10/13

экранов соединены с транспортными трубами, подающими воду, переходными патрубками и распределительными гребенками. Последующее движение воды осуществляется через подъемные трубы каждого из экранов.

Из всех четырех экранов (фронтальной, задней и два боковых) вода направляется в фронтальный отсек верхнего барабана котла, который отделен от остальной части барабана сплошной перегородкой, специально устанавливаемой для этой цели.

Из фронтального отсека верхнего барабана вода транспортируется далее по необогреваемой трубе в первый отсек нижнего барабана котла. Первый отсек нижнего барабана отделен от второго отсека сплошной перегородкой, установленной между 13 и 14 рядами труб конвективного пучка.

Вода из первого отсека нижнего барабана транспортируется в отсек тыльной части верхнего барабана, а затем по трубам 14-го ряда заполняет второй отсек нижнего барабана. Из второго отсека нижнего барабана вода транспортируется далее вверх в средний отсек верхнего барабана, откуда и направляется в теплотель.

Расчет выполняется по отдельным участкам тракта в соответствии с рис 1.

Суммарное гидравлическое сопротивление котельного агрегата ДКВр-10-13 соответствующее циркуляционному контуру, представленному на рис. 1 составляет величину, близкую к 0,13 МПа (точнее 0,129 МПа или 1,31 кгс/см²).

Сравнение расчетного сопротивления реконструированного котлоагрегата ДКВр-10-13 после его переоборудования на водогрейный режим, с

соответствующим сопротивлением водогрейных котельных агрегатов теплопроизводительностью 10, 20 и 30 Гкал/ч показывает, что гидравлическое сопротивление котла ДКВр-10-13 немного меньше, чем у котельных агрегатов КВГМ-10 (0,15 МПа или 1,5 кгс/см²) и КВГМ-20 (0,22 МПа или 2,2 кгс/см²).

Проведен поверочный тепловой расчет котла ДКВр-10-13, работающего в водогрейном режиме [2,3]. В результате этого определили расход топлива по углю $B_p = 2160 \text{ кг/ч}$, КПД котла $\eta_{к.а} = 87,48 \%$, температура газов на выходе из котла в дымовую трубу $t = 150^\circ\text{C}$.

Проведен анализ системы золоулавливания, который показал, что эффективность пылеулавливания БЦ на котлах ДКВр-10-13 составляет 69%. Были разработаны альтернативные решения для обеспыливания дымовых газов [4]. Установка включает в себя: разгрузитель, диффузорный пылеконцентратор и выносные циклоны. Эффективность нового вихревого пылеуловителя составляет 95%, гидравлическое сопротивление до 1500 Па. Компонентная схема системы пыле- и золоулавливания приведена на рис.2

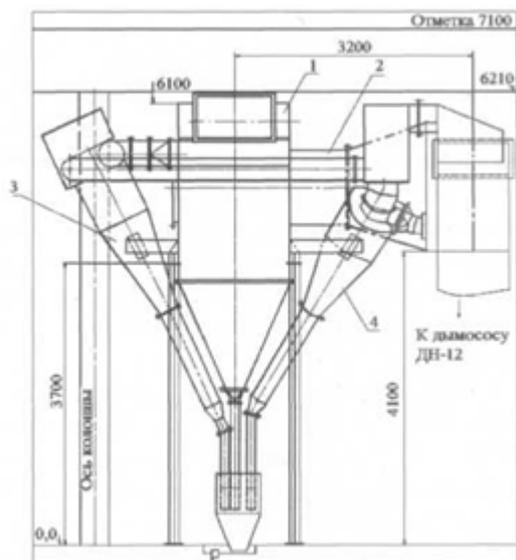


Рис.2. Компонентная схема пыле- и золоулавливания

Энергосбережение - это уменьшение потребления топлива, тепловой и электрической энергии за счет их наиболее полного и рационального использования во всех сферах деятельности человека. Энергосбережение имеет важное значение для

развития мировой экономики и в особенности для развития экономики нашей страны.

Выбрасываемые при сжигании топлива в атмосферу вещества (CO_2 , N_2O , SO_2) и продукты их химических превращений в атмосфере приводят к разрушению озонового слоя, усилению парникового эффекта, появлению кислотных дождей. Увеличивая рост эмиссии углекислого газа, человечество вносит свою долю в общее повышение температуры земной поверхности и изменение климата. Существующие методы очистки не могут полностью избавиться от негативных последствий выбросов. Одновременно загрязняются и поверхностные водоемы - как за счет их нагрева, так и при промывке продуктов сгорания.

Наиболее эффективным способом снижения вредных выбросов в атмосферу является уменьшение объема сжигаемого топлива за счет рационального использования вторичной энергии.

Таким образом, энергосбережение способствует улучшению экологии окружающей среды. Этот фактор особенно важен для теплоэнергетики, базирующейся в основном на топливоиспользующих установках.

Утилизация тепловых энергетических отходов непосредственно связана с экологическими мероприятиями, так как за счет этого достигается снижение вредных выбросов пропорционально экономленному топливу.

Нами предложен метод сжигания выбросов окислов азота, который совмещен с утилизацией теплоты и уловленных компонентов абсорбционным способом.

Литература

1. Глуценко Л.Ф., Шевцов Д.С., Кунцквич Б.В. Перевод промышленно-отопительных котлов с парового на водогрейный режим. - Киев: Будівельник, 1982. - 56 с.
2. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). Издание 3-е, переработанное и дополненное / Издательство НПО ЦКТИ, СПб, 1998.
3. Фурсов И.Д., Коновалов В.В. Конструирование и тепловой расчет паровых котлов: Учеб. пособие для студентов вузов. Издание второе, переработанное и дополненное / Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2001, 266 с.
4. Василевский М.В., Зыков Е.Г. Расчет эффективности очистки газа в инерционных аппаратах: Учебное пособие. - Томск: Изд-во ТПУ, 2005. - 88 с.

О СОБСТВЕННЫХ ЧИСЛАХ ШТУРМА-ЛИУВИЛЛЯ В КРАЕВЫХ ЗАДАЧАХ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА

Шабунина О.С.

Научный руководитель: Логинов В.С., д.ф.-м.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр.Ленина,30
E-mail: oshaunja@mail.ru

Аналитические решения задач теплообмена широко применяются при обосновании технологических режимов (в энергетике, химической промышленности, металлургии и т.д.), а так же при разработке приближенных аналитических и численных методов решения.

Краевые задачи теплопроводности и конвективного теплообмена решаются аналитически методом Кошлякова - Гринберга – методом конечных интегральных преобразований [1,2]. Метод разделения переменных (метод Фурье) является частным случаем выше названного метода.

При решении таких задач появляются собственные числа. Они называются числами краевой задачи Штурма – Лиувилля и находятся из трансцендентных уравнений. Например, для тел канонической формы (пластина, шар, цилиндр) при граничных условиях третьего рода определяются из уравнений [3]:

$$\operatorname{ctg} \mu = \mu / Bi, \operatorname{tg} \mu = -\frac{\mu}{Bi-1}, \frac{J_0(\mu)}{J_1(\mu)} = \mu / Bi. \quad (1)$$

Эти уравнения содержат тригонометрические функции и функции Бесселя. Собственные числа обладают свойством: $\mu_1 < \mu_2 < \dots < \mu_n$. Только в стадии теплового регулярного режима, например для неограниченной пластины $Fo > 0,25$, можно ограничиться одним первым собственным числом μ_1 . Для малых моментов времени $Fo < 0,001$ потребуется не один десяток собственных чисел.

Поэтому поиск приближенных методов расчета собственных чисел и температурных полей в настоящее время является актуальной проблемой.

Покажем это на примере задачи теплообмена в цилиндрической трубе при гидравлически стабилизированном течении [4].

Стационарная задача описывается уравнением энергии для несжимаемой жидкости с постоянными физическими свойствами при отсутствии в потоке источников теплоты и диссипации энергии. В цилиндрических координатах в безразмерной форме она имеет вид:

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial \theta}{\partial R} = (1-R^2) \frac{\partial \theta}{\partial X}, \quad (0 < R < 1, x > 0) \quad (1)$$

при граничных условиях:
при $x=0$ и $0 \leq R < 1$ $\theta = 1$; (2)

при $x \geq 0$ $R = 0$ $\frac{\partial \theta}{\partial R} = 0$; (3)

при $x \geq 0$ $R = 1$ $\theta = 0$.

Решение дифференциального уравнения (1) находим с помощью метода Фурье. Его можно представить в виде ряда, содержащего εR лишь в четных степенях:

$$\psi(\varepsilon R) = \sum_{n=0}^{\infty} b_{2n}(\varepsilon R)^{2n}.$$

В [4] сделан вывод: «Ряд сходится при любых εR и ε . Постоянная ε определяется из граничного условия (3) (при $R=1$ $\psi = 0$):

$$1 - \frac{1}{4} \varepsilon^2 + \frac{1}{16} \left(\frac{1}{\varepsilon^2} + \frac{1}{4} \right) \varepsilon^4 + \dots = 0. \quad (4)$$

Это уравнение имеет бесконечное множество корней».

В таблице 1 приведены собственные числа ε рассчитанные по уравнению (4).

Таблица 1. Собственные значения

n	ε [1]	Расчет по уравнению (4)	
		n = 8 Δ	n = 15 Δ
0	2,704364	$-4,235 \cdot 10^{-4}$	$-2,031 \cdot 10^{-7}$
1	6,679031	-6,768	-0,016
2	10,673380	$-1,805 \cdot 10^3$	-100,813
3	14,671078	$-1,00 \cdot 10^5$	$-6,27 \cdot 10^4$
4	18,669872	$-2,327 \cdot 10^6$	$-1,07 \cdot 10^7$
5	22,669143	$-3,09 \cdot 10^7$	$-7,93 \cdot 10^8$
6	26,668662	$-2,772 \cdot 10^8$	$-3,229 \cdot 10^{10}$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

Из таблицы 1 видно, что из всех приведенных собственных чисел ε ($n = \overline{0,6}$) только одно значение 2,704364 удовлетворяет требова-

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, гранты 08-08-00143а, 08-08-07000-Д.

нию условия (4), у которого невязка $\Delta = 2,031 \cdot 10^{-7}$ при $n = 15$. Остальные собственные числа не рекомендуются для практических расчетов, так как $\Delta \gg 0$.

Поэтому возникла необходимость в разработке приближенных методов оценки теплового состояния элементов энергетического оборудования. Так, для неограниченной пластины при граничных условиях первого рода получено приближенное решение. Оно имеет вид при малых числах Фурье ($Fo < 0,02$):

$$\theta(X, Fo) = \frac{\vartheta(x, \tau)}{\vartheta_0} = 1 - \exp \left[- \left(\frac{1-X}{\sqrt{Fo}} \right)^2 \right].$$

Видно, что решение не содержит множества собственных чисел и не требуется для их вычислений решения трансцендентных уравнений.

Плотность теплового потока:

$$q = \sqrt{\frac{\lambda c \rho}{\tau}} [T_0 - T(x, \tau)].$$

Решение исходной задачи теплопроводности при больших числах Фурье ($Fo > 0,1$), предлагаемым приближенным методом конечных интегральных преобразований, имеет следующий вид:

$$\theta(X, Fo) = \frac{\mu^2}{2} \cdot (1 - X^2) \exp(-\mu^2 Fo),$$

где $\mu = 1,5811$.

Это первое собственное число. Оно отличается от $\pi/2$ с погрешностью 0,66%. При этом величина максимальной температуры не превышает 9% от точной величины в предельном случае при $Fo > 2,0$.

Плотность теплового потока при больших числах Fo :

$$q = \frac{\mu^2}{2} \frac{\lambda}{R} \cdot (T_n - T_c) \exp(-\mu^2 \frac{a\tau}{R^2}).$$

Выводы.

1. Оценивая точность определения первых трех собственных чисел [4], отметим значительные затраты времени авторов на получение дополнительных собственных чисел.

2. На основе известных в литературе классических методов решения задач теплопроводности

предложен простой приближенный метод расчета температурного поля в элементе для малых чисел $Fo < 0,02$ с погрешностью 0,1%. На примере импульсного термогенератора [5] в [6] получены этим методом точные зависимости. Для таких чисел $Fo < 0,003$ потребовалось бы не менее 40 собственных чисел при расчете по точному аналитическому решению.

3. Для больших чисел $Fo > 0,1$, предложен приближенный метод конечных интегральных преобразований, в основе которого использован метод Кошлякова-Гринберга. Предлагаемый метод является развитием известных методов (Акаева-Дульнева и Цоя П.В. [7]). В предельном случае при $Fo \geq 2$ максимальная погрешность расчета температур по отношению к точным значениям не превышает 9%.

Практическая реализация предложенных методов не требует разработки пакета прикладных программ для современных средств вычислительной техники.

Литература

1. Кошляков Н.С. Основные дифференциальные уравнения математической физики. М.: Гостехтеоретиздат, 1939.
2. Гринберг Г.А. Избранные вопросы математической теории электрических и магнитных явлений. М.: Изд-во АН СССР, 1948. 729 с.
3. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. 600с.
4. Исаев С.И., Кожин И.А., Кофанов В.И. и др. Под ред. А.И. Леонтьева Теория теплообмена. М.: Высш.школа, 1979. 495 с.
5. Акаев А.А., Дульнев Г.Н. Новый приближенный аналитический метод для решения краевых задач теплопроводности //Сб. трудов ЛИТМО. Вып.70Л., 1972. С.3-48.
6. Логинов В.С. Приближенные методы теплового расчета активных элементов электрофизических усяненок. М.: Физматлит, 2009. 267 с.
7. Цой П.В. Методы расчета задач теплообмена. М.: Энергоатомиздат, 1984. 423 с.

БЕЗНАПОРНЫЕ ГЭС КАК ИСТОЧНИК АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ, ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТУРБУЛИЗАЦИИ ВОДНОГО ПОТОКА ПЕРЕД ТУРБИНОЙ

С.А. Янковский

Научный руководитель: Кузнецов Г.В., профессор, д. ф.-м.н.,
Томский Политехнический Университет, г. Томск, пр. Ленина,30
E-mail: Jankovsky@tpu.ru

На территории России, зоны децентрализованного энергоснабжения составляют более 70%. По данным различных источников, в указанной зоне проживает до 20 млн. человек.

Как правило, электроснабжение населения в таких районах осуществляется с использованием дизельных электростанций, работу которых делают крайне неэкономичной высокая стоимость получаемой электроэнергии и трудности с завозом топлива. Так, стоимость одного кВт*ч электроэнергии, вырабатываемой с помощью ДЭС, например, в Тыве, доходит до 10 рублей. В то же время многие из указанных регионов обладают значительным энергетическим потенциалом возобновляемых источников энергии, использование которых крайне актуально.[1]

Одним из наиболее эффективных направлений развития возобновляемых источников энергии в России является использование энергии небольших водотоков с помощью микро- (с единичной мощностью энергоагрегата до 100 кВт) и малых (с единичной мощностью до 10 МВт) ГЭС. При этом необходимо отметить, что экономический потенциал малой гидроэнергетики превышает экономический потенциал таких возобновляемых источников энергии, как ветер, солнце и биомасса вместе взятых.

Этот потенциал используется крайне слабо, тогда как в недалеком прошлом (50 - 60-е годы) в стране эксплуатировалось несколько тысяч МГЭС.

Одним из основных достоинств объектов малой энергетики является их экологическая безопасность. В процессе их сооружения и последующей эксплуатации обеспечивается сохранение окружающей природы: отсутствуют вредные воздействия результатов строительства на свойства и качество воды и, тем самым, обеспечивается возможность сохранения рыбохозяйственной значимости водоемов, а также источников водоснабжения населения.[2]

Анализ используемой техники и современных требований к микро- и малым ГЭС позволил выявить целый ряд свойственных им недостатков:

➤ Объект малой гидроэнергетики уязвим с точки зрения выхода из строя, в результате чего потребители остаются без энергоснабжения (решением проблемы, является создание совместных или резервных генерирующих мощностей — ветроагрегата, когенерирующей мини-котельной на биотопливе, фотоэлектрической установки и т.д.).

➤ Разрушение плотины и гидроагрегатов в результате перелива через гребень плотины при неожиданном подъеме уровня воды и несрабатывании запорных устройств. В некоторых случаях МГЭС способствуют заиливанию водохранилищ и оказывают влияние на руслоформирующие процессы.

➤ Существует определенная сезонность в выработке электроэнергии (заметные спады в зимний и летний период), приводящая к тому, что в некоторых регионах малая гидроэнергетика рассматривается как резервная (дублирующая) генерирующая мощность.

➤ Недостаточная изученность гидрологического режима и объемов стока малых водотоков;

➤ Низкое качество действующих методик, рекомендаций и СНиПов, что является причиной серьезных ошибок в расчетах;

➤ Незавершенность методик оценки и прогнозирования возможного воздействия на окружающую среду и хозяйственную деятельность;

➤ Слабая производственная и ремонтная база предприятий, производящих гидроэнергетическое оборудование для МГЭС.

➤ Недостаточно изучено влияние турбулизации потоков перед гидротурбиной.[3]

Исходя из современного рынка использования МГЭС, необходимо выделить следующие виды турбин:

Компания "Энерго-Альянс" производит Низконапорные гидроагрегаты.

В силу своей специфики турбины ООО "Энерго-Альянс" могут эксплуатироваться при напорах от 1 метра и получать при этом мощности порядка 6-8 кВт, при наличии необходимых расходов воды. Турбины снабжены устройством для регулирования расхода воды в процессе эксплуатации и автоматическим устройством защиты гидроагрегата от разгона при внезапном отключении энергопотребителей.

Мини-ГЭС на тросах.

Калифорнийская компания Bourne Energy разработала серию генераторов, которые могут преобразить малую гидроэнергетику.

Аппараты RiverStar, TidalStar и OceanStar призваны стать основой сравнительно недорогих и легко масштабируемых гидроэлектростанций (ГЭС), работающих на реках (RiverStar), в проливах (TidalStar) и в открытом море (OceanStar). Эти установки обладают рядом любопытных особенностей.

RiverStar представляет собой капсулированный модуль с поплавком для удержания ротора на заданной глубине, плавником-стабилизатором, медленно вращающейся крыльчаткой (не наносящей повреждений рыбам), генератором и преобразователем напряжения. Несколько таких капсул, по замыслу Bourne Energy, могут быть погружены в речной поток для создания мини-ГЭС.

Модули RiverStar не требуют для установки каких-либо работ на дне реки, якорей и плотин. Держится такая цепь генераторов на паре натянутых поперек реки стальных тросов (идуших под водой). Вместе с этими тьягами на берег идут кабели, по которым поступает ток. Мощность одной такой капсулы составляет 50 кВт (при скорости течения в 7,4 км/час). 20 блоков RiverStar могут обеспечить электричеством 1 тыс. близлежащих домов.

Рукавные всесезонные гидроэлектростанции

Луч-1, Луч-2, Луч-4 и Луч-10.

Всесезонные рукавные гидроэлектростанции номинальной электрической мощностью 1, 2, 4 и 10 кВт предназначены для выработки электроэнергии без сооружения плотины за счет использования энергии самотечного потока.

При использовании каскадного монтажа данные рукавные микро-ГЭС могут использоваться как в малых хозяйствах, так и для промышленного производства электроэнергии, особенно в местах, удаленных от ЛЭП.

Погружные гидроагрегаты с поперечно струйными турбинами могут быть использованы для получения электрической энергии в случае, когда сооружение плотины необходимой для работы турбины нецелесообразно, либо по причине затопления значительных земельных площадей и расположенных на них сооружений или в случае, когда водотоки служат для прохода ценных пород рыб на нерест.

Практически для установки погружных агрегатов можно использовать любые водотоки, имеющие достаточные ширину, глубину и скорость течения воды порядка 3 метров в секунду. Чем выше скорость течения воды, тем большую мощность можно получить при одних и тех же габаритах агрегата. Погружные гидроагрегаты могут эксплуатироваться круглогодично, в том числе на реках с неполным промерзанием русла. В этом случае агрегат должен быть установлен под нижнюю кромку льда. Для обеспечения дома освещением и отоплением достаточно гидроагрегата мощностью около 5 - 10 кВт. [4]

С развитием МГЭС, необходимо и проводить научные исследования, благодаря которым увеличится темп внедрения их в эксплуатацию. Актуальным на данный момент, является исследование МГЭС безнапорных, погружного типа.

В связи с этим можно выделить следующие научные направления:

- Изучение влияния завихрения потоков воды перед турбиной;
- Изучения влияния завихрителей на увеличение турбулизации потока воды;
- Математическое моделирование формирования турбулентных течений непосредственно перед турбиной;
- Моделирование образования турбулентных потоков за счет использования искусственных турбулизаторов;
- Математическое моделирование влияния турбулентных потоков на увеличение мощности турбины.

Одним из основных недостатков эксплуатации безнапорных МГЭС, является минимальная скорость течения в руслах рек. Увеличение скорости течения воды, проходящей через турбину, позволит увеличить ее мощность. Поэтому в конструкции погружных гидроагрегатов необходимо предусмотреть наличие устройств, позволяющих создать турбулизацию течения воды непосредственно перед поступлением ее на лопасти рабочего колеса турбины.

В качестве турбулизаторов потоков жидкости перед турбиной, предполагается использовать следующие технические сооружения:

- Установка перед турбиной решетчатых завихрителей;
- Создание турбулизации путем уменьшением проходного сечения к месту установки гидроагрегата
- Создание цилиндрического турбуизатора. При столкновении воды с цилиндром создается турбулентность, которая преобразуется в вихревой поток.
- Использование шнекового турбулизатора, поток жидкости закручивается по направлению шнека.

Литература:

1. Безруких П.П. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции «Энергетическая безопасность и малая энергетика. XXI век». Санкт-Петербург, 2002 г.
2. Бекаев Л.С., Марченко О.В., Пинегин С.П. и др. Мировая энергетика и переход к устойчивому развитию. Новосибирск, Наука, 2000.
3. Малая гидроэнергетика. Под ред. Л.П.Михайлова, М.: Энергоиздат.1989.
4. Великанов А.Л., Закачурина Е.В. Роль малых ГЭС в рациональном использовании малых рек. //Гидротехническое строительство. 1987. № 2.
5. Арбузов Ю.Д., Евдокимов В.М., Зайцев С.В. и др. Возобновляемые источники энергии в России до2010год.//Возобновляемаяэнергия.М.:Интерсоля рцентр.2002.
6. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии. Под ред. П.П.Безруких. Спб.: Наука, 2002.

**АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В СЛОЕ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ФОРМИРОВАНИЯ ВИХРЕВЫХ СТРУКТУР
В РЕЗУЛЬТАТЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ
ПРОДУКТАМИ СГОРАНИЯ НАТУРАЛЬНЫХ ТОПЛИВ ТЭС**

В.Е. Губин, С.А. Янковский

Научный руководитель: Г.В. Кузнецов, профессор, д. ф.-м.н., Декан ТЭФ.

Томский Политехнический Университет, г. Томск, пр. Ленина, 30

Jankovsky@tpu.ru

Математическое моделирование теплофизических процессов при формировании вихревых структур в атмосфере Земли в результате загрязнения воздушной среды продуктами сгорания натуральных топлив ТЭС весьма актуально.

В настоящее время в научных кругах всего мира повышение благосостояния населения стран связывается с энерговооруженностью экономики, т.е. развитием энергетики. [1]

Одним из основных источников энергии является тепловая энергия, получаемая от сгорания угля, нефти, газа, торфа, горючих сланцев. Наиболее характерно для ТЭС химическое и тепловое загрязнение, так как в процессе преобразования энергии возникают значительные потери в виде тепловых отходов. [1]

На прилегающих к станциям территориях ТЭС оценка загрязнения окружающей среды производится преимущественно экспериментальным способом. Современная техника и технологии позволяют определять состав всех загрязняющих компонентов продуктов сгорания различных топлив. Такой способ не дает возможности определения концентрации вредных примесей и формирование вихревых процессов на больших территориях и на различных высотах, так как измерения производятся в отдельных точках. Для оценки загрязнения необходим расчет поля среднегодовых приземных концентраций оксидов азота от выбросов предприятий теплоэнергетики. Необходимо отметить, что экспериментальный метод позволяет дать оценку уже произведенным выбросам, а математическая модель позволяет спрогнозировать концентрацию вредных примесей и вероятность формирования вихревых процессов в результате загрязнения атмосферы продуктами сгорания топлив. [2]

Процесс распространения промышленных выбросов происходит за счет их переноса воздушными массами и диффузии, обусловленной турбулентными пульсациями воздуха. Затем вредные вещества распадаются на изолированные вихревые образования, увлекаемые на большие расстояния от источника.

В связи с этим возникает необходимость математического моделирования формирования вихревых процессов, что позволит с максимальной точностью контролировать их появление, перемещение и распространение с ними приземных концентраций вредных примесей.

Целью работы является необходимость создания абсолютно нового более целостного, точного и эффективного решения трехмерной математической модели теплопереноса, при формировании вихревых структур в атмосфере Земли в результате загрязнения воздушной среды продуктами сгорания натуральных топлив ТЭС.

В соответствии с поставленной целью решаются следующие задачи:

- Сформировать комплекс, учитывающий основные процессы, влияющие на создание модели, в результате которой выводимые данные с достаточной точностью должны прогнозировать формирование вихревых процессов, учитывая характеристики источника выбросов, среднегодовые данные температуры, влажности и объема выбрасываемой смеси, загрязняющих веществ, коэффициента среднегодовой нагрузки каждого источника, плотности атмосферного воздуха, степени трансформации оксидов азота, окислов, твердых частиц и других факторов, характеризующих метеоусловия.
- Разработка алгоритма и программы трехмерной модели формирования вихревых структур в атмосфере Земли в результате загрязнения воздушной среды продуктами сгорания натуральных топлив ТЭС.
- Разработка методики выбора оптимальных данных используемых в алгоритме программы для получения максимально достоверных результатов прогнозирования.
- Впервые поставлена и решается задача - создание трехмерной математической модели формирования вихревых процессов Земли в результате загрязнения атмосферы сгоранием натуральных топлив ТЭС.

Задача не имеет аналогов по постановке и методу решения.

Рассмотрим теплоперенос в однородной сферической оболочке:

Запишем уравнение теплопроводности в сферической системе координат:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda \left[\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right]$$

Данная постановка задачи решается методом конечных разностей.

Зададим начальные и граничные условия:

При $t = 0; T = T_0; 0 \leq r \leq R;$

При $r = 0; \partial T / \partial r = 0; t > 0;$

При $r = R; T = T_h$;

$$r_i = (i-1)h, \quad i = 1, \dots, N; r_1 = 0, \dots, r_N = R, \quad h = R/(N-1);$$

Для определения температурного поля использовались параметры слоя тропосферы. Количество пространственных узлов: $N = 10$; Радиус $R = 10 \text{ км}$;

Начальная температура $T_0 = 293^\circ \text{К}$; $T_h = 278^\circ \text{К}$.

Используя язык программирования Delphi7, написана программа для определения температурного поля в сферической системе координат методом конечных разностей. Температурное поле представлено на рисунке 1.

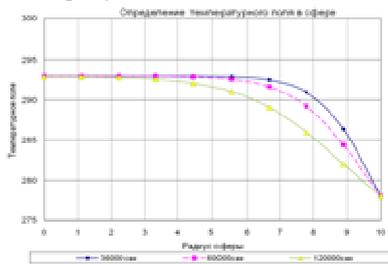


Рисунок 1

В слое тропосферы температура воздуха охлаждается на каждый километр по высоте. Поэтому рисунок 1 наглядно демонстрирует равномерное охлаждение слоя атмосферы в различные промежутки времени.

Рассмотрим условия теплопереноса в одномерном уравнении двухслойной сферы. Слой первый — это твердая оболочка земли, слой второй — это слой тропосферы. Также поставленная задача решается методом конечных разностей.

Для решения поставленной задачи, запишем для каждого слоя уравнение теплопроводности в сферической системе координат:

$$\begin{cases} \rho_1 c_1 \frac{\partial T_1}{\partial t} = \lambda_1 \left[\frac{\partial^2 T_1}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T_1}{\partial r} \right]; & R_1 \leq r \leq R_2; \\ \rho_2 c_2 \frac{\partial T_2}{\partial t} = \lambda_2 \left[\frac{\partial^2 T_2}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T_2}{\partial r} \right]; & R_2 \leq r; \end{cases}$$

Запишем начальные и граничные условия:

При $t = 0; T = T_0; R_1 \leq r \leq R_2;$

При $r = R_1; -\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial r} = -\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial r}; T_1 = T_2;$ граничные условия четвертого рода;

При $r = R_2; -\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial r} = k(T^* - T_2); t > 0;$ граничные условия третьего рода;

$r_i = R_1 + (i-1)h, \quad i = 1, \dots, N; \quad h = (R - R_1)/(N-1);$ Для первого слоя

Значения плотности, теплопроводности и т.д. использовались параметры земли. Для второго слоя использовались параметры тропосферы.

Также используя язык программирования Delphi7, написана программа для определения температурного поля для двухслойной сферы. Первому радиусу соответствует радиус земли, второму радиусу соответствует слой тропосферы 10 км. Температурное поле представлено на рисунке 2.

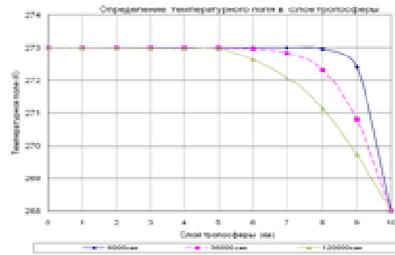


Рисунок 2

На рисунке два наглядно видно, что при увеличении высоты от радиуса земли увеличивается температура охлаждения.

На первом этапе решения поставленной задачи, а именно моделирование процесса формирования вихревых структур в результате загрязнения воздушной среды продуктами сгорания натуральных топлив ТЭС. Решена задача определения температурного поля в слое атмосферы, без учета факторов учитывающих характеристики источника выбросов, среднегодовые данные температуры, влажности и объема выбрасываемой смеси, загрязняющих веществ, коэффициента среднегодовой нагрузки каждого источника, плотности атмосферного воздуха, степени трансформации оксидов азота, окислов, твердых частиц и других факторов, характеризующих метеоусловия. Следующие решения поставленной задачи будут включать в себя вышеперечисленные факторы, с переходом на двумерную постановку задачи и с последующим переходом на решения трехмерной задачи моделирования, теплофизических процессов формирования вихревых структур в атмосфере земли в результате загрязнения воздушной среды продуктами сгорания натуральных топлив ТЭС.

Литература:

1. Гаврилов В. П. Рассеяние примеси от стационарных источников в приземном слое атмосферы / В. П. Гаврилов, Ю. К. Горматюк // Метеорология и гидрология. – 1989. – № 2. – С. 37–47.
2. Рогалев Н.Д., Прохоров В.Б., Курдюкова Г.Н., Хатунцева Н.В. Исследование загрязнения воздушного бассейна Москвы выбросами предприятий теплоэнергетики и автотранспорта // Теплоэнергетика. 2003. №12.
3. Янковский С.А., Губин В.Е., Гвоздяков Д.В. XV Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии» / Сборник трудов в 3-х томах. Т. 3. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – С.363-365
4. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1975.
5. Дымников В.П. Устойчивость и предсказуемость крупномасштабных атмосферных процессов – М.:ИВМ РАН, 2007. – 283с.

ЛАМИНАРНЫЕ РЕЖИМЫ СОПРЯЖЕННОЙ ЕСТЕСТВЕННОЙ КОНВЕКЦИИ В ЗАМКНУТОЙ ПОЛОСТИ СО СТЕНКОЙ КОНЕЧНОЙ ТОЛЩИНЫ

М.А. Аль-Ани

Научный руководитель: Г.В. Кузнецов, д.ф.-м.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: maathe_a@yahoo.com

Введение:

Термосифоны могут широко использоваться в различных системах регулирования теплового режима. Но их применение ограничено в связи с отсутствием методов расчета основных характеристик их работы. В настоящем исследовании решена задача моделирования сопряженного теплопереноса в термосифоне в режиме естественной конвекции в замкнутой области. При постановке задачи не учитывались процессы фазовых переходов на нагреваемой и охлаждаемой границах области решения. Использованы переменные «функция тока – вихрь» для описания ламинарного режима течения газа. Учитывалось наличие источника тепловыделения на левой границе области решения. На верхней и нижней границах записывались условия 2-го рода для уравнения энергии.

Постановка задачи.

Система, изображенная на Рис.1, представляет собой область [1], ограниченная массивной стенкой с конечной теплопроводностью с одной стороны и осью симметрий течения с другой. Горизонтальные стенки являются адиабатическими. Обозначим поперечный размер L , толщину сплошной стены – t , высоту – H . Движение газа в области обусловлено естественной конвекцией.

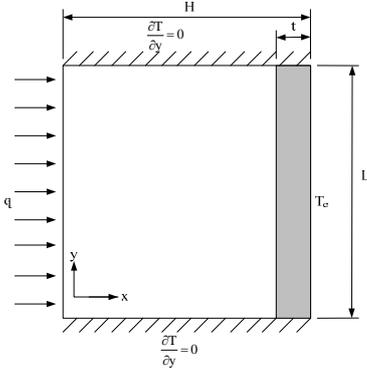


Рис. 1. область решения задачи
Математическая модель.

Уравнения неразрывности, движения и энергии в газовой фазе имеют вид:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (2)$$

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \rho \beta g (T - T_o) \quad (3)$$

$$\rho C_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) = \lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad (4)$$

для твердой фазы уравнение теплопроводности:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial Y^2} \right) \quad (5)$$

Уравнение (1-4) могут быть записаны в иной форме, не содержащей давления и в ряде случаев более удобной для численной реализации [2]. В декартовых координатах эта система записывается переменных (ω, ψ) имеет виде:

$$\rho \left(\frac{\partial \omega}{\partial t} + u \frac{\partial \omega}{\partial x} + v \frac{\partial \omega}{\partial y} \right) = \mu \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right) + \rho \beta g \frac{\partial T}{\partial x} \quad (6)$$

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial Y^2} = -\omega \quad (7)$$

Функция тока ψ и вихрь ω заданы соотношениями:

$$u = \frac{\partial \psi}{\partial y}, v = -\frac{\partial \psi}{\partial x}, \omega = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$$

Для приведения к безразмерному виду системы уравнений (4-7) использовались следующие соотношения:

$$X = \frac{x}{L}, Y = \frac{y}{L}, \tau = \frac{t}{t_o}, U = \frac{u}{V_o}, \Theta = \frac{T - T_o}{\Delta T},$$

$$\Psi = \frac{\psi}{\psi_o}, \Omega = \frac{\omega}{\omega_o}, V_o = \sqrt{g \beta \Delta T L}, \psi_o = V_o L,$$

$$\omega_o = \frac{V_o}{L}, Ra = \frac{g \beta \Delta T L^3}{\nu a \lambda}, Pr = \frac{\nu}{a}, F_o = \frac{a t_o}{L^2}$$

Математическая постановка задачи тепловой гравитационной конвекции в безразмерных переменных примет вид:

$$\frac{\partial \Omega}{\partial \tau} + U \frac{\partial \Omega}{\partial X} + V \frac{\partial \Omega}{\partial Y} = \frac{1}{\sqrt{Gr}} \left(\frac{\partial^2 \Omega}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Omega}{\partial Y^2} \right) + \frac{\partial \Theta}{\partial X} \quad (8)$$

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial Y^2} = -\Omega \quad (9)$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial \tau} + U \frac{\partial \Theta}{\partial X} + V \frac{\partial \Theta}{\partial Y} = \frac{1}{\sqrt{Ra \cdot Pr}} \left(\frac{\partial^2 \Theta}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Theta}{\partial Y^2} \right) \quad (10)$$

для твердой фазы :

$$\frac{\partial \Theta}{\partial Fo} = \Delta \Theta = \left(\frac{\partial^2 \Theta}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Theta}{\partial Y^2} \right) \quad (11)$$

Граничные условия.

Безразмерные граничные условия для уравнений (8-11) имеют вид :

$$X = 0, \quad 0 \leq Y \leq L, \quad \frac{\partial \Theta}{\partial X} = -1, \quad \Psi = 0$$

$$X = H - \frac{t}{H}, \quad 0 \leq Y \leq 1, \quad \left[\begin{array}{l} \frac{\partial \Psi}{\partial X} = 0, \Psi = 0 \\ \frac{\partial \Theta_{\text{gas}}}{\partial X} = \lambda_{2,1} \cdot \frac{\partial \Theta_{\text{fl}}}{\partial X} \end{array} \right]$$

$$X = H, \quad 0 \leq Y \leq 1, \quad \Theta = 0$$

$$Y = (0, L), \quad 0 \leq X \leq H - \frac{t}{H}, \quad \frac{\partial \Psi}{\partial Y} = 0, \quad \frac{\partial \Theta}{\partial Y} = 0$$

$$Y = (0, L), \quad H - \frac{t}{H} < X \leq H, \quad \frac{\partial \Theta}{\partial Y} = 0$$

Сформулированная краевая задача (8)-(11) с соответствующими начальными и граничными условиями решена методом конечных разностей [3-5].

Результаты.

На рис. 2 представлено влияние относительного коэффициента теплопроводности $\lambda_{2,1}$ на режимы переноса тепла в замкнутой области при постоянных параметрах ($Ra=10^5$, $W=t/H=0.15$). Изменение $\lambda_{2,1}$ приводит к незначительным модификациям в структуре линий тока. В случае $\lambda_{2,1}=1$ на стенке формируется существенный температурный градиент, а при $\lambda_{2,1}=10$ величина этого градиента уменьшается.

На рис. 3 показано, что увеличение числа Рэля приводит к формированию слоистого течения внутри полости со значительным градиентом температуры вблизи вертикальной границы. Линии тока отражают интенсификацию конвективного течения с ростом Ra .

Влияние толщины стенки на поля течения и температуры при $Ra=10^5$, $\lambda_{2,1}=5$ представлено на Рис. 4. Установлено, что увеличение толщины стенок снижает интенсивность конвективных течений.

Заключение.

В настоящей работе проведен численный анализ ламинарных режимов естественной конвекции в замкнутой области. Рассматриваемая краевая задача математической физики была решена методом конечных разностей. Установлено, что увеличение числа Рэля и относительного коэффициента теплопроводности приводят к интенсификации теплопереноса в полости, а при увеличении толщины стенки заметно ослабление конвекции.

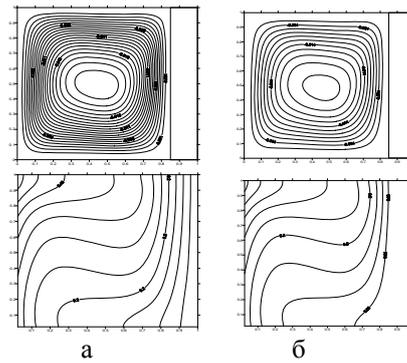


Рис. 2. $Ra=10^5, W=0.15, a \lambda_{2,1}=1, b \lambda_{2,1}$

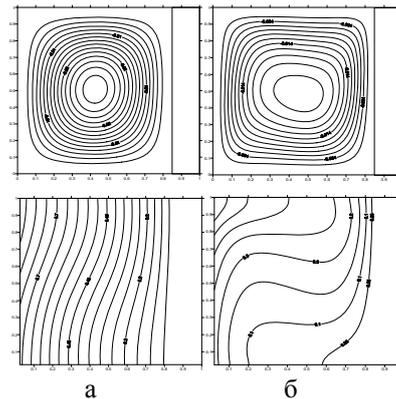


Рис. 3. $W=0.15, \lambda_{2,1}=10, a Ra=10^3, b$

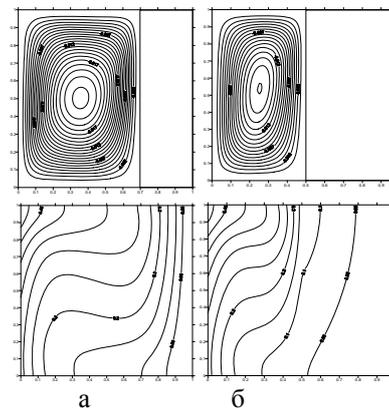


Рис. 4. $Ra=10^5, a W=0.3, b W=0.5$

Список литературы

1. R.Ben Yedder, E. Bilgen, Laminar natural convection in inclined enclosures bounded by a solid wall. Heat and mass transfer 32(1997) 455-462.
2. Matjaz Ramsak, A multidomain boundary element method for unsteady laminar flow using stream function-vorticity equations, Engineering Analysis with Boundary Elements 29 (2005) 1-14
3. Роуч П. Вычислительная гидродинамика. М. Мир, 1980-616 с.
4. Самарский А.А. Теория разностных схем 1977-655 с.
5. В.М.Пасконов, В.И.Полежаев, Л.А.Чудов. Численное моделирование процессов тепло и массообмена. 1984.

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОТДАЧИ НА ТЕМПЕРАТУРУ 3-Х МЕРНОГО УГЛА ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

Фудобин С.А., Козлобродов А.Н., Цветков Д.Н.
 Научный руководитель Козлобродов А.Н., д.ф.-м.н.
 ТГАСУ, 634002, Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2
 E-mail: akozlobrodov@mail.ru

При численном моделировании тепловых мостов строительных конструкций согласно СНиПам РФ и европейским стандартам ISO на внутренней поверхности конструкции величина коэффициента теплоотдачи (α_{int}) не является постоянной. В зависимости от цели моделирования (расчет теплопотерь или оценка риска конденсации), в зависимости от направления теплового потока и типа строительного элемента (например, стеклопакет), а также положения (например, в углу) необходимо рассматривать различные значения коэффициента теплоотдачи α_{int} .

Величина α_{int} зависит от многих факторов и даже в пределах одной поверхности строительной конструкции может заметно изменяться [1,2].

В настоящей работе рассматривается влияние α_{int} на минимальную температуру внутренней поверхности теплового моста. Многочисленные наблюдения показывают, что температура достигает своего минимального значения в углу строительной конструкции, где значение α_{int} оказывается меньше, чем на глади стены. Поэтому для оценки риска конденсации представляется интересным исследовать влияние α_{int} на температуру угла.

Для решения поставленной задачи использовался программный комплекс ANSYS, отмеченный с положительной стороны многими исследователями [3].

На рис. 1(а)-(б) представлены элементы строительной конструкции, представляющие 1/8 часть закрытой комнаты.

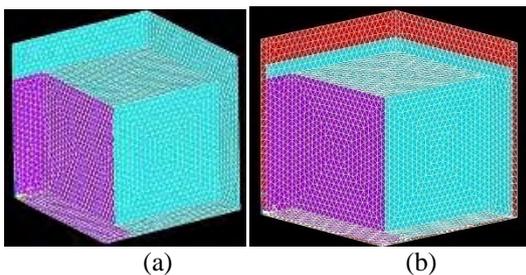


Рис. 1. Геометрия анизотропного однослойного (а) и 2-х слойного (б) 3-х мерного теплового моста

В случае (а) материалом конструкции является сосновый брус толщиной $\delta=0.3$ м и внутренней длиной $L=1.0$ м. В случае (б) стены и потолок покрыты снаружи слоем пенопласта (для стен толщина утеплителя составляет 0.05 м, а для потолка 0.2 м). При этом для рассматриваемых конструкций общая толщина, как стен, так и потолка сохраняется неизменной. Ко-

эффициенты теплопроводности для сосны в продольном и поперечном направлениях соответственно равны $\lambda_{long}=0.28$ Вт/(м °С), $\lambda_{cross}=0.14$ Вт/(м·°С), а для пенопласта $\lambda_{isol}=0.05$ Вт/(м·°С).

На рис. 2 и 3 показаны результаты расчета стационарных температурных полей для 2-х рассматриваемых конструкций, соответствующие одинаковым теплофизическим параметрам при которых температура наружного воздуха $t_{out}=-20$ °С, коэффициент теплоотдачи со стороны стен $\alpha_{out}=23$ Вт/(м² °С), а со стороны потолка $\alpha_{out}=12$ Вт/(м² °С), что соответствует параметрам СНиП для наружных ограждений.

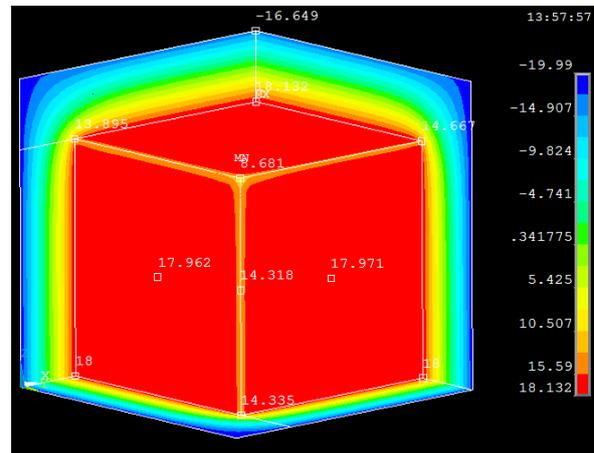


Рис.2. Температурное поле однослойной конструкции

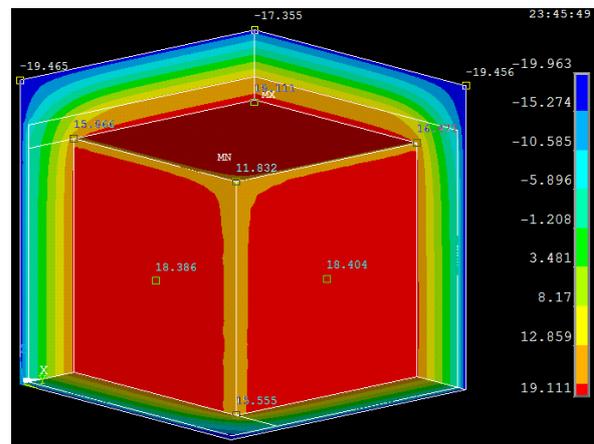


Рис.3. Температурное поле 2-х слойной конструкции

При этом температура воздуха над потолком задавалась -18°C , т.е. была на 10% выше наружной. Температура воздуха внутри комнаты задавалась $+20^{\circ}\text{C}$, а коэффициент теплоотдачи полагался равным $8.7\text{Вт}/(\text{м}^2\text{C})$.

Из рисунков видно, что на внутренней поверхности конструкций именно в углу температура оказывается минимальной. Поэтому область угла является наиболее опасным местом с точки зрения образования конденсата на поверхности.

Своего максимального значения температура достигает в угловой точке, расположенной против угла.

Различие значений температуры, в точках равноотстоящих от угла объясняется анизотропией материала конструкции.

Рисунок 4 иллюстрирует влияние α_{int} на температуру угла при различных температурах наружного воздуха.

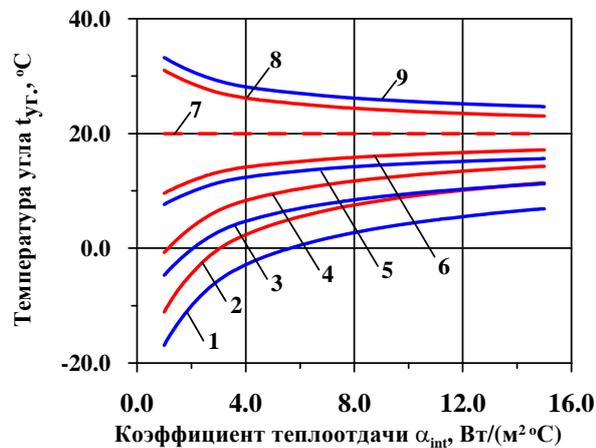


Рис. 4. Зависимость температуры угла от внутреннего коэффициента теплоотдачи при различных температурах наружного воздуха.

(кривые 1,3,5,7,9 для конструкции (а) и 2,4,6,7,8 для конструкции (б) соответствуют температурам $-40, -20, 0, 20, 40^{\circ}\text{C}$).

Из представленного рисунка видно, что при $t_{\text{out}} = -40^{\circ}\text{C}$ вероятность образования конденсата в области угла велика даже для утепленной конструкции, т.к. точка росы при нормальной влажности $\varphi = 50\%$ и температуре внутреннего воздуха 20°C составляет 9.28°C , а температуры угла для случаев (а) и (б) соответственно равны 3.33 и 8.1°C , т.е. использование утеплителя заданной толщины позволяет повысить температуру почти на 5°C . С повышением температуры наружного воздуха температура в угле естественно растет, но разность температур для рассматриваемых конструкций при одинаковых значениях α_{int} начинает сокращаться и при $t_{\text{out}} = 0^{\circ}\text{C}$ составляет всего 1.5°C .

Анализ результатов показывает, что для того чтобы уменьшить риск конденсации при низких температурах наружного воздуха необходимо либо увеличить толщину бруса или теплоизоляции,

либо понизить температуру воздуха внутри помещения.

На рис.5 показано изменение температуры поверхности стен конструкций (а) и (б) в сечениях $z=0$ и $z=1$.

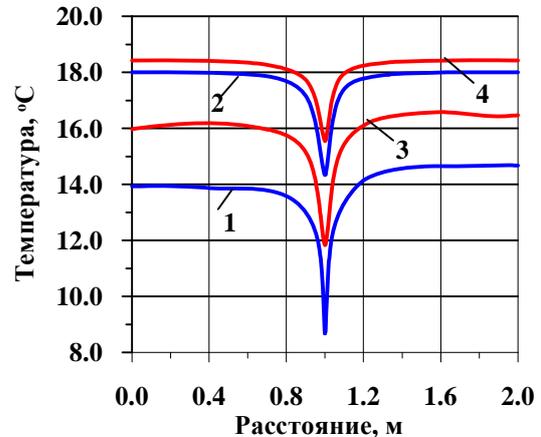


Рис.5. Изменение температуры на внутренней поверхности конструкции при $z=0$ и $z=1$

Кривые 1,2 соответствуют конструкции (а), а 3 и 4 - (б) для температуры наружного воздуха -20°C . При этом линии 1и 3 относятся к $z=1$, а 2 и 4 к $z=0$.

В углу конструкций температура имеет минимальное значение. При этом резкое падение температуры начинается примерно на расстоянии 0.3 м от угла. Несимметричность поведения линий 1,3 опять же объясняется анизотропией материала конструкции. Ранее проведенные расчеты показали, что для изотропного материала распределение температуры является симметричным. По мере удаления от угла в направлении оси z наблюдается не только рост температуры, но и выравнивание ее значений (симметричность).

Для того, чтобы выяснить изменение коэффициента теплоотдачи на внутренних поверхностях реальной строительной конструкции следует решить обратную задачу теплопроводности, используя параметры температурных полей, полученные на основе анализа тепловизионных измерений. Обобщение этих данных позволило бы получить функциональную зависимость $\alpha_{\text{int}}(x,y,z)$ и использовать ее в дальнейшем при решении прямых задач.

Список литературы

1. Ильинский В. М. Строительная теплофизика (ограждающие конструкции и микроклимат зданий): Уч. пособие для инж.-строит. вузов. – М.: «Высш. школа», 1974. – 320 с.
2. Snandaert P. Proposal for using a nominal temperature factor and a nominal linear transmittance in thermal bridge evaluations // Kopractice physibl. –2002. №11. –Р.1-13.
3. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. – М.: Едиториал УРСС, 2003. –272 с.

СЕКЦИЯ 11

**ДИЗАЙН И ТЕХНОЛОГИЯ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ
ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ**

ДИЗАЙН КНИЖНЫХ ПОЛОК

Акентьева О. Е., Шишова А. А.

Научный руководитель: Воробьева Е.И., ст. преподаватель
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: annechka51@mail.ru

Целью нашей работы является изучение истории книжных шкафов, рассмотрение различных типов полок, а также разработка собственного дизайна книжной полки в стиле Хай-Тек.

[4] Проследив историю шкафа, нами было обнаружено, что практически до конца 15-го века сундук был самым главным предметом интерьера. Он был очень многофункционален. На больших и широких сундуках спали, сундуки расставлялись вдоль стен и на них сидели, в сундуках хранили одежду, посуду, провизию, книги и письма. Без сундука не обходился ни один дом.

Хотя, справедливости ради, стоит сказать, что в 15 веке уже были известны и такие конструкции, которые мы бы назвали именно шкафом в сегодняшнем нашем понимании, однако выглядел это как распашные двери прикрывающие ниши и проемы. Такая дверь, как правило не доходила не до верха, ни до низа проема, напоминала скорее распашную конструкцию типа «ранчо», однако функционально это было похоже на шкаф. Образцы подобных дверей встречаются в церковной архитектуре 14—15 веков в Германии, Голландии и Англии.

И вот наконец, в конце 15-го века, кому-то неизвестному, но абсолютно гениальному голландцу пришла мысль поставить сундук на торец и получился шкаф. Затем поставили два сундука рядом — вот вам уже и двустворчатый шкаф.

Практически в это же самое время — в начале 16го века, во Франции кто-то додумался поставить сундук на подстолье и получился знаменитый «кабинет» — сундук с откидной крышкой.

С тех пор можно говорить о том, что началась эпоха шкафа. Шкаф, не теряя своего утилитарного значения, стал превращаться в изысканный и важный элемент интерьера. В первую очередь стали меняться материалы — вместо грубых дощатых щитов, появляется изысканная отделка, резьба, токарные элементы, инкрустация и знаменитая чертозианская мозаика и ажурные металлические накладки.

[1] Технический прогресс не обошел и процесс создания мебели. Начиная с 19 века шкафы стали менее громоздкими, приобрели более строгие, рациональные формы, а с начала 20 в. стали использоваться стенные шкафы и ниши. Постепенно шкаф стал разборным, а не цельным, да и

делали шкафы теперь не из цельного дерева, а из новых материалов, с применением стальных трубок, металлических деталей.

Со временем некоторые дизайнеры упростили конструкцию шкафа, что в итоге привело к возникновению книжных полок, которые не так массивны и порой более удобны.

[3] Книжная полка - с одной стороны простая вещь, а с другой стороны нуждается в проработке и свежей идеи, что и является трудностью на пути к её созданию. Но, тем не менее, чем сложнее задача, тем интереснее результат.



Рис. 1 Пример дизайна навесных книжных полок.



Рис. 2 Пример дизайна свободно стоящей книжной полки.

И для того чтобы глубже понять тему и прийти к созданию собственного проекта, рассмотрим какие виды полок существуют:

-Встроенные

Стационарные полки идеально подходят комнатам больших размеров, придавая ощущение настоящей библиотеки. Обычно эти полки изготавливаются по индивидуальному заказу, поэтому их можно подогнать под необходимые вам размеры, а также включить и дополнительные элементы – например, буфет.

-Свободно стоящие

Свободно стоящие полки более доступны они гораздо дешевле встроенных и предлагают вам множество вариантов расстановки благодаря своей мобильности. Их можно украсить лепным декором или покрасить в тон комнате. Из соображений безопасности свободно стоящие полки нужно крепить к стенам.

-Настенные

Полки, крепящиеся на стены, являются идеальным выбором, если вы желаете максимально выгодно использовать вертикальное пространство в небольшой комнате. Их можно удобно расположить над рабочим столом, в нише или над невысоким телевизором. Такие полки не рекомендуется перегружать, так как тяжелые тома могут вырвать крепления полок из стены, поэтому необходимы очень прочные скобы, рассчитанные на вес книг. Недорогой альтернативой встроенным или свободно стоящим полкам является размещение настенных полок от пола до потолка.

[2] Книжные полки могут быть открытыми, полуоткрытыми и закрытыми.

-Открытые полки – это обычные полки в виде обработанной горизонтальной доски, установленные на кронштейны.

-Полуоткрытые книжные полки представляют собой прямоугольник или квадрат с дном, верхней крышкой, боковинами, и задней панелью.

- Закрытый вариант полок – это то же самое, что предыдущий, но с той лишь разницей, что лицевая часть закрыта стеклом или пластиком.

Рассмотрев все типы, мы решили предоставить свой вариант навесных книжных полок. Причиной этого послужил тот факт, что чаще всего навесные книжные полки служат для декоративного размещения книг.

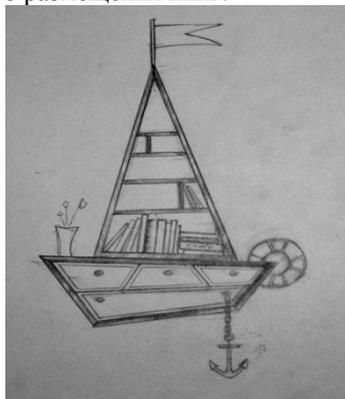


Рис. 3 Дизайн книжной полки для детской комнаты.

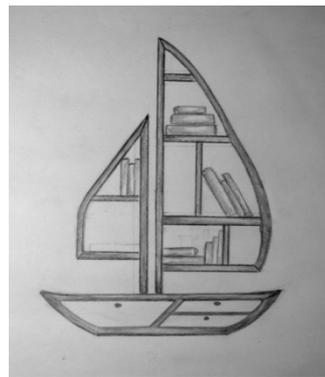


Рис. 4 Дизайн книжной полки для детской комнаты.

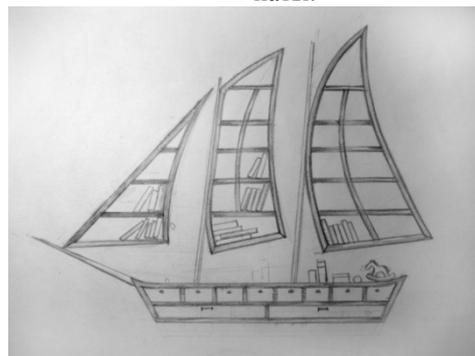


Рис. 5 Дизайн книжной полки для гостиной.

Тема книжных полок и книжных шкафов уникальна. Шкаф заслуживает целого трактата не только благодаря своей истории. Невозможно подсчитать количество произведений, где герои выбирают шкаф в качестве “потайного места”, не говоря уже об известных анекдотах, где шкаф выступает чуть ли не главным героем. А выражения, ставшие крылатыми: “глубокоуважаемый шкаф”, “шкафчик мой”, “здесь продается славянский шкаф?”! Что уж говорить о “скелетах в шкафу” или финской поговорке “я покажу, где стоит шкаф” — означающей “покажу, кто в доме хозяин”... А это означает, что шкаф по-прежнему в моде, вне зависимости от того, какой он: платяной шкаф, книжный шкаф, шкаф для посуды или шкаф-купе, и возможностей его воплощений различное множество

Литература:

1. Материалы сайта <http://www.shkaf4u.ru/articles/322-interesnyie-detali>
2. Материалы сайта <http://www.redwoodmaster.ru/catalog/bookcase.html>
3. Материалы сайта <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B0>
4. Материалы сайта <http://www.libb.ru/2/>.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИЗАЙНА САЙТА

Беляева А.М.

Научный руководитель: Кухта М.С., д.ф.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: sashambel@gmail.com

В современном мире всё большее место в жизни человека занимает интернет. Интернет стал одним из основных источников информации и его роль в деятельности человека постоянно увеличивается. В мировой сети существуют миллионы сайтов с самой различной информацией, но только часть всех сайтов полностью передают свою основную идею, и информация, которую они несут в себе, воспринимается пользователем. Вся информация сайта воспринимается человеком посредством зрения, поэтому каждая страница должна быть композиционно организована, то есть представлять собой единое целое. Дизайн сайта должен соответствовать своему назначению и эстетическим и эргономическим требованиям - необходим баланс между визуальной эффективной графикой и легким, доступным интерфейсом с понятной навигационной структурой.

В данной статье концептуальный анализ дизайна сайта проводится по следующим аспектам: 1. психология восприятия, целостность сайта; 2. цвет и его зависимость от идеи сайта; 3. структура сайта; 4. образы; 5. фактура и фон.

При использовании сайта читатель должен с первого взгляда видеть основную идею. При этом должно возникать ощущение целостности всей страницы – текст, изображения и пустое пространство не должны существовать отдельно – они должны взаимодействовать и гармонизировать друг с другом. Страница сайта оказывает психологическое воздействие на читателя посредством композиции, структуры и цвета.

Цвет выполняет одну из основных функций в восприятии сайта. Психическое воздействие цвета влияет не только на органы зрения, но и на другие органы чувств. Цвет является средством, которым можно непосредственно влиять на психику [1, с. 140]. При выборе цвета для оформления сайта следует в первую очередь учитывать основную идею и воздействие конкретного цвета на восприятие человека. При этом учитывается и сочетание цветов. Каждое цветовое воздействие, возникающее в глазах и в сознании человека, обладает своим содержанием и смыслом. Восприятие цвета является психофизиологической реальностью [2, с. 19]. С каждым цветом у человека возникают определённые ассоциации. Поэтому, к примеру, на сайтах туристических агентств целесообразно использовать яркие, насыщенные цвета в сочетании с пастельными, так как такие сочетания настраивают на отдых и ассоциируются с летом, весельем; и наоборот - в дизайне сайтов официального, делового содержания применяются более спокойные и часто холодные сочетания цветов, тёмные тона,

которые придают строгость и серьёзность, помогают сосредоточиться и сконцентрировать внимание на конкретном объекте.

Восприятие сайта сильно зависит и от его структуры. Здесь не должно быть перегрузки текстом и стоит учитывать размер шрифта, межстрочный интервал, длину и высоту строк. Строки текста, расположенные слишком тесно, ухудшают скорость чтения, поскольку в этом случае соседние линии считываются одновременно. Глаз не может фокусироваться на чрезмерно близких строках, читатель бесполезно тратит энергию и утомляется быстрее. Аналогично и для строк, слишком далеко отстоящих друг от друга.

Колонка не должна быть слишком широка и слева и справа необходимо присутствие свободного пространства, чтобы глазу проще было переходить с одной части страницы на другую. Ширина колонки должна быть пропорциональна размеру шрифта. Чересчур широкие колонки утомляют глаза и имеют неблагоприятный психологический эффект. Слишком сжатые колонки также мешают чтению, поскольку прерывают его процесс и фрустрируют читателя, заставляя сменять строки слишком часто [3].

Пустое пространство – ещё одна составляющая структуры сайта. Благодаря пустому пространству текст начинает «дышать». Использование пустого пространства уменьшает уровень напряжения, так как улучшает фокусирование на главном. В то же время нежелательно использование слишком большого количества пустого пространства, что вызывает ощущение пустоты, а информация теряется на большом свободном поле.

Использование различных образов улучшает восприятие сайта и добавляет разнообразие в дизайн. Визуальные образы лучше воспринимаются глазом и хорошо запоминаются. Расположение, содержание образов зависит от информации, которую несёт в себе сайт.

Фактура и фон, как и остальные элементы дизайна сайта, зависят от его основной идеи и целей. Фактура добавляет выразительности основной идее сайта, способствует наилучшей её передаче. Выбор фона является значимой частью дизайна сайта, поскольку он заполняет основное пространство страницы и от него зависит восприятие текста и образов. В качестве фона могут использоваться изображения, но они не должны перебивать основную информацию страницы.

Для примера концептуального анализа были отобраны сайты официальных учреждений и туристических операторов. В соответствии с основной задачей, идеями, которые сайты несут в себе, их

главные страницы были проанализированы по перечисленным выше критериям. Для сопоставления были выбраны как российские, так и европейские веб-сайты.

В качестве сайтов официального содержания были взяты сайты Правительства России (www.government.ru) и муниципалитета города Томска (www.admin.tomsk.ru), Томского политехнического (www.tpu.ru) и Венского технического (www.tuwien.ac.at) университетов.

Цветовая гамма сайта Правительства РФ выбрана в соответствии с национальным флагом, также использована фактура шёлковой ткани флага. Выбранная гамма и фактура хорошо передают основную идею сайта, но это является практически единственной положительной чертой данного дизайна. В остальных аспектах оформление сайта имеет недостатки. Сайт плохо организован по структуре – присутствует слишком много пустого пространства, ссылки на основные разделы расположены неудобно и не воспринимаются как основные разделы сайта. Основная информация трудно различима. В дизайне отсутствует целостность всех элементов.

Сайт муниципалитета г.Томска хорошо организован по композиции, основные разделы фокусируют на себе взгляд пользователя. Но присутствует перегруженность страницы, что вносит дискомфорт при использовании сайта. Выбранная гамма соответствует характеристике города, как славящегося своими деревянными зодчествами, однако данное сочетание не несёт в себе идеи административного, управленческого характера. Она обладает седативным действием и не настраивает на серьёзность.

Для сайтов университетов, соответственно, выбраны цветовые гаммы их гербов, которые изначально призваны передавать серьёзность, стремление к знаниям и цели. В качестве визуальных образов используются гербы и корпуса университетов, что уже несёт в себе некую информацию. Как сайт Томского политехнического университета, так и сайт Венского технического университета воспринимаются как единое целое, то есть все элементы дизайна гармонируют. В восприятии информации сайт ТПУ уступает сайту Венского технического университета (TUW), поскольку присутствует перегрузка текстом и ссылки на основные разделы сливаются с остальной информацией. На главной странице TUW присутствует минимум информации, основные разделы легко различимы и в дизайне нет ощущения тяжести. Данные черты характерны для большинства европейских сайтов.

Сайты туристических операторов несут в себе информацию, противоположную информации выше рассмотренных сайтов. Данные организации

созданы для отдыха, следовательно, при посещении сайтов туристических агентств должно возникнуть желание путешествий, релаксации, приключений и беззаботности. Были выбраны сайты трёх туристических компаний: Tez Tour (www.teztour.com), Инна Тур (www.inna.ru) и Alexander Tour (www.alexandertour.com). Во всех сайтах использованы разные сочетания цветов. В дизайне сайта первого оператора используются голубой цвет в сочетании с жёлтым, что ассоциируется с небом, солнцем, морем и даёт ощущение свежести и лёгкости. Но, в связи с перегруженностью текстом и нечётким выделением разделов, нет акцента на основной информации – взгляд рассеивается по всей странице. Сайт второго оператора не перегружен информацией, в нём нет лишних элементов и достаточно пустого пространства, но отсутствует целостность элементов – все они существуют отдельно друг от друга.

Дизайн сайта оператора Alexander Tour (европейский оператор) выполнен в гармоничном сочетании всех элементов структуры сайта. Основные разделы и главная информация легко воспринимаемы, отсутствует перегруженность текстом. Использованная фактура соответствует главной идее сайта. Но цветовая гамма не несёт в себе психологического настроя, необходимого для сайта туристического оператора. Использование тёмных холодных синего и коричневого цветов не обладает седативным действием и не вызывает ассоциаций отдыха, веселья и беззаботности.

От дизайна сайта зависят его функционирование и популярность. Пользователь заходит на сайт для осуществления своих целей и удовлетворения потребностей, поэтому сайт должен сразу ориентировать читателя по содержащейся информации, экономя при этом его время на поиски и доставляя удовольствие от использования. Современный человек всё больше времени тратит на поиски нужной информации в интернете, то есть «всемирная паутина» становится неотъемлемой частью его жизни, а значит влияет на его мировосприятие, поведение и психику, поэтому каждый элемент дизайна сайта должен быть продуманным – каждая линия, каждый оттенок цвета должны нести в себе главную идею сайта, влияя таким образом на его восприятие.

Список литературы:

1. Кухта М.С. Восприятие визуальной информации: философия процесса. Томск: Издательство Томского государственного педагогического университета, 2004. 202с.
2. Иттен Й. Искусство цвета. Д. Аронов, 2007. 95с.
3. <http://www.designr.ru/articles/kriterii-100-chitaemosti-saitov>.

ВИДЫ ОГРАНКИ И ПРИМЕНЕНИЕ К НИМ МЕТОДА СДВОЕННОЙ ОГРАНКИ

Блинова И.В.

Научный руководитель: Куликовских С.Н., к.и.н., доцент

ГОУВПО филиал ЮУрГУ в г. Златоусте, 456209, Россия, г. Златоуст, ул. Тургенева, д.16

E-mail: iri.blinova@mail.ru, maria@zb-susu.ru

В настоящее время в производстве художественных изделий из металла, особенно ювелирных украшений используют сплавы драгоценных и цветных металлов, но наряду с ними часто применяют и неметаллические материалы, к которым в первую очередь относятся драгоценные, полудрагоценные и поделочные камни.

В камнерезном производстве существует четыре способа обработки камня: 1) металлическими резцами (мягкие породы – агальматолит, змеевик, гипс, янтарь и др.); 2) камнетесный, скалывание камня ударными инструментами (гранит, песчаник, известняк); 3) абразивами – пиление, шлифование (твердое камнесамоцветное сырье – агат, нефрит, яшмы, родонит, кварц); 4) огранка камней для ювелирных изделий [1, с. 245].

При огранке камню придают строго определенные геометрические формы с тем или иным числом, формой и размером граней. Она играет существенную роль в ювелирном деле, так как от типа, точности и тщательности огранки во многом зависит выявление всех свойств камня: оптических и колористических (цвет, блеск, дисперсия цвета и т.п.) [2, с.76]. Существуют следующие типы (виды) огранки самоцветов: 1) полирная или ступенчатая, 2) клиньями, 3) «розой», 4) бриллиантовая, 5) смешанная или комбинированная, 6) фантазийная, 7) кабошоном.

Для бриллиантовой огранки характерны треугольные или клиновидные грани, тогда как при ступенчатой огранке все грани более или менее прямоугольны и расположены ступенями [3, с.162].

Полирная, или ступенчатая, огранка имеет широкую верхнюю площадку и различное количество ступеней, часто ее называют «изумрудной». Она подчеркивает цвет камня, который усиливается высокой огранкой и ослабляется низкой.

Огранка клиньями выполняется аналогично ступенчатой, но с дополнительным нанесением клиньев. Основание клина начинается у боковых ребер грани и уменьшается, сходя на нет у середины грани, образуя верхушку клина. Этот тип огранки хорошо раскрывает цвет камня и оживляет его игру.

Огранка «розой» с наклонными гранями сверху и ровным основанием удобна для мелких и плоских камней.

Смешанная или комбинированная, огранка включает ступенчатую, клиньями и бриллиантовую типы огранки. Она значительно усиливает блеск камня и выявляет его окраску.

Фантазийные типы огранки включают в себя все элементы комбинированной, с некоторыми дополнениями других элементов. Этот тип огранки придает самоцвету оригинальный вид, усиливает игру камня. Кабошон является наиболее древним видом огранки. Форму кабошона (круглая, овальная, квадратная, эллипсовидная и т.п.) обычно придают полу- и непрозрачным камням, особенно с оптическими эффектами, или прозрачным самоцветам со значительным числом включений. Иногда одну часть кабошона шлифуют, а на другую наносят грани [1, с.256].

Существует и много других разновидностей огранки, их формы разнообразны и включают всевозможные комбинации.

Сдвоенная огранка – это авторская разработка златоустовского мастера, ювелира - гравера Владимира Вячеславовича Блинова. Он является оградчиком драгоценных и полудрагоценных камней, с 1996 года членом творческого Союза дизайнеров России. В 2005 году Владимир Вячеславович огранил самый крупный в России кристалл горного хрусталя массой в 35000 карат. Автор разработки специального оборудования и новых видов огранки уральских самоцветов [4, с.45].

Технология выполнения сдвоенной огранки достаточно сложная, поскольку она увеличивает количество разных видов симметрий и усиливает игру камня, так как, при его огранке, грани становятся ближе к углу преломления света.

Для того чтобы огранить камень сдвоенной формой огранки, требуется выполнить ряд последовательных операций: обработать заготовку, которая включает распиловку и обдирку; приклеить заготовку к оправке; произвести шлифовку, в процессе которой наносятся грани; полировку, необходимую для выравнивания граней.

Сначала на обработанную заготовку наносят ступенчатую, клиньями, бриллиантовую, комбинированную и даже фантазийные типы огранки, а затем эти формы разбивают различными видами симметрии (шестилучевой, треугольниками, по вершинам кубов и т.д.) по ребрам граней.

Сдвоенная огранка требует очень точных станков и квадрантов, так как наложение сдвоенных граней на «отрицательные углы», производится фактически только полировкой.

В 2007 году Владимир Вячеславович огранил сдвоенной огранкой пасхальное яйцо размером 130 x 80 мм., массой более 3000 карат.

На рисунке показаны формы сдвоенной огранки с различными видами симметрии.

Рис. 1. Формы сдвоенной огранки, разработанные огранщиком Блиновым В.В. г. Златоуст.

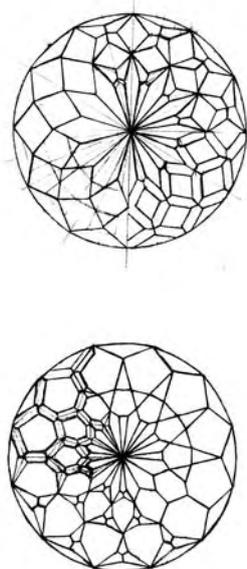
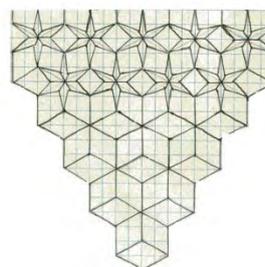
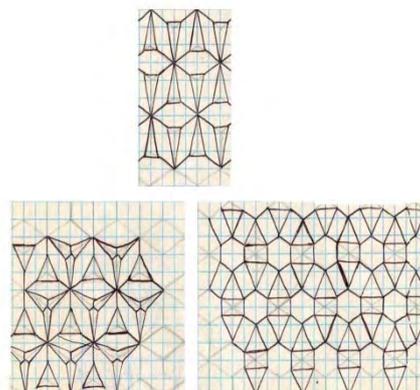


Рис. 2. Виды симметрии, которые можно применять для сдвоенной огранки (авторская разработка Блинова В.В г. Златоуст).



Список литературы:

1. Самсонов Я.П., Туринге А.П. Самоцветы СССР – М.: Издательство «Недра», 1984. – 335 с.
2. Флеров А.В. Материаловедение и художественная обработка металлов: Учебник. – М.: Издательство «Высш. школа», 1981. – 288 с.
3. Дж. Синкенкес. Руководство по обработке драгоценных и поделочных камней: Пер. с англ. – М.: Издательство «Мир», 1998. – 443 с.
4. Куликовских С.Н. Грани таланта. Ювелирное искусство и материальная культура. Тезисы докладов участников 15-го коллоквиума, 10-16 апреля – С-Пб.: Издательство «Государственный Эрмитаж», 2006. – 121 с.

СОЗДАНИЕ ДИЗАЙНА ПЭТ БУТЫЛОК ДЛЯ ПРОХЛАДИТЕЛЬНЫХ НАПИТКОВ ПРИ ПОМОЩИ ВАРЬИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ В САПР

Будянская Н.С.

Научный руководитель: Дронов В.В.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: nota_bene@sibmail.com

В процессе производства ПЭТ тары для прохладительных напитков чаще всего используются съемные пресс-формы, в полости которых производится выдув колб-заготовок, соответствующий объему готовой тары. В свою очередь пресс-формы изготавливаются на оборудовании, оснащенном числовым программным управлением (ЧПУ), и при обработке металлической заготовки пресс-формы резанием задействуется одновременно от трех до пяти приводов осей, отвечающих за перемещение металлорежущего инструмента. Как правило, подготовить управляющую программу такого уровня сложности вручную не представляется возможным. Обеспечить оперативную и безошибочную передачу геометрической информации о модели на этап производства пресс-форм возможно за счет подготовки твердотельной параметрической модели в системе автоматизированного проектирования (САПР). Поскольку такого вида модели содержат математически точное и однозначное представление геометрической информации, становится возможным получение объемного «негатива» модели в виде полости в пресс-форме в кратчайшие сроки. Кроме того, подавляющее большинство прикладных пакетов, предназначенных для подготовки управляющих программ для оборудования с ЧПУ, способны использовать параметрическую информацию, содержащуюся в твердотельных моделях для расчета оптимальной траектории движения металлорежущего инструмента.

В пакетах трехмерного моделирования и визуализации традиционно используются инструменты произвольного изменения геометрии модели – так называемые «модуляторы» или «модификаторы». Эти средства позволяют получать видоизмененную случайным образом модель, а пределы изменения геометрии модели определяются пользователем. Концепция трансформации одного объекта в другой получила наименование «морфинг».

Морфинг (англ. morphing, трансформация) — технология в компьютерной анимации, визуальный эффект, создающий впечатление плавной трансформации одного объекта в другой [1].

Все современные промышленные САПР обладают интерфейсом программирования приложений (API – application programming interface), позволяющим пользователю получать непосредственный доступ к параметрам модели для произвольной их модификации. Авторы предлагают

концепцию произвольного перебора значений параметров модели, разработанной в САПР, в пределах, определенных пользователем, с целью получения семейства моделей, наделенных общими функциональными и архитектурными признаками, но отличающихся нюансировкой и визуальным решением. Преимуществом предлагаемого подхода является непосредственная применимость моделей, разработанных в САПР в производственном процессе в силу вышеперечисленных причин (точное математическое описание геометрии), а также автоматизация процесса создания разнообразных визуальных решений функционально сходных изделий.

Алгоритм автоматизированного получения семейства моделей включает в себя следующие этапы:

- 1) Архитектонический анализ существующих дизайнерских решений разрабатываемого изделия.
- 2) Выделение наиболее значимых параметров, определяющих структуру изделия.
- 3) Определение диапазонов изменения параметров.
- 4) Построение параметрической модели изделия.
- 5) Автоматизированное создание семейства моделей на основе параметров, определенных на этапе 2 и 3.
- 6) Экспертная оценка полученного семейства моделей и отбор наилучших представителей.

В качестве иллюстрации предложенного подхода авторы предлагают тестовый проект, основанный на анализе реальных промышленных изделий. В качестве предмета для апробирования изложены выше предпосылок были выбраны бутылки для напитков объемом 0.5 литра. Карандашные эскизы бутылок приведены на рис.1

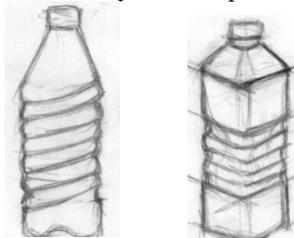


Рис.1 Карандашный эскиз ПЭТ бутылки .

Отбор значимых параметров будущего изделия и пределов их изменения проводится методом экспертной оценки. В качестве критериев выступают уровень функциональных и эстетических качеств

промышленного изделия, объективное выявление его достоинств и недостатков, а также соответствие предложенного изделия предъявляемым современным требованиям. Методики, разработанные во Все-союзном научно-исследовательском институте технической эстетики (ВНИИТЭ) послужили основой для разработки общих принципов оценки дизайна промышленного изделия [7, с. 70].

На основе вышеперечисленного были выделены следующие признаки:

1. Объем бутылки 0.5 л.
2. Диаметр средней части бутылки, который сможет обхватить среднестатистическая рука от 57 до 65 мм.
3. Диаметр основания бутылки должен обеспечивать ее устойчивое положение.
4. Количество спиральных выступов варьируется от 3 до 9.

Горизонтальные пропорции (отношение диаметров горлышка, средней части бутылки и основания) связаны с требованиями антропометрии.

Для создания семейства изделий-потомков на основе исходных эскизов был построен прототип в САПР SolidWorks. Модель-прототип приведена на рис.2.



Рис.2 Твердотельная модель-прототип.

Анализ архитектурных признаков модели-родителя позволил выделить следующие элементы: общая высота, высота суживающейся к горлышку части, радиус скругления квадрата в основании, высота перехода от доньшка к средней части, высота перехода к горлышку, шаг образующей спирали, количество спиральных выступов, диаметр средней части.

Используя органо-лептические, эстетические и эргономические методы, определили минимальные и максимальные значения параметров элементов. В таблице 1 приведены пределы изменения параметров виртуальной модели.

Таблица 1. Пределы изменения параметров виртуальной модели (мм).

parameters	r@neck_plane	r@body_start	r@top_left_bottom	r@bottom_xtrude	r@top_xtrude	pitch@spiral	copies@circular_array	d@mid_sketch
default	230	80	10	50	40	220	9	65
Min	220	60	5	30	20	110	3	57
Max	240	100	32	60	40	360	9	65

Морфинг модели производился заданием случайного целочисленного значения каждого из параметров в установленных пределах.

На основании представленных критериев оценки экспертной комиссией были выбраны четыре наиболее удачных варианта ПЭТ бутылок для прохладительных напитков из шестидесяти четырех автоматически полученных вариантов.



Рис.3.4 из 64 экземпляров-потомков исходной модели.

Литература

1. Прохоров А.П. Программы по морфингу на любой вкус./ Александр Прохоров // КомпьютерПресс. – 2005. - №5. – С.49-54.
2. Дронов В.В. Автоматизация перебора параметров как креативный инструмент промышленного дизайна.// Технология художественной обработки материалов: Материалы XII-ой Всерос. научно-практич. конф. Ростов-н/Д, Ростовский гос. строит. ун-т, 2009. с. 101-103, 139.
3. Корячко В. П., Курейчик В. М., Норенков И. П. Теоретические основы САПР, М. : Энергоатомиздат, 1987.
4. Тику, Шам. SolidWorks 2006, СПб. : Питер, 2007.
5. Matt Lombard. SolidWorks Surfacing and Complex shape modeling. Wiley Publishing, 2008.
6. Кухта М.С. Основы дизайна / М.С. Кухта, Л.Т. Жукова, М.Г. Гольдшмидт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009.
7. Панфилова Л.А., Донецкая Э.Г. Анатомия, физиология и гигиена человека. Общая биология. – М.: Рипол Классик, 2003.

ХУДОЖЕСТВЕННОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ДЕКОРАТИВНОГО ПОДСВЕЧНИКА

Денисова М.В., Тузовская А.В.

Научный руководитель: Кухта М.С.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: marusyavanna@yandex.ru

Задача работы - создание эскизов декоративных подсвечников и описание технологии изготовления методом литья по восковым моделям.

Подсвечники, выполненные в технике художественного литья, впечатляют своей красотой и тонкостью работы. Современные модели гораздо более сложны по форме - их основание и блюдо для свеч богато декорируется, кроме того, такие подсвечники могут быть многоярусными, многоуровневыми.[1] Любая стилистика основывается на различных элементах, к примеру, задумывая зал в готическом стиле, необходимо создать единство власти огня и металла, что могут обеспечить камин, различные лампы или подсвечники. Подсвечник сейчас стал одним из предметов украшения интерьера. Для каждого стиля интерьера найдется свой образ подсвечника, который дополнит и передаст настроение окружающей атмосферы. На рис.1 представлены эскизы декоративных подсвечников, подходящих к разным стилям: модерн и эклектика.

Эклектика (от греч. eklektikos — способный выбирать, выбирающий) - соединение разнородных художественных элементов; обычно имеет место в периоды упадка искусства. В истории искусства наиболее заметное место занимает эклектизм архитектуры середины—2-й половины 19 в., чрезвычайно широко и зачастую некритически использовавшей формы различных исторических стилей (готики, ренессанса, барокко, рококо и др.); характерно, однако, что этот архитектурный и оформительский эклектизм с его "свободой выбора" архитектурных и орнаментальных мотивов оказал значительное влияние на становление целостного в своей сущности, но питающегося из самых разнообразных источников стиля "модерн".[3] Модерн (от фр. moderne — современный)— художественное направление в искусстве, наиболее популярное во второй половине XIX — начале XX века. Его отличительными особенностями являются: отказ от прямых линий и углов в пользу более естественных, «природных» линий, интерес к новым технологиям (в особенности, в архитектуре), расцвет прикладного искусства. Модерн стремился сочетать художественные и утилитарные функции создаваемых произведений, вовлечь в сферу прекрасного все сферы деятельности человека. [4]

Рис.1 Возможные варианты дизайна подсвечника.

Для изготовления подсвечника необходимо выбрать материал, который будет сочетаться с



рисунком текстуры комода и мебели, в котором изделие будет стоять. Сейчас изготавливают подсвечники из множества материалов - дерево, металлы, стекло и хрусталь. В данной работе представлены эскизы подсвечников, предназначенные для выполнения изделия из металла.

В частности, особой популярностью пользуются художественные изделия из бронзы, выполненные методом литья, который при длительной эксплуатации позволяет добиться эффекта старины за счет образования на своей поверхности особой пленки – патины. Сегодня бронза входит в моду, спрос на изделия и украшения из нее все повышается. Особенно популярны изделия, созданные методом литья, так как им можно придать старинный вид и некую таинственность, шарм, который так ценится знатоками искусства.[2]

Разного рода церковная утварь изготавливается в технике художественного литья из чистых сплавов меди и бронзы - это паникадила и хоросы, ограждения, подсвечники, бра. Современные мастера делают вещи удивительной красоты и тонкой работы, изучая православные каноны, сохраняя традиции художественного литья и умело, привнося современные веяния в технологию работы.

Техника художественного литья позволяет создавать настоящие шедевры - многоярусные, многоуровневые подсвечники, богато украшенные декоративными элементами. Стадии изготовления подсвечника:

- Разработать план изготовления изделия,
- Выбрать материал,
- Разработать дизайн изделия,
- Изготовить подсвечник,

- Провести анализ изделия.

В древние времена для изготовления сложных изделий художественного литья использовали глиняные формы. Моделью изделия художественного литья служила восковая фигура, которую обмазывали глиной, оставляя отверстие для заливки металла и вывода газов. Форму прокалывали, при этом воск выплавлялся, она приобретала прочность, затем в нее заливали расплавленный металл. Когда же форму отливки стали делать из воска, то это стало мощным толчком для создания уже различных мелких изделий: рамки, кресты, вазы, посуда и т.п. [5]

На сегодняшний день современное художественно литье представляет собой все лучшее,

что было накоплено на протяжении огромного периода времени. Однако совершенству нет предела, поэтому технология художественного литья продолжает совершенствоваться.

Список использованной литературы:

1. <http://www.horosvrn.ru/litie/podsv1.html>
2. http://www.kaleja.ru/istoriya_hudozhestwennogo_litya_iz_bronzyii.htm
3. <http://ufa.shikremont.ru/dizain/istarhit8.php>
4. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Moderne>
5. «Изготовление художественных отливок», В.А. Васильев, Н.И. Бех, Э.Ч. Гини, А.М. Петриченко, 2001 год

ДИЗАЙН ЮВЕЛИРНЫХ УКРАШЕНИЙ – ТРАНСФОРМЕРОВ

Куманин В.И. Зябнева О.А.

Научный руководитель Куманин В.И. д.т.н., профессор.

Московский государственный университет приборостроения и информатики,
107996 Москва. ул. Стромьнка д.20

E-mail: poltoziab@mail.ru

Ювелирное украшение – трансформер - это изделие обладающее механизмом, с помощью которого оно может изменять свой внешний вид или функцию. Просматривая каталоги современных крупных ювелирных фирм трудно не встретить такого ювелирного изделия. В последнее время мода на подобные вещи растет. Сейчас, когда человек освобождает свою фантазию, подчеркивает индивидуальность и исключительность – поиск эмоций, удовольствий меняет и потребительское поведение людей. Средствами потребления идентифицируется личность потребителя. Речь идет не только о потреблении материальном, но и о духовном, умственном, эстетическом. И в связи с этим особый интерес проявляется к трансформерам, которые не ограничиваются однозначной трактовкой.[1]

Самой знаменитой фирмой, особенно продвинувшейся в этой области – считается Van Cleef & Arpels. Создание трансформеров стало одним из направлений этой фирмы. Работают с трансформерами Картье и Эспри, Бушерон, Фред Жоайе и Девид Уэб и многие другие известные фирмы.[2]

Но ошибочно полагать, что это явление появилось лишь в XX веке. История ювелирных трансформеров началась гораздо раньше. В XIX веке таких вещей было множество. Здесь можно

упоминать и серьги и кольца с отстегивающимися подвесками, и браслеты с отделяющейся центральной частью, которую можно использовать как брошь. [3] Так же создавалось множество кулонов - брошей. У таких кулонов ушко отстегивалось, а на обратной стороне имелся замок для брошей. С появлением фотографии, с обратной стороны таких кулонов появились стеклянные открывающиеся рамки.

Самый известный ювелирный трансформер XIX века – это «Императорская диадема в форме кокошника», выполненная одной из лучших фирм старого Петербурга «К.Э. Болин» приблизительно в 1890 году. Украшенная бриллиантами и рубинами, подаренная великим князем Михаилом Михайловичем своей жене Софье Николаевне де Меренберг (внучке А.С. Пушкина). Тиара состоит из собранных в единую композицию отдельных самостоятельных элементов: звезда, по форме схожая со звездой ордена Андрея Первозванного, лилия, два трилистника и два полумесяца. Все эти элементы были съемными, и их можно было носить в качестве брошей или заколок отдельно. [4]

Мотивация к созданию ювелирных изделий – трансформеров в XIX веке была несколько иная, чем у современных нам людей. Если мы выбираем украшение, которое нам больше нравится, оно подходит нам по стилю или по настроению.

Раньше украшение подбиралось не просто по цвету или по стилю, но и ко времени суток, и к конкретному событию. «Императорская тиара» могла надеваться лишь на очень торжественные случаи и официальные приемы. Но в обычное время съемные элементы несли функцию самостоятельных украшений, конечно, более скромных. По этим же соображениям и создавались украшения со съемными подвесками и отстегивающимися элементами. Таким образом, был вариант украшения дневной и более торжественный вечерний.

Русские ювелиры создавали тиары, которые легко можно было переделать в колье. Это украшение стало модным в конце XIX века и стало называться русской бахромой или «Russian fringe». [5] В это время создавались парюры (полный комплект ювелирных украшений, включающий серьги, браслеты, колье, диадему, броши), где вместо колье и тиары упоминается как раз такая диадема-бахрома. [6]

После революции в России кардинально меняются не только художественные устремления, но и само отношение к украшениям. Нет потребности ни в разнообразии, ни в создании дневного - вечернего украшения. И трансформеры исчезают вплоть до 90-х годов.

В Европе же процветающий стиль арт-деко, с его стремлением придти к правильным геометрическим формам, дает пищу для дальнейшего развития идеи многофункциональности ювелирных украшений. Приходят в моду двойные клипсы-броши.

Рис. 1. Брошь – пара клипсов в стиле арт-деко.

Дизайн этих брошей, симметричное построение композиции позволял разъединить большую брошь на две половины. При этом создаются две самостоятельные вещи, одинаковые или зеркально отраженные по композиции. Конструкция таких изделий довольно проста: две клипсы при помощи своих зажимов фиксируются на каркасе, снабженном замком для брошей. Впоследствии, такая система механизмов станет встречаться не только у вещей арт-деко но и в более свободных композициях.

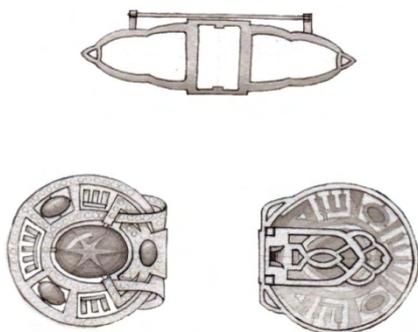


Рис. 2. Пара клипсов. Лицевая и обратная

стороны, каркас броши.

Появляются и многие другие интересные виды трансформеров. Например колье Belle de Jour, или "Дневная красавица" фирмы Van - Cleef & Arpels, было задумано в 1930-х. Это украшение представляет собой ленту вокруг шеи, которую можно отстегнуть и носить отдельно в качестве колье-воротника, две фронтальные ленты — как браслеты, а их концы — как серьги. Задняя лента Belle de Jour может превращаться в пояс. [7] Но самое необычное изделие этой фирмы колье – браслет Zip – «Молния», созданное в 1954 году. Это изделие не имеет аналогов во всем мире. Молния в закрытом состоянии – широкий браслет, открытая молния – это колье. Нет никаких съемных деталей и отстегивающихся механизмов. Это колье хоть и не было до сих пор повторено, но его можно считать вехой в истории ювелирных трансформеров. [8]

Поразить идеей, подчеркнуть неповторимость, оригинальность и неординарность – это и есть основное направление современных ювелирных фирм. Трансформируемые ювелирные украшения стараются удивить новизной и свежестью идеи. Производители стараются подчеркнуть эмоциональную составляющую своей продукции.

Например небольшое колье - трансформер фирмы Zen Diamond состоит из четырех сегментов, подвижно соединенных между собой. Поменяв положение этих сегментов и закрепив их на магнетиках, можно носить три варианта колье. Это изделие привлекает не столько эстетическими своими качествами, сколько оригинальностью трансформирования его вида. [9]

Кольцо - трансформер в магазинах фирмы «Диамант» можно носить как на двух пальцах, так и на одном. В своей рекламе они пишут: «особенно подойдет оно любителям новинкам и перемен – легким, динамичным, разносторонним натурам». [10]

Кольцо - трансформер фирмы Ringofarts с меняющимися центральными вставками представляет собой цветок хризантемы. Можно носить кольцо с центральным изумрудом, а можно с рубином. Кроме того все лепестки хризантемы



подвижные. [11]

Компания Storks Jewellery предлагает интересную серию колец – трансформеров. Одно внешнее кольцо может раскрываться на две половины и можно носить облегченный вариант – простенькое кольцо с одним камнем. Эта модель так же привлекает оригинальностью механизма трансформации. [12]

Итак, история ювелирных трансформеров насчитывает около двух столетий. За это время простейшие механизмы усложнились. Изменилось и само позиционирование трансформеров. Если раньше это были практичные и многофункциональные изделия, то в наше дни трансформеры так же претендуют на оригинальность и исключительность дизайна.

Список литературы:

1. Нотаристефано Л. Визуальные продажи ювелирных изделий. Ювелирная витринистика. - М. 6 карат, 2009 – 128с.; ил.; С.119
2. Трайна Д. Уникальные драгоценности / Пер. с англ. А. Дворядкина, А. Медниковой. – М. КРОН-ПРЕСС, 1997.- 216с.; ил. С.44; С. 57; С. 88;

С. 167; С.169.

3. Болин В.А. Болин в России. Придворный ювелир конца XIX – начала XX веков. – М. Новый Эрмитаж – один, 2001. – 256с.; ил. С. 20.
4. Болин В.А. Болин в России. Придворный ювелир конца XIX – начала XX веков. – М. Новый Эрмитаж – один, 2001. – 256с.; ил. С. 126.
5. Лопатко М.Н. Ювелиры старого Петербурга. – СПб. Издательство Государственного Эрмитажа, 2006. – 272с.; ил. С. 154.
6. Болин В.А. Болин в России. Придворный ювелир конца XIX – начала XX веков. – М. Новый Эрмитаж – один, 2001. – 256с.; ил. С. 30.
7. www.diamanters.ru
8. www.fashionista.ru
9. www.1karat.ru
10. www.nvmagazine.ru
11. www.gwidon.ru
12. Ювелирная Россия №89. 21 апреля 2009. С.11

ДИЗАЙН И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОЛЬЕ «РЕЛИКТОВЫЙ СОН»

Капельчук Т.И., Барсуков В.Н., Ванькова Л.К.

Научный руководитель: Барсуков В.Н., к.т.н., профессор

Северо-Западный государственный заочный технический университет, С.-Петербург, ул. Миллионная, 5
E-mail: mthi@nwpi.ru

На протяжении всей истории человечества женщина стремилась создать свой неповторимый образ при помощи самых разнообразных украшений. И чем оригинальней были такие аксессуары, тем более уверенной и неповторимой ощущала себя их обладательница. Какими бы своеобразными ни были традиции и менталитет того или иного народа, каким бы условиям, тенденциям и стилям ни подчинялась эпоха, экстравагантность и эксклюзивность всегда находили свою нишу востребованности.

Мир моды сегодня капризен и переменчив, и ювелирное искусство, как его неотъемлемая часть, продолжает развиваться, создавая свои фантазийные образы украшений. Как и прежде, законодателем мод в этом направлении является итальянская ювелирная школа, пропагандирующая тесную связь между украшением – «предметной формой» и украшением – «скульптурой». Этот же подход использован в дизайне колье «Реликтовый сон».

В качестве основного композиционного приема при разработке дизайна этого изделия были выбраны принципы асимметрии и модульности элементов, которые позволили варьировать внутреннюю структуру колье и адаптировать его практически к любому материалу. Благодаря этим же принципам композиция колье приобрела динамичность и организованность, которые прослеживаются в ритме основных («цветочных») янтарных элементов. Ритмичность изделия подчеркнута также за счет ярких блестящих вставок в центре каждого из этих элементов.

Одно из актуальных направлений в создании современных ювелирных изделий – organic jewelry предлагает применение нетрадиционных органических материалов, и в колье «Реликтовый сон» использовано сочетание двух таких материалов.

Янтарь – материал уникальный; он появляется перед ныне живущими, пройдя сквозь время, и вместе со своими попутчиками, застывшими

в нем насекомыми – инклюзиями, рассказывает удивительные истории из очень далекого прошлого.

Образ реликтового леса с его маленькими обитателями и разнообразной флорой и фауной (мхами, лишайниками) является идейной концепцией кольца. В связи с такой концепцией кольцо выбран и основной оттенок основных янтарных элементов – травянисто-зеленый. В ритмически расположенные основные янтарные элементы вставлены небольшие кабошоны с инклюзиями, которые символизируют возвращение древних обитателей в свой зеленый реликтовый лес.

Композиция приобрела гармоничность во многом благодаря оптическим эффектам основного материала изделия – янтаря: комбинация по-разному обработанных поверхностей создает импульсивную игру света и тени на поверхностях полированного камня и обуславливает её затухание на фактурированных поверхностях янтаря.

В качестве другого материала для изготовления кольца выбрано дерево, поскольку в те далекие времена янтарь рождался именно деревом. Использование в кольце эбенового дерева обусловлено не только его богатым черно-угольным оттенком, создающим ауру темноты реликтового леса, но и его плотностью, сопоставимой с плотностью янтаря, что было необходимо для уравнивания асимметричной конструкции кольца.

Сочетание оттенков зеленого янтаря и «черного бархата» эбенового дерева дополнено янтарными бусинами красновато-бурого оттенка, придающими благородство общей цветовой гамме изделия.

Схема структуры кольца «Реликтовый сон» представлена на рис. 1.

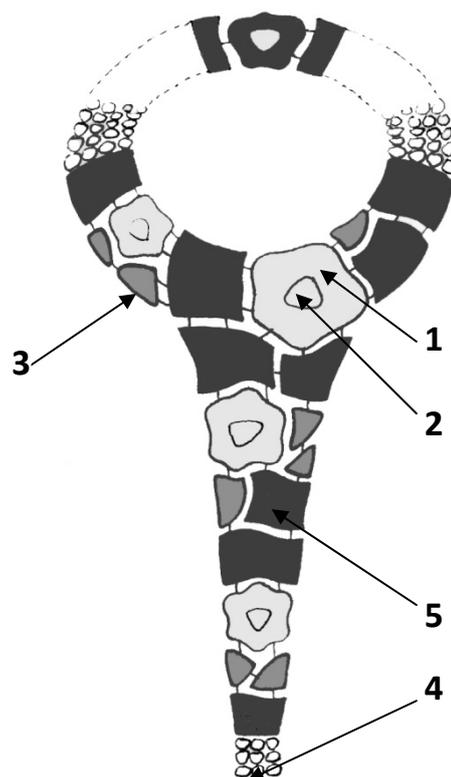


Рис. 1. Структура кольца «Реликтовый сон»:
 1 – основные («цветочные») янтарные элементы,
 2 – кабошоны-вставки с инклюзиями,
 3 – малые янтарные элементы,
 4 – янтарные бусины,
 5 – элементы из эбенового дерева

Янтарные и деревянные элементы изделия соединены между собой при помощи металлических шарниров, придающих конструкции кольца подвижность.

Фрагменты изготовления янтарных элементов кольца представлены на рис. 2, а, б, в, г, д, е.

На шлифовальном станке со сменными абразивными кругами производилась грубая обдирка кусков янтаря (рис. 2, а).



Рис. 2, а

При помощи бормашинки и сменных фрез осуществлялось формирование «скульптурного» рельефа янтарных «цветков» (рис. 2, б) и кабошонов-вставок (рис. 2, в),



Рис. 2,б



Рис. 2,е



Рис 2,в

а на полировальном станке с использованием тканевых кругов и абразивной пасты обрабатывались контуры малых янтарных элементов, кабошонов-вставок и кабошонов с инклюзиями (рис. 2,г).



Рис 2,г

В автоклаве под высоким давлением и при температуре около 250 °С янтарь выдерживался до получения однородного зеленоватого оттенка и внутренних блестящих вспышек-трещинок, так называемой «лузги» (рис. 2,д).



Рис. 2,д

Один из основных янтарных элементов «в сборе» представлен на рис. 2,е.

Другие элементы кольца выпиливались из пластин эбенового дерева электролобзиком и при помощи бормашинки и конической борфрезы формировалась их фактурированная поверхность.

Крепежные элементы изготавливались из серебра 950 пробы литьем по выплавляемым моделям. Переходные серебряные колечки, придающие элементам изделия подвижность, изготавливались посредством гибки с последующей пайкой. Все металлические элементы конструкции подвергались гальваническому золочению.

Сборка кольца осуществлялась путем приклеивания металлических крепежных элементов к элементам из янтаря и эбенового дерева.

В представленном украшении из янтаря и дерева традиционное соотношение «костюм – украшение» заменено другим – «человек – украшение» (рис. 3), что отражает проблему ускользающих связей человека и природы – этого хрупкого баланса в современном урбанистическом мире.



Рис. 3. Фотомодель с колье «Реликтовый сон»

ТИПОГРАФИКА «НОВОЙ ВОЛНЫ»: ИГРЫ БЕЗ ПРАВИЛ

Карсакова Д.А.

Научный руководитель: Борисова А.С.

Омский государственный технический университет, 644050, Россия, г.Омск, пр. Мира, 11

E-mail: dany-89@bk.ru

На сегодняшний день ни для кого не секрет, что для обеспечения популярности и признания какого-либо литературного или графического издания информацию нужно подавать увлекательно и неожиданно. Для этого часто прибегают к использованию шрифта как активного участника композиции. Такой подход применяется для лучшей передачи чувств, эмоций, впечатлений. Однако, это сравнительно недавняя находка. Еще в прошлом веке в дизайне доминировали минимализм и строгость.

В 1960-ые годы - время господства «швейцарского интернационального стиля», ключевыми фигурами которого стали Я.Чихольд, М.Билл. Развив идею функциональности до инженерной точности, они работали с одним-двумя кеглями одного шрифта в математически рассчитанной модульной сетке. Тем не менее, далеко не всех устраивала такая логическая бездушность.

Авторство нового стиля, позже названного «новая волна» («new wave»), приписывается швейцарскому дизайнеру и типографу Вольфгангу Вайнгарту.

Свою творческую карьеру он начал в начале шестидесятых, устроившись работать подмастерьем наборщика в Штутгарте. Именно там молодой Вайнгант осознал, что типографика — это его призвание, и принял решение продолжить свое обучение этому искусству. Он покинул Штутгарт и отправился поступать в Базельскую школу искусства и дизайна, считавшуюся в ту пору колыбелью швейцарской типографики. После не вполне удавшегося академического эксперимента Вайнгант начал карьеру независимого графического дизайнера в Базеле. Таким образом проработал он до 1968 года, когда скончался его бывший преподаватель Эмиль Руден. Тогда Армин Хофманн, в ту пору возглавлявший Базельскую школу искусства и дизайна, пригласил Вайнгарта в преподаватели, поскольку восхищался его работами. С 1968 года и по сей день типограф преподает в этой школе, продолжая оказывать неизменное влияние на развитие современной типографики.

Вайнгант разрушил все основы, принятые в швейцарском графическом дизайне. В частности, он часто прибегал к асимметрии и диспропорции, редко придерживался модульной сетки, постоянно играл кеглем шрифта в одной композиции и даже слове. Все это делало его работы динамичными, оригинальными и часто узнаваемыми (Рис.1). Вайнгант практически постоянно заявлял, что улавливает шрифты, как «свободно разговаривающие» рисунки. Цель типографа состояла в

том, чтобы вырваться из оков предсказуемости «швейцарского стиля», оживить и насытить новыми идеями типографику.



Рис.1. В.Вайнгант. Обложка журнала "Typografische Monatsblätter", Швейцария, 1976

Стиль Вольфганга Вайнгарта не превратился бы в целое направление "новой волны", если бы не многочисленные продолжатели его школы. Дэн Фридман и Эйприл Грейман стали его наиболее последовательными учениками.

В 80-е гг. Грейман провозгласили «королевой новой волны». В 90-е она одной из первых освоила возможности компьютерной техники, что позволило ей подняться на качественно новую ступень в своем творческом развитии (Рис.2). Эйприл Грейман получила репутацию новатора в области дизайна и медиа благодаря проектам для Cerritos Centre, Walker Art Centre и Sci-Arc, замечательным экспериментам по слиянию текста и изображения.



Рис.2. Эйприл Грейман. Objects in space.1999

Используя метод «коллажа», она успешно сочетает фотографии, иллюстрации, шрифт и компьютерные эффекты. Свободную организацию элементов в работах Грейман критики часто называют «принципом коктейля»: отсутствие четкого центра, нелинейность и случайность. Результат - живые, насыщенные образы работы, которыми восхищались и восхищаются. Грейман утверждает, что существуют различные слои информации: «Поверхностный слой вы схватываете инстинктивно, это каким-то образом вызывает эмоциональную реакцию, но я люблю слои, которые увлекают вглубь и заставляют задумываться».

В 1968 году будущий американский дизайнер Дэн Фридман поступает в Базельскую школу, в

том же году там начинает преподавать Вольфганг Вайнгарт. После возвращения в США Фридман становится преподавателем Йельского Университета, где успешно прививает студентам философию «новой волны». Вскоре Фридман становится одним из ведущих типографом «новой волны».

Самостоятельные работы Фридмана в начале 1970-х были разительно непохожи друг на друга и, несомненно, находились под влиянием типографики "новой волны". Плакат для Йельского симфонического оркестра (Рис.3), созданный им в 1973-м, весьма традиционен в своих эстетических качествах более-менее формально структурированного подхода. С другой стороны, обложка 1971 года для "Typografische Monatsblatter" (Рис.4) в которой ряд букв из гарнитур Times Square и Manhattan плавают поверх изображения города, является чрезмерным хаотическим графическим комплексом противоречащих качеств.

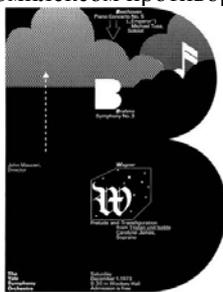


Рис.3.Фридман. Плакат для Йельского симфонического оркестра, США, 1973



Рис.4. Д.Фридман. Обложка журнала "Typografische Monatsblatter", Швейцария,

В конце 80-х заметной вехой в мировом графическом дизайне стало творчество Невилла Броуди. Работа в журнале «The Face» (1981-1986 гг.) принесла ему мировую славу. Броуди сделал такой журнал, какого еще никто не делал (Рис.5). Агрессивный дизайн, первичный по отношению к тексту, активная работа со шрифтом, самые разные приемы, начиная от уменьшения заголовка до минимальных пределов и заканчивая тотальным доминированием буквы. "The Face" стал своеобразным "Style Bible" графического дизайна восьмидесятых. От "The Face" ожидали еженедельных стилистических перемен. "Меняясь постоянно, можно оставаться прежним. И если этот принцип изменения становится традицией - меняйтесь в другую сторону".



Рис.5.Невилл Броуди. Обложка журнала «The Face»

У нас тон задавали Владимир Чайка, Михаил Аникст, Валерий Черниевский, Виктор Яковлев, Рут Уймеринд (наша собственная «королева новой волны» из Таллинна).

Хотя «новую волну» по праву считают игрой без правил, в работах её последователей можно выделить следующие стилистические черты: 1)неудобочитаемая разбивка; 2)вариации с межбуквенным интервалом и интерлиньяжем; 3)переворот в композиции; 4)центробежность; 5)рваный край; 6)силовое поле; 7)связь со средой; 8)смешение жанров; 9)глубина резкости; 10)активная работа со шрифтом; 11)незавершенность.

Разработки в сфере компьютерных технологий, появление нового специализированного оборудования и программного обеспечения дали мощный толчок для развития компьютерной графики. Это значительно облегчило труд дизайнеров и типографов. Благодаря таким программам как Adobe Photoshop, Corel Draw, Corel Painter, InDesign и т.д., «новая волна» получила еще большее распространение.

Итак, «новая волна» (также часто именуемая «графическим постмодерном», «авангардом», «плюрализмом» и «швейцарским панком»), зародившаяся в 1970-ые годы, по-прежнему не сбавляет свои темпы. Активная работа со шрифтом, изображениями и компьютерными эффектами позволили вывести типографику из застоя и открыла новые пути развития. Свободная импровизация, экспрессивность и неожиданность подачи материала заставляют по-максимуму работать графическое пространство. Это совершенно новая эпоха в развитии графического дизайна. Невероятно интересная и притягательная.

Список литературы:

1. Каталог выставки "Дизайн в США". Сентябрь 1989
2. Rick Poynor. No More Rules: Graphic Design and Postmodernism. - London, Laurence King Publishing, 2003
3. Wolfgang Weingart. Typography. - Baden, Lars Muller Publishers, 2000
4. <http://www.advertology.ru/>
5. <http://www.compuart.ru/>
6. <http://www.webmascon.com/>

ДЕТСКАЯ ДЕРЕВЯННАЯ ИГРУШКА-ОБЕРЕГ ПО МОТИВАМ КУЛЬТУРЫ ДРЕВНИХ СЛАВЯН

Кокарева Д.Ю., Тарасенко А.П.

Научный руководитель: Кухта М.С., д.ф.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: dahach91@mail.ru

Игрушка во все исторические эпохи была связана с ведущей деятельностью ребенка любого возраста - игрой, во время которой формируются ум, физические и нравственные качества. Но вместе с тем, что не маловажно, игра – священный процесс познания мира, а значит игрушки священны. Они по-прежнему являются оберегами. Игрушки связывают с древнейшими культовыми обрядами, олицетворением сил природы в облике людей и животных.

Древние русские игрушки ("потешки"), как правило, выполнялись в двух самых распространенных на Руси материалах: глине и дереве. Деревянные "потешки" были в обиходе восточнославянских племен еще в IX веке. Об этом говорят находки археологов на территории древнего Новгорода [1]. (Рис.1) Славяне-язычники общались с миром на языке оберегов – предметов, украшений, узоров, которые люди носили с собой и защищали ими свое жилище. Человек чувствовал себя бесильным перед природой; пытаясь понять её суть, раскрыть механизм её влияния, обезопасить себя от неуправляемой стихии, он составлял целый комплекс взаимодействия с этими силами. Зная породу дерева и силу, заключенную в нем, мастера "краснодревы" создавали уникальные игрушки и обереги, благо-излучающие предметы, предметы силы и просто сувениры притягивающие благосостояние.



Рис.1

В нашем проекте мы основываемся на идее создания оберега для незащищенного и подверженного влиянию со стороны злых сил ребенка. Именно поэтому в нем содержится множество элементов и символов, присущих культуре древних славян.

Изделие представляет собой комплект из четырех фигурок-оберегов и основу с углублениями, в которые легко помещаются данные фигурки, что позволяет без труда хранить их в одном месте. (Рис.2) Ребенок, изучая форму их контура сам должен поместить каждую фигурку в подходящее

место. Вместе с тем каждой фигуркой можно играть отдельно.



Рис.2

Основу выполнена в форме Сваора – символа нескончаемого, постоянного Небесного Движения (Свага) – вечный Круговорот Жизненных Сил Вселенной. (Рис.3) Его изображение на предметах быта приносит достаток и счастье.

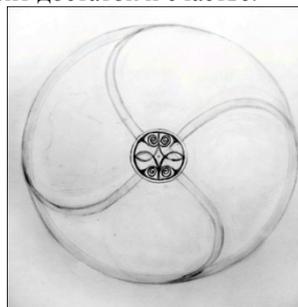
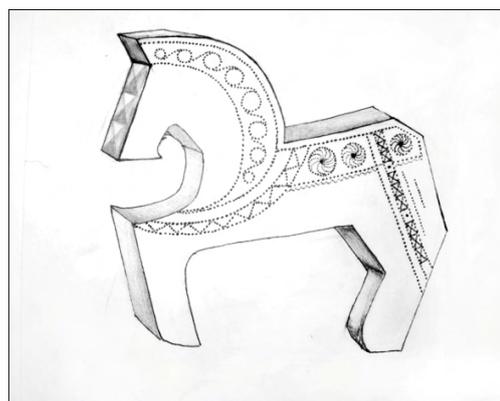


Рис.3

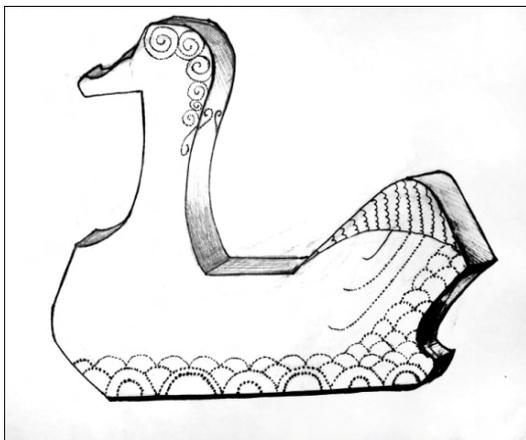
Сами игрушки олицетворяют 4 явления:



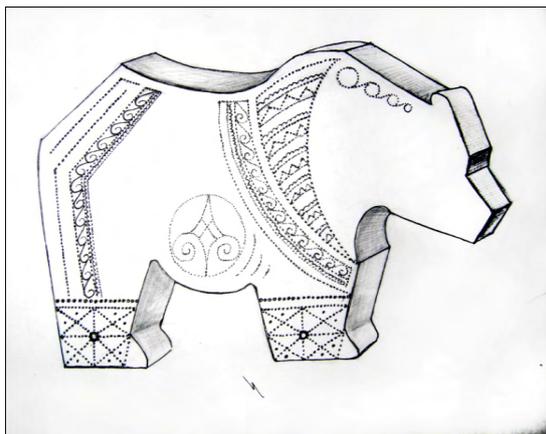
Конь – ход солнца по небу



Петух – земной огонь



Утка – чистая вода



Медведь – дикая и равнодушная природа

Вместе с тем на каждой игрушке вырезан орнамент, олицетворяющий защиту, которую дает именно это животное согласно мифологии [2].

Материалом для изготовления данной игрушки является дерево. И это не случайно. Дерево - наиболее энергоемкий материал на

планете. Он несет в себе великое разнообразие энергий. В зависимости от вида дерева наши предки классифицировали мистическое влияние каждой породы на жизнь человека. Что интересно, по своей природе, дерево может быть только помощником человеку. Из огромнейшего разнообразия пород мы выбрали кедр. Это одно из самых распространенных деревьев в Томской области. Кроме того по древним поверьям он обладает колоссальной энергией, которая буквально блокирует любое зло и негатив, оказавшиеся у нее на пути [4].

Дерево – это экологически чистый материал. Современные пластмассы, в большинстве своем, безопасны, но не всегда можно быть уверенным в качестве материалов. Только экологически чистое дерево дает вам гарантию того, что ребенок будет здоров, а игрушки ему не навредят [3]. Дерево приятнее на ощупь, в процессе игры дети познают новый материал. Узоры, именно вырезанные, не рисованные по дереву, так же как и специфическая форма изделий (скаты, характерные изгибы), особенности фактуры дерева благотворно влияют на мелкую моторику и осязание ребенка. Такие игрушки еще и максимально эффективны для развития в ребенке творческого начала. Цельность игрушки, ее скупая обработка, схематичность и типологичность в передаче образа - все это будит фантазию ребенка, дает возможность трансформации этой игрушки, позволяет выразить с ее помощью любой образ-характер. Ребенок сам наполняет душевный мир игрушки по своему усмотрению и она "ведет себя" исключительно так, как это нужно в данный момент ее хозяину. За годы детства каждый ребенок по-своему привязывается к своей игрушке, переживая благодаря ей множество разнообразных чувств.

Мы считаем, что вместе с внедрением европейской культуры были позабыты традиции и богатое наследие наших предков, которое формировалось веками. Народная игрушка далеко ушла от древнерусского прототипа. Модифицировались приемы обработки материала, изменились традиционные сюжеты, утратились некоторые стилистические особенности. К счастью, еще возможно их возродить, знакомя с самого детства ребенка с искусством древних славян посредством игры.

Литература:

1. RussianToys.ru
2. Леонид Латынин. Основные сюжеты русского народного искусства. Москва, Глас, 2006, 144 ст., илл.
3. Artly.Ru - Декоративно-прикладное искусство, народные промыслы
4. www.drevosvet.com/mistika_dereva.htm

«ПЛАСТИФИКАЦИЯ» СИМВОЛОВ МОДЕРНА

Кравчук А.С., Соколов А.П.

Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: anastasia.tom@mail.ru

Модерн – в европейском искусстве конца XIX – начала XX вв., использовавший новые технико-конструктивные средства, свободную планировку, своеобразный декор для создания подчеркнута индивидуально произведений, все элементы которых подчинялись единому образно-символическому замыслу. Прикладное искусство модерна отличает поэтика символизма, декоративный ритм гибких, текучих линий, стилизованный растительный узор.

В современной художественной ковке наблюдается тенденция использования канонов исторически сложившихся стилей прошлых веков. И появилась новая тема, достойная внимания: «пластификация» образов этих стилей, а в нашем случае - образов модерна. Для исследования темы были взяты образы, реализованные в основном в виде решёток, так как использованный в них материал пластичен, что упрощает задачу пластификации.

Термин пластификация применяется во многих отраслях. В химии пластификация полимеров – введение в них специальных веществ, улучшающих их свойства; в деревообработке пластификация уменьшает сопротивления древесины сжатию перед модифицированием. Выше приведённые определения объединяет одно: пластификация рассматривается как процесс изменения какого-либо объекта без его ломки, с целью придания ему новых свойств. Следуя этой логике определение «пластификация» для образов модерна – это изменение образа, заключающееся в увеличении его гибкости и пластичности без его разрушения.

Но каким же термином можно наиболее чётко охарактеризовать эти образы? Эмблема, символ или же бренд? Термины эмблема и символ очень близки по смыслу, а понятие бренд – это маркетинговый термин. Он связан с жёсткой детерминированностью, в рамках которой трудно применить пластификацию. Эмблема – это условное изображение идеи в рисунке, она должна быть ясна и проста; и, наоборот, в символ зритель вкладывает своё содержание. Термин «символ» наиболее полно отражает суть характерных образов стиля, так как восприятие зрителя выходит далеко за пределы намерений и замыслов художника. Модерн – один из наиболее часто используемых стилей в современном дизайне интерьеров. Символами модерна можно назвать растительные образы орхидеи, ириса, а так же дюн, спиралей и бабочки.

Символы спирали и дюны – наиболее широко используемы в ковке. В том или ином виде они встречаются во многих элементах мебели и решёток. И не удивительно! Эти образы повсеместно встречаются в природе: даже полосы на шкуре

зебры (рис.1)

напоминают по форме дюну. Кроме того, форму дюн имеют и изолинии (рис.2).



Рис. 1



Рис.2



Рис.3

Технологически создание «спирали» сложнее, чем «дюны». Металл сложнее изогнуть равномерно на таком большом участке, как «полноценный» волновой виток, нежели слегка изогнутую в некоторых местах «дюну». Но состыковать с конструкцией объекта проще спираль – меньше точек крепления с каркасом, так как меньше пересечений элементов образа с ним, нежели в «дюнах».

Встречаются различные виды «пластификации» взятых нами образов: от чистых дюн (рис.3) и спиралей (рис.4) до их синтеза (рис.6).

Технологииковки в начале XX века диктовали упрощение образа: на рис. 4 образы более отчётливые, узнаваемые, а на рис. 5 спираль превращается в окружность, дюны – в параллельные прямые.

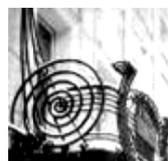


Рис.3



Рис.4

На рис. 6 представлен авторский вариант пластичного соединения символов дюны и спирали. Данный эскиз относится к промежуточной стадии развития линии на пути дюна-спираль, так как присутствует смешение этих символов.

С точки зрения способа динамичности «пластификации», символ бабочка можно разделить на две группы:

1) симметричный образ. Крылья бабочки симметричны относительно оси симметрии-туловища бабочки. Бабочка воспринимается не как порхающий, лёгкий образ, а как тяжеловесная и статичная конструкция;

2) асимметричный образ. При отсутствии линии симметрии образ бабочки лёгок и подвижен, она словно парит (рис. 8).

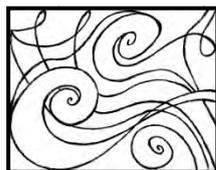


Рис. 6

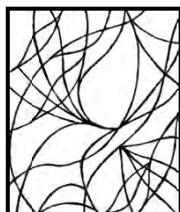


Рис.7



Рис.13

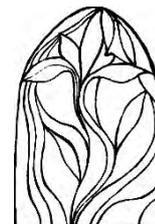


Рис.14



Рис.8



Рис.9

Наряду с конкретным изображением бабочки, мастерами широко используется и только намёк на этот символ. На рисунке 9 от него осталась лишь иллюзия.

Как же символ бабочка сочетается с другим символами модерна? Наиболее часто она комбинируется с дюнами, либо со спиралью, которые очень хорошо её дополняют, как на рисунке 8.

На авторском эскизе (рис.7) бабочка хоть и хорошо просматривается, но её образ-результат переплетения линий. Эскиз выполнен с использованием характерных приёмов модерна: текучие линии, свободная планировка и неоднозначность объектов.

Наиболее яркие растительные символы: образы орхидеи и ириса (рис.10). Разнообразие форм и очертаний цветов – обширное поле для творчества художника. Однако сейчас довольно сложно встретить эти символы в чистом виде. Широко распространена стилизация самых разных цветов и растений (рис.11,12).



Рис.10



Рис.11



Рис.12

И снова смешение символов! В рис.11 одновременно использованы символы спирали и растительный образ, что даёт интересный эффект диковинного растения, а решётка с розами(рис.12) могла бы быть представлена и в разделе пластификации дюн и спиралей, очень уж по форме эти цветы напоминают спираль.

Использование новых технологий позволяет реализовать любой образ без технологической стилизации.

На рис.13 и рис.14 представлены авторские варианты «пластификации» орхидеи и ириса. Они по стилю близки к модерну с его образами, а реализация близка к вышивке. Современные технологии позволяют их воплотить в виде решётки или витража. Кроме того, имеется тенденция перехода к «решётчатому» витражу, а также тенденции перехода: от цельного витража к частичному, от стойкого образа – к эфемерному.

Пластифицированные образы модерна позволяют решать стилистические проблемы оформления интерьера. Перед автором стояла задача – оформить шкаф, встроенный в нишу. Проблема была в том, что центральная ниша была уже двух боковых. Применение символа модерна – бабочки – позволило гармонично решить эту проблему (рис. 15).



Рис.15

Литература:

1. Романова Л.С. Творчество архитектора Константина Лыгина в Томске (по материалам фонда К.К. Лыгина в Томском краеведческом музее). – Томск: Издательский дом Д-Принт, 2004. – 196 с.
2. Современная художественнаяковка. Ледзинский В.С., Теличенко А.А., Навроцкий А.Г., Зимин Ю.А. – М.: Металлургия, 1994. – 480 с.
3. Статья «Символ, эмблема, бренд, иероглиф», Википедия – свободная энциклопедия, <http://ru.wikipedia>.
4. Энциклопедия для детей. Т.7.Искусство. Ч.2. Архитектура, изобразительное и декоративно-прикладное искусство, XVII-XX веков/Глав. ред. М. Д. Аксёнова.-М.:Аванта+,2001. – 656 с.: ил.

ДИЗАЙН АВТОМОБИЛЯ

Локтионов А. С.

Научный руководитель: Кухта М. С. д.ф.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: detr@sibmail.com

Автомобильный дизайн – отрасль дизайна, вид художественно-проектировочной деятельности, направленный на формирование эстетических и функциональных качеств автомобиля. Процесс создания дизайна данного транспортного средства задействует множество специалистов различных областей автомобильной инженерии. Автомобильный дизайн в основном состоит в создании визуального образа транспортного средства - эскиза, но также включает в себя создание модели объекта дизайна. Этим видом дизайна зачастую занимаются бывшие художники со степенью в промышленном дизайне или дизайне транспортных средств.

В этой статье я бы хотел рассказать о процессе создания дизайна автомобиля и его последующем воплощении в жизнь.

Задачи дизайнеров в процессе создания автомобиля обычно подразделяются на 3 основные аспекта:

- 1) дизайн экстерьера (внешнего вида авто),
- 2) дизайн интерьера (салона)
- 3) подбор цветов и материалов.

На каждом из этих аспектов специализируется определенная часть команды. (Также существует так называемый «дизайн оформления». В его разработке принимает участие вся команда)

Дизайн должен основываться не только на создании форм частей автомобиля, но и учитывать комбинацию внешнего вида и функциональности. Начинается дизайн всегда с задания параметров будущего авто, таких, например, как марка, тип кузова и основное направление дизайна.

Эстетическая ценность внешнего вида автомобиля должна соответствовать его эргономике и функциональности. В частности, электронные компоненты машины доставят немало хлопот специалистам, отвечающим за наличие в авто последних новинок электротехники, таких как GPS-навигация, спутниковое радио, mp3-плееры и др. Не все они могут быть предусмотрены для заводской установки в качестве стандартного оборудования, но многие будут задавать направление будущей специфики модели.[1]

Экстерьер.

Дизайнер, ответственный за внешний вид автомобиля задает пропорции, форму и особенности дизайна корпуса автомобиля. Сначала дизайн выполняется вручную или при помощи графических редакторов в виде наброска эскиза(скетча), который впоследствии доводится до совершенства.



Рис.1. Дизайн экстерьера BMW 5-series. (дизайнер: Christopher Weil)[2]

Наряду с разработкой чертежа разрабатывается трехмерная модель из автомобильной глины (промышленного пластилина). Данные с этой модели впоследствии используются для создания полноразмерного макета финального дизайна. При помощи фрезеровочных машин с ЧПУ типа CNC(компьютерное числовое программное управление) по 3-ем или 5-ти осям вырезается полноразмерная модель и доводится вручную. Затем на глиняную модель наносится специальная пленка, имитирующая металлическую краску.



Рис.2. Доводка модели BMW 5-series и обтяжка пленкой модели BMW Z4.[3]

Несмотря на наличие в настоящее время высокотехнологичных 3d-программ проецирующих изображение на специальный экран, глиняная модель все еще остается самым важным «инструментом» оценки дизайна автомобиля до начала серийного производства. Также полноразмерные модели используются для проверки аэродинамических характеристик кузова.[1]

Интерьер.

Дизайнер, специализирующийся на дизайне салона задает пропорции, форму, месторасположение и основные линии приборной панели, сидений, дверных и потолочной панелей и др. Здесь делается ставка на эргономику и удобство пассажиров. Процесс изготовления такой же, как и экстерьера (эскиз, компьютерная и глиняные модели).[1]



Рис.3. Дизайн интерьера BMW 5-series.
(дизайнер: Oliver Heilmer, подбор цветов и материалов: Corona Doring)[2]

Подбор цветов и материалов.

Эксперт в данной области ответственен за выбор, расположение и использование цветов и материалов в автомобиле. Зона его деятельности распространяется на краску, пластик, кожу, коврики, обивку потолка и т.д. Цвет, контраст и текстура должны быть корректно соотнесены, чтобы создавать уникальную внутреннюю атмосферу. Эти специалисты тесно сотрудничают с дизайнерами кузова и интерьера.

В дизайне оформления (значков, переключателей, молдингов...) может принимать участие вся команда дизайнеров.

Автомобильные дизайнеры могут черпать вдохновение из других областей дизайна, например, промышленного дизайна, моды, интерьеров, архитектуры. Благодаря исследованиям в этой области, тенденции рынка предугадываются на годы и в дальнейшем используются в дизайне, чтобы соответствовать запросам потребителей. Эти идеи отражаются в концептах автомобилей и в дальнейшем используются на соответствующей модели транспорта.[1]

Рассмотрим подробнее процесс создания дизайна экстерьера на примере моих разработок.

Процесс создания автомобиля начинается с поисковых эскизов. На них начинают отрабатываться основная концепция и направление дизайна автомобиля. Обычно это линейные рисунки с небольшой ретушевкой, только чтобы показать основные форму и объемы. Зачастую рассматриваются множество различных вариантов дизайна прежде чем автор приходит к наиболее удачному.

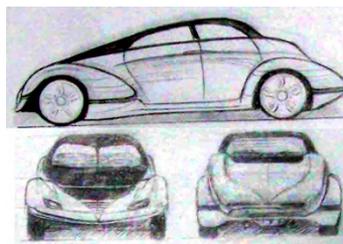
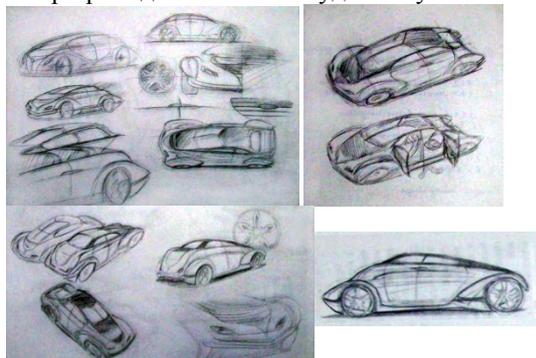


Рис. 4. Поисковые эскизы.
(Автор: Андрей Локтионов)

После чего, окончательно продумав и отточив будущую форму, разрабатывается финальный вариант эскиза. Для более полного понимания разработки дизайн экстерьера выполняется в нескольких ракурсах (в данном случае - $\frac{3}{4}$ спереди и $\frac{3}{4}$ сзади). Также к нему прилагается описание.

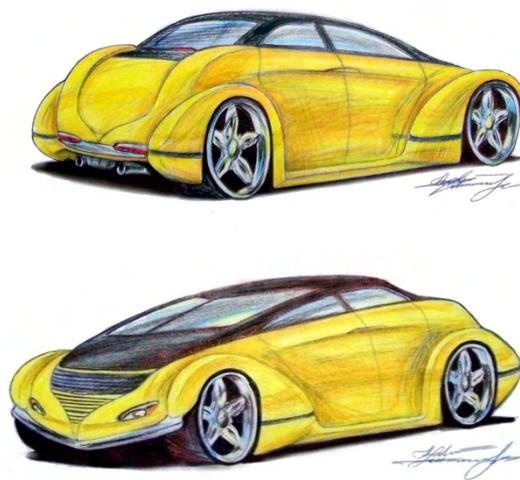


Рис.5. Дизайн экстерьера.
(Автор: Андрей Локтионов)

На эскизе представлен 4-дверный седан со стеклянной крышей. Автомобиль имеет стремительный вид передней части который достигается за счет весьма острого угла ветрового стекла. Оно составляет с капотом и крышей практически ровную линию. Задняя часть, внешние колесные арки и двери открывающиеся от центра – всё это выполнено в лучших традициях американских автомобилей 30-ых годов прошлого века с налетом черт нового тысячелетия. Низкая посадка и значительный диаметр колес довершают образ скоростного городского автомобиля.

Конечный вариант разработанного дизайна может в дальнейшем использоваться при разработке и создании модели.

Список используемых источников:

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Automotive_design#Graphic_design
2. <http://www.ccardesign.ru/library/designstory/2008/12/15/2722/>
3. <http://www.ccardesign.ru/library/designstory/2009/02/14/2859/>

АРТ-ДИЗАЙН ПОСРЕДСТВОМ СВАРКИ

Мамлясов К.В., Соколов А.П.

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: mamlyasov@mail.ru

В настоящее время создание объектов дизайна – это производство, и как во всяком производстве здесь применяются все виды сварки, но в средовом дизайне и арт-дизайне выбор вида сварки имеет свою специфику.

Средовой дизайн - дизайн архитектурной среды, в своей повседневной жизни, примером того является фасады зданий, различные ограды и даже металлическая мебель. В данном виде дизайна часто встречаются различные металлоконструкции, целью которых, кроме функциональных, является также и эстетическая цель.

Объект можно выполнить цельным и изготовить его методами литья. Из-за дешевизны в литье применяют чугун, но, например, чугунные решетки менее прочны, чем стальные. Кроме того, литье отдельной детали достаточно дорого (даже в песчано-глиняные формы), да и детали получаются массивными, тяжеловесными. В связи с этим объект, как правило, изготавливают по частям, затем их соединяют. В зависимости от назначения объекта, соединение может быть разъёмным или неразъёмным. В последнем случае применяют ковку или сварку, причём сварка применяется всё чаще по сравнению с ковкой.

В настоящее время существуют множество различных способов сварки: от простой – ручной электродуговой – до экзотичной – сварки взрывом. В общем случае сваркой называют процесс получения неразъёмных соединений путем установления межатомных связей между свариваемыми заготовками при их нагреве и последующем деформировании. [1]

Наиболее часто используется ручная электродуговая сварка. Она основана на использовании тепловой энергии электрической дуги. Сварочная дуга представляет собой мощный стабильный заряд электричества в ионизированной атмосфере газов и паров металла. Источниками переменного тока являются сварочные трансформаторы, а источниками постоянного тока – сварочные выпрямители и генераторы. На холостом ходу напряжение составляет 60÷80 В. Так как дуга горит между электродом и свариваемой деталью качество шва во многом зависит от электрода. Электрод представляет собой металлический стержень, длиной 35÷40 см. на поверхность которого нанесено покрытие – обмазка. [2]

Так в средовом дизайне используют чаще всего ручную дугую сварку, это происходит в основном из-за того что она не требует сложного оборудования. Дуговой сваркой можно сваривать детали непосредственно на месте как в горизонтальном, так и в вертикальном положениях. Одна-

ко при ручной электродуговой сварке необходимо решать несколько проблем, основной из которых являются: недостаточно эстетичный вид сварного шва и разбрызгивание металла. Оба этих недостатка устраняются последующей шлифовкой самого шва и прилегающих к нему поверхностей.

Второй проблемой является перегрев металла и окисление границ зерен, что ведет к появлению цветов “побежалости”. Устранение этой проблемы зависит от выбора самого металла, выбора вольт-амперных характеристик сварочного аппарата, так же от опыта самого сварщика.

Изделия, относимые к арт-дизайну, требуют более тщательной обработки поверхностей. Соответственно и к качеству поверхностей, получаемых сваркой, предъявляются повышенные требования. В этом случае используется более дорогое оборудование.

Арт-дизайн можно понимать как искусство проектирования в самом широком значении этого слова. Этот дизайн штучный, концептуальный, элитный. Он в процессе своего развития не только превратился в самостоятельную проектно-художественную культуру, но и сам стал влиять на формирование в архитектуре, скульптуре, декоративно-прикладном искусстве.

В арт-дизайне сварка чаще всего используется для соединения деталей, полученных различными способами обработки металла. Сегодня же рождается принципиально новый вид художественной обработки металла – художественная сварка. Её можно назвать «арт-сварка». Родоначальниками «арт-сварки» являются, специалисты киевского Института сварки: Г. Г. Дочкин и Д. Кушнирук. [3]

Художественная сварка имеет множество особенностей, поэтому опишем этот процесс подробнее. Первоначально необходимо оборудование, а именно — сварочный аппарат для аргоновой сварки. Нужен также расходный материал для творчества, то есть титан — по 5 кг проволоки каждого диаметра: от 1 мм (самые тонкие детали) до 5 мм (самые толстые). Также понадобятся несколько баллонов с аргоном. Для изготовления сложных изделий уходит около 20 баллонов газа.

Можно указать на условное отличие обычной сварки от художественной сварки. При обычной сварке цвета “побежалости” являются дефектом, а при арт-сварке желаемым результатом. То есть мастер как бы “рисует” сварочной дугой. Процесс изготовления условно можно поделить на три этапа. Начинается все со сварки каркаса. Затем на каркас наваривается основное «тело» изделия: проволока скрепляется при помощи свароч-

ных швов, да так умело, что поверхность кажется цельной. Завершающий этап — оформление изделия различными мелкими деталями и нанесение узоров. Последний этап обычно наиболее кропотливый. Ведь, например, для того чтобы создать глаз змеи или рыбы с практически живым зрачком, необходимо очень долго “играть” с нагревом материала, чтобы деталь получила нужный окрас. [4]



Рис.1. Образцы художественной сварки

Приведённые на рис. 1 образцы получены кропотливым трудом. Учитывая объём использованного объёма аргона, цена таких вещей высока. В полной мере значимость такого рода вещей из покупателей может оценить только тот, который сам хоть немного попробовал варить металл.

В средовом дизайне или при создании металлической мебели ситуация несколько иная. Здесь важен не только художественный эффект, ни и экономический. Поэтому к процессу изготовления изделий из этой области относятся как к техническому процессу, т.е. делают его максимально технологичным. Объект разбивают на составные части – блоки, а каждый блок – на детали. В качестве материала для деталей используют стальной прут, трубу или уголок, которые получают высокопроизводительными методами. Из этих материалов с помощью пластической деформации получают детали, которые сваривают в блоки. Для примера на рис. 2 показаны стадии изготовления спинки металлической скамьи. [5]

В определённой технологической последовательности детали блока располагаются на поверхности и привариваются друг к другу. В технике говорят, что идёт пооперационная сборка. Такой подход позволяет тиражировать объект дизайна, но он в случае работы ремесленника требует создания многопозиционной оснастки. Если же работает художник, то ему в принципе достаточно планшета в натуральную величину. В этом случае каждая деталь может иметь неповторимые очертания, а объект в целом получается эксклюзивным. В зависимости от уровня мастерства и вкуса художника его объекты арт-дизайна могут приобрести статус произведений искусства.

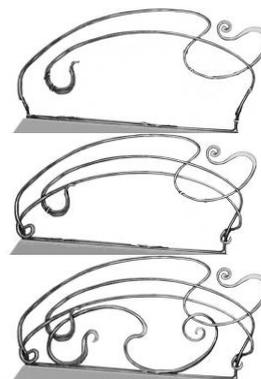


Рис. 2. Стадии создания спинки скамьи

Принципиально трудно отличить художественную сварку от технической сварки. Это различие, возможно, аналогично различию между художником и ремесленником. Тиражирование снижает ценность вещи, сделанной художником, но он остаётся в статусе художника, если в его действиях имеется неповторимость, положительно воспринимаемая людьми. И ремесленник поднимается до уровня художника за счёт той же положительной неповторимости, которая ныне называется «эксклюзив».

Сварка - это такой высокотехнологичный процесс, который позволяет с минимальными затратами соединять детали объекта дизайна, полученные высокопроизводительными методами, причём соединение это делать настолько виртуозно, настолько высокохудожественно, что полученное изделие может получить статус произведения искусства. За счёт сварки арсенал выразительных средств дизайнеров возрастает и возвращает самих дизайнеров к их сути, к искусству.

Литература

1. Глизманенко Д.Л. Сварка и резка металлов. М., Высшая школа, 1974. 479 с.
2. Каховский Н. И., Фартушный В. Г., Ющенко К. А., Электродуговая сварка сталей. Киев, Наукова думка, 1975, 476с.
3. Сайт www.kaft.ru
4. Сайт <http://ostmetal.info/>
5. Ледзинский И.С. и др. . Современная художественная ковка. – М.: Металлургия, 1994, 480с.

ДИЗАЙН ЭЛЕМЕНТОВ ИНТЕРЬЕРА АВТОМОБИЛЯ

Манаков В.Н.

Научный руководитель: Кухта М.С. профессор, д.ф.н.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: montimonk@mail.ru

В своей работе я хочу предложить, наиболее приемлемый вариант автомобильных пепельниц. Автомобили обычно все включают в своей комплектации пепельницы. Но очень мало автомобилистов пользуется ими. Обычно там складывается всевозможный мелкий хлам, например мелкие крепежные изделия, мелкие разменные монеты и т.п. На мой взгляд, эта проблема имеет следующие причины. Во-первых, это неудобное расположение пепельницы, из-за которого приходится водителю отвлекаться во время движения. Во-вторых, это пепел в салоне, который разлетается при стряхивании пепла сигареты, потому что пепельница не оборудована барьерами для разлетающегося пепла.

Автомобильная пепельница – это очень практичный автомобильный аксессуар. Вы можете установить автопепельницу в любое удобное для себя место в салоне Вашей машины. Автомобильная пепельница может быть не только сосудом для сбора пепла, в зависимости от модели, она может сочетать в себе такие весьма полезные особенности, как подсветка, возможность установки её в держателе напитков, у некоторых автопепельниц имеется держатель для сигареты и съемная верхняя часть и т.д. Автопепельницы выполнены из термостойких материалов. [1]

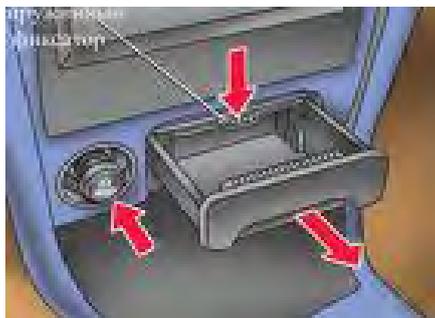


Рис.1. Типовая пепельница

Но мы остановимся на конкретно основной функции пепельницы - сосуд для сборки пепла. К сожалению, типовые пепельницы имеют не удобную особенно в русских автомобилях конфигурацию. (рис.1) Например, все автомобили оснащаются специальными пепельницами, это, как я узнал, не дополнительная услуга. Размеры и местоположение пепельницы продумано так, что попасть в неё практически невозможно. Особенно это занимательное занятие при езде во внедорожнике НИВА, где игра с пепельницей до предела усложнена многоуровневой посадкой пассажиров на задних местах.[2] Стандартные пепельницы имеют пря-

моугольную форму и выдвигаются по прямой. Я предлагаю решить эту проблему, сделав выдвижение по углу и отказаться от прямоугольной формы.



Рис.2. Форма будущей пепельницы

Форма пепельницы

Пепельница будет иметь форму дуги.(рис.2)

Таким образом, она будет выдвигаться не по прямой линии, а по радиане, по направлению к водителю. Намного удобнее, чем стряхивать в стандартную пепельницу. Так же эта пепельница будет оборудована специальным барьером от разлетающегося пепла, повторяющим форму пепельницы. Дело в том что в стандартных пепельницах отсутствуют барьеры. Поэтому водителю приходится прицеливаться при стряхивании пепла, чтобы попасть именно вовнутрь пепельницы, что заставляет водителя отвлекаться от движения.

Я предлагаю решить эту проблему путем оснащения предлагаемой пепельницы пластмассовым барьером. Он будет возвышаться над пепельницей где-то на треть от ее высоты и занимать примерно треть ее размера. Благодаря ему пепел не будет разлетаться по салону и пачкать одежду водителю.



Рис.3. Стандартное расположение пепельницы в автомобиле

После того, как мною был разработан данный концепт, возник один важный вопрос - где удобнее расположить пепельницу в автомобиле? В большинстве автомобилей она расположена на приборной панели(это в основном в русских

автомобилях) или внизу, под магнитолой, ближе к коробке переключения передач(в иномарках чаще встречается такой вариант). Я сделал следующие выводы. В основном водитель в течение дня ездит один на машине- по работе, по делам.

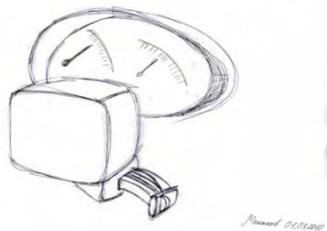


Рис.4. Предлагаемое расположение проекта пепельницы в автомобиле

В основном водители курят одни в машине или не позволяют людям другим курить в своей машине. Кстати, многие таксисты запрещают своим клиентам курить у себя в автомобиле. Поэтому я считаю наиболее лучшим вариантом расположения пепельницы- это под рулем.(рис.4) Отводится специальная пластмассовая секция, включающая себя разъем под пепельницу, из которого она свободно выдвигается. Пепельница оборудована ручкой, за которую можно ухватиться и открыть пепельницу свободно.

Удобство моего варианта пепельницы заключается в том, что ее расположение под рулем не потребует много внимания, чтобы стряхнуть пепел. Каждый водитель всегда бросает взгляд на переднюю панель автомобиля, а в частности на спидометр, тахометр, температуру двигателя. Поскольку пепельница находится в районе руля, то она будет попадать в поле зрения автомобилиста спокойно, что не составит труда стряхивать пепел при курении во время езды. На мой взгляд, моя пепельница обезопасит многих людей, рискующих курить во время езды в открытое окно или в стандартные пепельницы.

Таким образом, в качестве выводов, можно обозначить главные достоинства данной пепельницы.

- Минимум отвлеченности от дороги
- Отсутствие загрязнения салона пеплом
- Эргономичный дизайн.
- Простота в использовании.

В окончательном варианте моя пепельница представлена на рисунке 5.

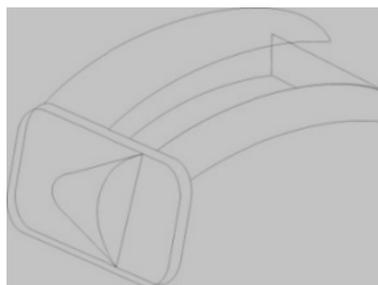


Рис.5.Окончательный вариант пепельницы

А также ниже, на рисунке 6, возможный вариант ее комплектации в автомобиле.

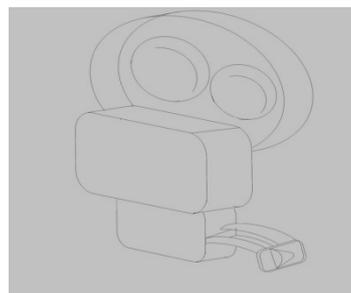


Рис.6. Комплектация в автомобиле.

Для удобства рассмотрения ее положения на рисунке, я не стал изображать рулевое колесо, а только саму колодку и пластмассовый бокс для пепельницы. Пепельница будет располагаться внутри его и свободно извлекаться для вытряхивания пепла. Пепельница может располагаться как по правую, так и по левую руку водителя- это зависит от типа руля в автомобиле - праворульная или леворульная машина,а

Так же от предпочтения автовладельца, который захочет заказать пепельницу под себя.

В заключение своей работы, я хочу сказать, что пепельница в автомобиле вовсе не самый бесполезный предмет, как многие считают. Возможно, причина в том, что разработчики дизайнов салона и панелей автомобилей рассматривали её как мелочь, как небольшое дополнение к панели. Пепельница, предлагаемая мною позволяет курить в салоне без особых ухищрений и без потери контроля над машиной. А лучше, конечно, вообще не курить и оставаться здоровым.

Список литературы.

1. <http://pesfanon.ru/oka/okai3563774e.html>
<http://forum.auto.am/index.php?t=msg&th=243&start=0&>

БИОКАМИНЫ: ОГОНЬ В ИНТЕРЬЕРЕМертинс К. В., Петрова М. В.¹

Научный руководитель: Петрова М.В.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

¹Томский институт бизнеса; 634000, ул. Заливная, 1 АE-mail: designeri2009@ya.ru

Еще с давних времен центром обители считался «очаг». Огонь с давних времен приносил тепло, свет и спокойствие в наши души и дома. Когда мы смотрим на пламя, мы заряжаемся положительной энергией. Однако высокие технологии активно проникают во все сферы жизни человеческого общества, наряду с классическим решением, все больше внимание уделяется биокаминам. Биокамин – один из последних новшеств и разработок современного производства. Он выполняет функции классического камина, но не оставляет после себя дыма, запаха и пепла. С помощью биокамина у потребителя появилась возможность сделать свой дом более уютным и оригинальным. Его можно установить в загородном доме или квартире, в современном офисе, развлекательном центре и ресторане. Биокамины способны создать вокруг себя особую атмосферу притяжения. По степени безопасности они приравнены к фону или керосиновой лампе. Конструкторы создали инновационную каминную установку, художники предложили оригинальное дизайнерское решение, в некоторых случаях их даже сложно назвать «каминами» из-за небольшого размера и замысловатой формы.

Основу (каркас) биокамина, составляет очаг с установленным внутри отопительным блоком из нержавеющей стали, толщиной 2-6 мм, покрытого долговременными и жаростойкими порошковыми лаками (Рис. 1). Внутри камеры сгорания заливается биотопливо, в составе которого входят денатурированный этанол растительного происхождения (тростниковый сахар, картофель, банан, свекла, пшеница) и специальные добавки, при сгорании образуются водяные пары и углекислый газ. Топливо поджигается при помощи специального длинного крюка. Смещенная система заправки для уменьшения риска ожогов и возгораний во время дозаправки. Интенсивность пламени и температура регулируется либо механически путем закрытия и открытия скользящей крышки – слайдера отопительного блока либо технологией Digifire с помощью дистанционного управления (подача, регулировка и гашение управляется), которая в свою очередь препятствует испарению биотоплива после выключения, что исключает образование «взрывоопасного облака». Такая конструкция препятствует возврату пламени и уменьшает образование термических хлопков или взрывов, вызываемых скоплением газовых паров внутри блока. В корпус также встроен дефлектор- устройство для направления потока горячего воздуха в комнату.

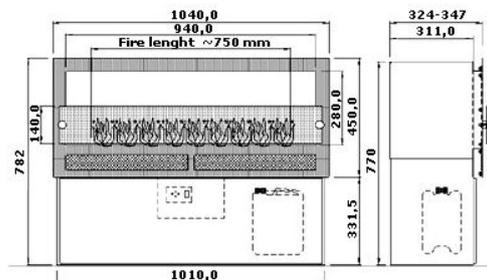


Рис.1 Конструкция биокамина

Задняя часть корпуса покрывается мощным изолятором для обеспечения термической изоляции поверхности. Температура задней стенки при интенсивной работе камина 35 градусов. Вся структура разработана таким образом, чтобы предотвратить нагревание корпусов мебели камина и стены, напротив которой должен стоять камин.

Для декора применяют огнеупорное стекло, мрамор, скандинавский камень, гранит, искусственный камень, шпон, ценные породы дерева, алюминий. Для окраски корпуса используется совершенная технология, применяемая в машинном производстве – краска на стальной корпус наносится магнитным напылением, тем самым создается стойкость к механическим повреждениям и тепловым воздействиям, влияющим на долговечность внешнего вида изделия. Безопасность использования материалов и оборудования, используя технологию биокаминов, подтверждена национальным Институтом гигиены и Научно – исследовательским центром противопожарной защиты.

Среди функций биокамина следует выделить следующие:

1. Декоративная. Биокамин является декоративной конструкцией. Разнообразие форм и цветов позволяет подобрать биокамин к любому дизайну интерьера. Для привычного вида в топку кладут керамические поленья – муляжи – смотрятся как настоящие дрова и создают полноценный вид.

2. Обогревательная. Дополнительный обогрев помещения относительно дешевым и эффективным источником тепла (95% тепла остается в помещении). Одного литра биотоплива хватает на 1-5 часов использования.

3. Лечебная. Возможность использования ароматерапевтическую ёмкость для выполнения лечебной функции (увлажнение воздуха и ингалятора).

Уникальное решение для интерьеров – островной биокамин. Он легко вписывается в любое помещение, тем самым придавая яркий и уникальный акцент. Дизайнер может дать в полной мере

волю своей фантазии в создании оригинального решения. Например, используя закаленное стекло для корпуса, «начинку» выполнить с элементами декора – бамбука, перевязанного веревкой из кокоса. Оригинальны модели, для создания которых используются простые геометрические формы. Например, круг – символ вечной жизни. Некоторые увидят глубокую философию в этих формах: огонь, жизнь, вечность.



Рис. 2 Биокамин с эффектом «костра»

Есть возможность подобрать какое либо выносное решение в виде стеклянного камина или встроенного в плоскую поверхность, создавая потрясающий эффект «костра» (Рис. 2). Такого эффекта невозможно добиться от классического камина т.к. продукты горения наполнят помещение. Новшество в том, что камера горения может приобретаться отдельно и использоваться для переоборудования существующего камина или для оформления собственного индивидуального камина. Конструкция биокамина позволяет совмещать его с такими предметами интерьера как кофейный столик, навесная полка, журнальный столик и т.д.

Особое внимание следует уделить стеклянным каминам. Стекло обладает свойством расширять границы пространства и преломлять потоки света, простые формы в стеклянном воплощении приобретают особый смысл и красоту. Чистота линии, ясная прозрачность пространств и гармония игры света стеклянной мебели – смысл интерьера в стиле Hi-Tech. Стеклянный биокамин придает интерьеру легкий, изысканный акцент прозрачности, простоты и шика. Это актуальный и точный ход в решении концепции интерьера, прекрасный прием зонирования, не нарушающий целостность восприятия пространства.

Если рассмотреть модели биокаминов с точки зрения композиции, то они делятся на плоскостные и объемные. Объемные (напольные) биокамины компактны, можно наблюдать с разных точек пространства (Рис. 3).. Создают как закрытые, так и воздушные, пронизанные пространства. Объемные формы позволяют работать с разнообразными композициями, различными по геометрическим видам и открытости. Четко выделяются структурные части, составляющие объемную композицию,

что обеспечивает ей необходимую художественную выразительность.



Рис. 3.Островной биокамин

Плоскостные композиции (настенные биокамины). Воспринимается с двух сторон. Большую композиционную роль в ней играет силуэт, т.к. зритель так или иначе двигается вдоль такой формы, то предпочтительно использовать горельеф и даже объем (Рис. 4).



Рис. 4. Настенный биокамин

Большое значение в выявлении и характере плоскостной формы имеет цветовая моделировка. За счет нее могут выделяться главные элементы рельефной композиции. Цвет может подчеркивать характер или обогащать композицию, зрительно нарушая пластический строй.

Чтобы разработать камины самой совершенной эстетики, чтобы добиться совершенной точности и чтобы удовлетворить требования покупателя, нужна самая современная техника в сочетании с ремесленными традициями, например, программа, работающая на основании электронной обработки данных, лазерные машины для резки, управляемые компьютером или цифровой пресс. А при сочетании вышеперечисленных условий и отличных дизайнерских решений получается не только стильный, уютный, но и способствующий укреплению здоровья интерьер.

Список литературы:

1. <http://biokamins.ru/product/biokamin-fire-box>
2. <http://www.avito.ru>
3. <http://www.domstroy.by>
4. Устин В. Б. Композиция в дизайне. Методические основы композиционно – художественного формообразования в дизайнерском творчестве: учебное пособие. – М.: АСТ: Астрель, 2007.

ТРУБА КАК МАТЕРИАЛ В ДИЗАЙНЕ

Мингазетина И.О., Соколов А.П.

Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail:cherryise@rambler.ru

Еще издавна трубы являлись незаменимым элементом в различных сферах деятельности человека. Решая проблемы водоснабжения и канализации, осушения и орошения земель, человек использовал трубы. Без преувеличения можно сказать, что труба стара, как мир. В древности для изготовления труб применяли древесину, керамику и разные металлы. Первые упоминания о металлических трубах относятся к древнему миру. Римляне делали трубы из меди, железа и свинца, сгибая их из тонких металлических листов, т.е. технология была близка к современной.

В настоящее время область применения труб также многообразна. Это и машиностроение, и современные промышленные технологии.

В данной статье мы ограничимся описанием труб с точки зрения применения их в дизайне.

В настоящее время труба это не только материал для создания функционального изделия, но и незаменимая деталь части интерьера, в особенности это относится к современным стилям.

Наиболее бурный рост использования труб в производстве мебели пришелся на рубеж XIX и XX вв. Главной же художественной идеей во всех этих случаях было использование «чистого» каркаса без всяческой мишуры. Главным шагом в развитии этой тенденции стала мебель из *гнутой стальной труб*. Новый способ изготовления мебели лишил ее массивности и изменил веками не менявшуюся форму. Наиболее известны изобретения таких дизайнеров как Марсель Брейер. В 1927 году фирма «Стандарт» запатентовала самобалансирующийся стул Марта Стама - на консоли, без задних ножек, его можно назвать самым главным достижением рационального дизайна мебели.



Рис. 1. Стул самобалансирующийся



Рис. 2. Стул Мис Ван дер Роэ

Появляются проекты мебели Ле Корбюзье и его коллег, архитектора Людвига Мисс Ван дер Роэ. Конструкция потеряла прямоугольную форму и приобрела упругость. Получившаяся конструкция оказалась настолько удачной, что стул производится до сих пор. [1]

Появляются стулья без передних ножек, с двойным изгибом консоли, стулья, где пружиня-

щий эффект стал слишком сильным и для удобства сидения была сделана подпорка. Стремясь обнажить конструктивную суть вещи, дизайнеры в итоге делали ее малопривлекательной с практической точки зрения. Скажем, каркас с натянутой на него тканью теоретически идеально подходил для размещения в нем тела, но категорически не годился, для того чтобы в нем можно было просто полежать. Но всё же, такие изобретения из труб пользовались необычайной популярностью среди людей.

Использование труб в мебели послужило толчком для того, чтобы продолжить развитие на новом витке - в интерпретации современных стилей, таких как хай-тек, минимализм, конструктивизм, лофт, техно. Представленные стили объединяет то, что напоказ выставляют все ранее скрывавшиеся коммуникации, в частности, трубы, и теперь это не считается чем-то постыдным, некрасивым, наоборот, такой поворот является средством самовыражения.

Так для стилей хай-тек и минимализм в основном типичны хромированные и никелированные трубы, так как блеск как бы увеличивает пространство, добавляет света. Полное отсутствие украшений в интерьере компенсируется «работой» фактуры, к примеру, блеском хромированных труб.

В настоящее время фантазии дизайнеров нет предела. С использованием труб, можно создать абсолютно свой, не похожий ни на какой другой интерьер, каким его создал турецкий дизайнер Айкут Эрол. Мебель представляет собой длинную трубку, изогнутую нужным образом. В оригинале она выполнена из медной и металлополимерной трубы малого диаметра. [2]

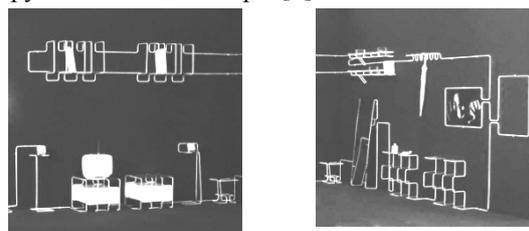


Рис. 3. Мебель Айкута Эрола

Такая обстановка очень хорошо подойдет сторонникам полного минимализма в интерьере.

Стиль техно преследует цель – изобразить обстановку, будто произошла техногенная катастрофа, а стиль лофт зародился в результате использования заброшенных мануфактур под жилье и рабочие помещения. Обитатели лофтов не делают проблему из скопления проводов и избытка труб. Они не пытаются замаскировать эти детали, а превращают их в элементы дизайна - богатое воображение позволяет это делать.

Трубы сочетают в себе несколько достоинств, ценных с точки зрения дизайнера. Трубы получают высокопроизводительными методами, и они очень легки. Поэтому мебель, выполненная из них, получается очень лёгкой. Кроме того, трубы малого диаметра можно легко гнуть, придавая им любую форму. Поэтому их можно использовать для арт-дизайна. Пластичность материала, лёгкая обрабатываемость буквально вручную или с применением ручного механизированного инструмента и соединение деталей с помощью сварки – всё это расширило возможности дизайнера. Комбинируя трубы разного диаметра и сочетая их с металлическим прутком, можно получать дизайнерские объекты любой сложности и в своей выразительности доходящих по уровню до произведений искусства.

К тому же пополнение арсенала обработки труб новыми технологиями резания позволяет расширить арсенал наиболее выразительных дизайнерских решений.. [3] Особенно следует обратить внимание на лазерную резку - один из самых современных и удобных способов резки труб. Теперь с ее помощью можно с максимальной точностью и минимальными затратами времени разрезать трубу так, как это необходимо. Также лазерная резка позволяет выполнять различные узоры непосредственно на трубах, причем рисунок получается четким (рис. 4).



Рис. 4. Пример лазерной резки

Процесс резки можно автоматизировать. Происходит удачное сочетание высокотехнологического производства труб с механизированной и даже автоматизированной их резкой.

Детали, получаемые из трубы с помощью резки, имеют базовую поверхность цилиндрическую, и поэтому могут использоваться в базовых элементах конструкций лестниц или металлической мебели. Форма получающихся деталей своей изогнутостью напоминает стволы растений и особенно листьев. Эти детали находят применение в объектах дизайна, выполненных в «растительных» стилях. В этом смысле наиболее предпочтителен стиль модерн. Здесь объединяются различные лаконизмы: лаконизм получения труб (в смысле краткости, т.е. быстроты, технологичности их получения); лаконизм их резки; лаконизм соединения деталей (простота соединения с помощью сварки) и лаконизм самого стиля модерн. В результате соединения всех этих

лаконизмов получаются очень выразительные, конкурентоспособные объекты и в интерьере, и в экстерьере.

В использовании трубы для дизайна сейчас имеются проблемы: переход от одного диаметра трубы к другому создаёт шероховатость в восприятии; чем больше диаметр трубы, тем сложнее её деформировать вручную. Указанные две проблемы можно решить, создавая оборудование, аналогичное используемому для сварки спиральных труб, причём в одном технологическом процессе можно совместить и изменение диаметра трубы, и её искривление.

При создании светильников можно увеличить их эстетическую выразительность, если совместить свойства каркаса светильника и брони кабеля по принципу – два в одном. Для этого нужно обеспечить легкое соединение деталей каркаса, не повреждая при этом кабель

Веяние времени – стыковка металла с пластиком, деревом, стеклом. Большой выигрыш на этом направлении сулит разработка технологий получения материалов, похожих на трубы и внешне и технологически. Изготовление же труб в настоящий момент – это наиболее производительные технологии, соединяющие в одном высокоскоростном процессе прокатку и сварку.

Сегодня не последнее место отводится красоте, гармонии, ведь у нас есть глаза, для созерцания этого разного по фактуре и цвету мира и того, что окружает нас в том числе. Все мы хотим жить не просто лучше, но гармонично вписываясь в этот мир, пространство, не нарушая его и его законов. Жить в интерьере удобном, комфортном, созданном индивидуально для вас, под ваш образ и стиль жизни. Можно с уверенностью сказать, что в современном мире труба - это незаменимый элемент дизайна. Резка по новым методам, завивка, гибка - благодаря данным технологическим операциям труба приобретает необходимые формы и размеры, вследствие чего мы получаем функциональную, а что еще важно - эстетичную мебель. Оригинальные и нестандартные украшения в наше время даже приветствуются. Поэтому обширное применение труб не случайно, они позволяют сделать объекты дизайна удобными и отвечающими требованиям современности.

Литература:

1. Кухта М.С. Основы дизайна: учебное пособие – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009;
2. Клецов Д. – Режим доступа: <http://tvoydom.info/archives/825>;
3. Шевченко Р. – Режим доступа: <http://alta-d.ru/encyclopedia/things/f5-01-00079.htm>.

БАЗЫ В ДИЗАЙНЕ НА ПРИМЕРЕ РЕШЁТОК

Немцева И.Н. Соколов А.П.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: Irina1818@sibmail.com

В настоящее время уделяется много внимания интерьеру квартир, домов, приусадебных участков и улиц города. И в наши дни, впрочем как и всегда, очень популярны кованные изделия. Резные решетки кажутся очень лёгкими и воздушными, они передают улицам города или любой другой местности торжественный и грациозный вид, добавляют шика. Само слово «решетка» произошло от слова «решето» - что-то, имеющее множество отверстий. Те же кружева и вуали, которые с давних пор использовали, чтобы украсить и сделать еще более нежным силуэт женщины. Собирая извилистые прутья вместе, можно получить плоские или объемные «картины» - ровные или изогнутые (винтовые) поверхности.

Цилиндры, винты и плоскости, представляющие красивые кованные орнаменты, сочетаясь между собой, образуют всевозможные фигуры.

Технология и дизайн того или иного изделия определяется различными факторами: располагаемым пространством, общим стилем комнаты или улицы, функциональными требованиями к самому изделию. Любое изделие основывается на базах: технологических, функциональных и «зрительного восприятия».

Базы технологические – линии или поверхности, по которым устанавливается объект или его части при их изготовлении или сборке.

Базы функциональные – поверхности, расположение которых нужно обеспечить, чтобы объект выполнял свою функцию. Например, у стола поверхности столешницы и ножек являются базовыми, так как, не обеспечив их параллельность, нельзя пользоваться столом.

Базы «зрительного восприятия» – поверхности и линии объекта, которые воспринимаются зрительно. Выделение этих поверхностей происходит автоматически, изначально на подсознательном уровне. При анализе образа объекта эти поверхности аналогичны элементам композиции в живописи.

В качестве баз могут быть не только поверхности, но также и линии, которые выступают как границы поверхности. Например, на рис.1 изображена лестница, состоящая из двух участков. [1]

На одном участке: перила прямые; решётка под ними расположена в одной плоскости, являющейся базовой, и перила являются линией, ограничивающей эту базовую поверхность. На другом участке: перила расположены по винтовой линии; решётка под перилами расположена в цилиндрической поверхности, являющейся базовой, и перила являются линией, ограничивающей эту поверхность. Два участка, две базы, соединённые встык,

что не совсем гармонично. Более предпочтительный вариант сопряжения – плавный переход. Особенно, если дело касается объединения в одну конструкцию цилиндрической поверхности и плоскости.

На рис.2 также изображена лестница, у которой ограждение образовано соединением двух плоскостей, но не встык, а при помощи промежуточной цилиндрической поверхности. Её также можно рассматривать как базу, уже третью в этой конструкции. В этом случае соединение поверхностей происходит «гладко», без видимой линии, что не ограничивает рисунок. Взгляд скользит вниз без задержки, и лестница в целом воспринимается гармонично.



Рис. 1



Рис. 2

У обеих лестниц (рис.1 и рис. 2), технологические базы и базы зрительного восприятия совпадают. Поручни – это одновременно и функциональная, и технологическая, и зрительная база. Наличие резкого перехода от одной базы к другой (рис. 1) упрощает технологию изготовления лестницы, но усложняет её восприятие. У другой лестницы (рис. 2) сложнее изготовления, но гармоничней восприятие

А вот на рис.3 представлен образец лестницы, у которой завершение ограждения не является спокойным. Оно как будто колыхнется на ветру. [2]



Рис. 3



Рис. 4

Если посмотреть на перила, то можно увидеть, что они в конце загнуты даже чуть больше чем на 180°, образуют линию, подобную спирали, и они являются технологической базой. А решетка

под этим участком, не повторяет той же формы. Зрительная база не совпадает с технологической. Гармоничное восприятие будет усиливаться, если происходит совпадение технологических и зрительных баз.

На рис. 4 можно наблюдать также соединение двух плоскостей при помощи огибания прутьев вокруг столба по цилиндрической поверхности, но это сделано не так изящно, как в случае на рис. 2. Образец на рис. 2 наиболее удачный. Фонарный столб в нем не создает напряжения, а наоборот, является завершающим элементом композиции и конструкции. Лестничные перила как бы выются вокруг него.

Плавный переход от одной базы к другой является более лучшим вариантом нежели острые угловатые соединения, но здесь важно не жалеть пространства, иначе изделие получится стянутым, неудобным.

Но линии стыка может и не быть совсем. Так как на рис.5 Здесь можно выделить все три разновидности баз. Функциональная: столешница расположена параллельно полу. Технологическая: имеются две плоскости, в которых расположены по две ножки и прямая, их соединяющая. Эти две плоскости перекрещены между собой и должны образовывать прямую пересечения, но её нет. В данном случае её просто не стали делать, прочность стола от этого не изменилась, но получился новый образ. Также из-за отсутствия этой линии искажается зрительная база. В результате получаем некое психологическое напряжение. Ощущение пустоты под столом. А стеклянная крышка и «кружевные» ножки усиливают это ощущение пустоты.



Рис. 5

Также, в производстве подобных изделий, значима гармоничность баз. Все элементы должны быть выполнены так, чтобы вместе образовывать единое целое. Иными словами должны иметь один стиль. Тогда вся конструкция будет иметь законченный образ.

На рис.6 сплошной козырек облегчен резным обрамлением, за счёт чего он кажется более элегантным. Из-за того, что он имеет внизу продолжение из плоских решеток, меньше бросаются

в глаза его обрубленные края. Цилиндр переходит в плоскость без какого-либо скачка. А решетки плавно сходят на нет, завершая нижнюю часть конструкции. Здесь все вполне гармонично.

В представленной на рис. 7 беседке купол образован участками цилиндрической поверхности, которые состыкованы так, что создают иллюзию сферической поверхности. [3] В плане беседка представляет собой правильный многоугольник. Козырек делит конструкцию беседки на две части: купол и стены. Если к анализу облика беседки подойти с позиции зрительных баз, то выделяются три базы (купол, стены и козырёк), и видно, что нарушена их соразмерность и соединение. По стилистике беседка похожа на башню церкви, что усилено башенкой наверху купола, а стилистика церковных башен требует приблизить (аппроксимированно) к сфере так, чтобы она соединялась со стеной по касательной, а козырёк только подчёркивал линию касания.



Рис. 6



Рис. 7

Проведённый анализ объектов дизайна, основу конструкции которых составляют решётки, можно сделать следующие выводы.

Функциональные базы должны быть точно выполнены.

Выделение технологических баз упрощает проектирование и изготовление объекта, но требует решения задач их стыковки для выполнения эстетических требований.

Выделение зрительных баз при анализе образа объекта помогает гармонизировать его. Если в качестве объекта основным является гармоничность облика, то основным упор должен делаться гармонизацию соединения зрительных баз. Если удастся совмещать технологические базы и базы зрительного восприятия, то объект получается наиболее гармоничным.

Литература

1. Сайт: www.k35.ru
2. Сайт: www.svarkainfo.ru
3. Ледзинский И.С. и др. . Современная художественнаяковка. – М.: Металлургия, 1994, 480 с.

СЛАВЯНСКИЕ СИМВОЛЫ В СОВРЕМЕННЫХ ЮВЕЛИРНЫХ УКРАШЕНИЯХ

Нивзорова Д.В. Аристова А.О

Научный руководитель: Кухта М.С, д.ф.н , профессор
Томский политехнический университет, 634050,Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: niwzorowa@mail.ru

Ювелирное дело с раннего периода (многие тысячелетия до н. э.) и до наших дней считается одним из наиболее выдающихся ремесел. Стремление, зародившееся еще в первобытные времена человека украсить себя и свое жилище, актуально и по сей день.

Ювелирное изделие — изделие (кольцо, серьга, браслет, коле, брошь), надевающееся на одежду или непосредственно на тело человека и служащее главным образом для украшения.

С течением времени менялись формы и очертания ювелирных изделий, функции и значение, однако одно осталось неизменным: уникальные украшения выделяют человека из группы окружающих его людей. Наряду с эстетической функцией ювелирные украшения также являются признаками власти и богатства.

Украшение в древности надевалось не только и не столько для красоты, сколько в качестве амулета, священного талисмана – по-русски «оберега», от слова «беречь», «оберегать» [1,с 397]. Ювелирные украшения славян, как правило, имели сакральное, магическое значение. Это обуславливается тем, что человек в то время чувствовал себя бессильным перед природой и ее стихиями , пытаясь понять суть и научиться взаимодействовать с этим миром ,он создал целый комплекс взаимодействия с этими силами. Общение Славян с миром осуществлялось посредством языка оберегов – предметов, украшений, узоров, которые люди носили с собой и защищали ими свое жилище.

Славянская Свастика - это один из мощнейших символов, когда-либо существовавших во вселенной, являющийся основной отличительной чертой славянских узоров и орнаментов. Слово «свастика» с санскрита дословно можно перевести как «небесное движение, то, что движется по небу» («сва» - небо, свет, солнце, «тика» - движение, русское - тикать, течь). Коловрат, по-русски, то же самое («коло» - круг, солнце, «врат» - вращение, «яр» - солнце, «га» - движение). Иными словами, это и есть наше Солнышко Красное, которое находится в непрерывном круговом (коло-) вращении, тем самым даруя всему миру свет, тепло и жизнь! Разновидностей свастики невообразимое множество, но есть несколько основных. [2]

Центральное место занимает солярная символика — символика Солнца, солнечной стихии. Не менее значимы символы трех стихий: земли, воды, огня.

Круг с шестилепестковой розеткой внутри «громовой знак» был полисемантичен: он выражал

идею солнца («вещь бо есть солнце свету») и идею «белого света» всей вселенной.[3,с297]

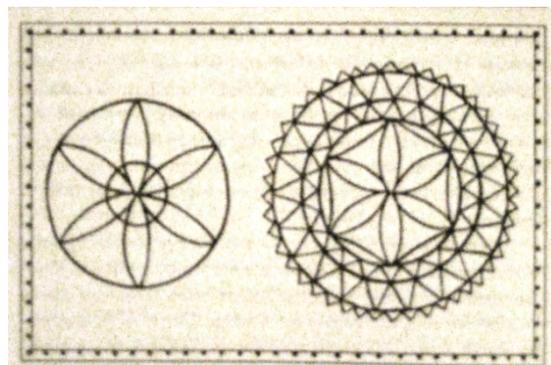


Рисунок 1.Громовой знак

Постепенно мифы и значения символов забылись, однако многочисленные отголоски язычества сохранились до наших дней в народных поверьях, обычаях и традициях и, конечно, в ювелирном искусстве.

Славяне с помощью украшений стремились защитить наиболее уязвимые участки тела (наиболее распространенными ювелирными украшениями являлись шейные гривны, перстни, височные кольца, браслеты, пояса, подвески-обереги (рис.2), бусы и т.д.).



Рисунок 2. Круглые подвески-обереги с изображением солнечной символики и креста

На основе прототипа с использованием свастики мною был составлен художественный образ ювелирного комплекта в славянском стиле с учетом современных тенденций, состоящего из серег, подвески-оберега и кольца.

Знаки и символы связывают нас с глубинными течениями культуры наших предков, с нашими истоками, возобновляя утерянную нами гармонию с природой, с самим собой.

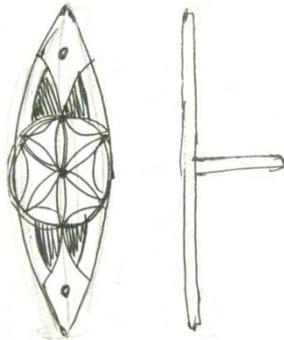
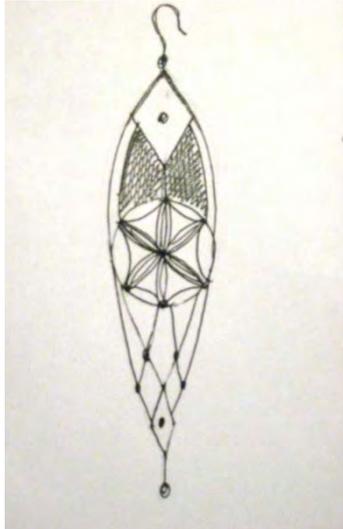
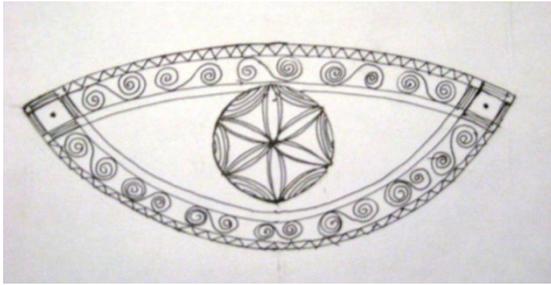


Рисунок 3. Вариант современных ювелирных украшений оберегов (серьги, кольцо, главный элемент подвески-оберега) (Дизайн Нивзоровой Д.В.)



Рисунок 4. Завершенный вариант современной подвески оберега (дизайн Нивзоровой Д.В)

В данной работе особый акцент ставится на использование символики в украшениях и возобновление их сакральной функции.

Современные художники-ювелиры, создатели украшений как для индивидуального, так и массового потребителя, все чаще используют символику наших предков. И не зря, поскольку осознанное и системное использование в ювелирном искусстве древних знаков и символов помогает усилить влияние украшения на чувства, эмоции, мысли человека, вызвать сложный ряд ассоциаций, углубить эстетическое наслаждение.

Список используемых источников:

1. Семенова М. «Мы - славяне!»: Популярная энциклопедия. – СПб.: Азбука, 1998. – 560с.
2. <http://slavput.ru/>
3. Рыбаков Б.А. «Язычество древних славян». - М., 1981

ДИЗАЙН КРЕСЛА-НЯНИ ДЛЯ РЕБЕНКА

Оболенская Т.Н.

Научный руководитель: Кухта М.С., д.ф.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр.Ленина, 30
E-mail: taneshka-19@rambler.ru

Кресло-няня – долгожитель среди детских принадлежностей. Раньше стульчики для кормления были очень примитивными. В основном они были из дерева.

Такой стульчик предназначен только для кормления и ребенку в нем долго усидеть нельзя. К тому же, если ребенок активный, то такой стул небезопасен для него.

В настоящее время, живя в мире современных технологий, люди придумали огромное множество различных стульчиков для кормления. Их даже переименовали в кресло-няня (рис.1). [1]



Рис.1
Варианты кресла-няни

В данной статье будет представлен вариант кресла-няни для ребенка.

Маленькие дети в большинстве случаев очень активны. Они долго не могут сидеть на одном месте спокойно.

Очень важное значение имеет первый стул ребенка. Ведь в нем он будет проводить немало времени. Стул необходим, когда приходит пора покушать. [2]

На что нужно обратить внимание при выборе кресла-няни для ребенка?

В первую очередь нужно обратить внимание на **безопасность**.

Стул должен быть удобен и безопасен, а любые крепления – крайне надежными, даже если малыш постоянно ерзает на стуле. С целью безопасности малыш обязательно должен быть пристегнут к стульчику ремнями безопасности, чтобы он не упал или не выскользнул под столиком. Крепления присоединяются к спинке стула.

Также кресло-няня должно быть устойчивым, чтобы ваш малыш, перегнувшись через край, не мог перевернуться. Устойчивость обеспечивает широкое основание, по сравнению с верхней частью кресла-няни, где располагается сиденье. На ножках должны быть резиновые присоски. Это обеспечивает устойчивость и безопасность.

Хорошо, если у кресла-няни будет достаточно большая **столешница**. На нее можно будет разместить и тарелку и игрушки. Тарелки обязательно должны быть с присосками, чтобы они не падали во время еды, если ребенок махнет рукой. [1]

Также нужно обратить внимание на **материал**, из которого выполнено кресло-няня. Они как правило выполнены из пластмассы или дерева. Чтобы малыш меньше скользил по сиденью, лучше всего применять матовый, а не глянцевый материал.

Т.к. кресло-няня сделано из твердых материалов, то сверху обязательно должна быть предусмотрена подстилка на сиденье, чтобы малышу было комфортно и тепло. Лучше, если столик будет не очень маленький, так чтобы ребенок не мог ножками достать до стола взрослых. Тогда нет возможности оттолкнуться и упасть назад вместе со стулом. [2]

При выборе кресла-няни нужно обратить внимание на **высоту**. Если высота кресла-

няни будет регулироваться, то вам будет удобно кормить малыша, или придвинуть его к общему столу. Чаще всего стул имеет два или более уровней по высоте. Самый низкий нужен для того, чтобы поставить кресло на полу. [1]

В работе представлен вариант кресла-няни в виде самолетика (рис.2).

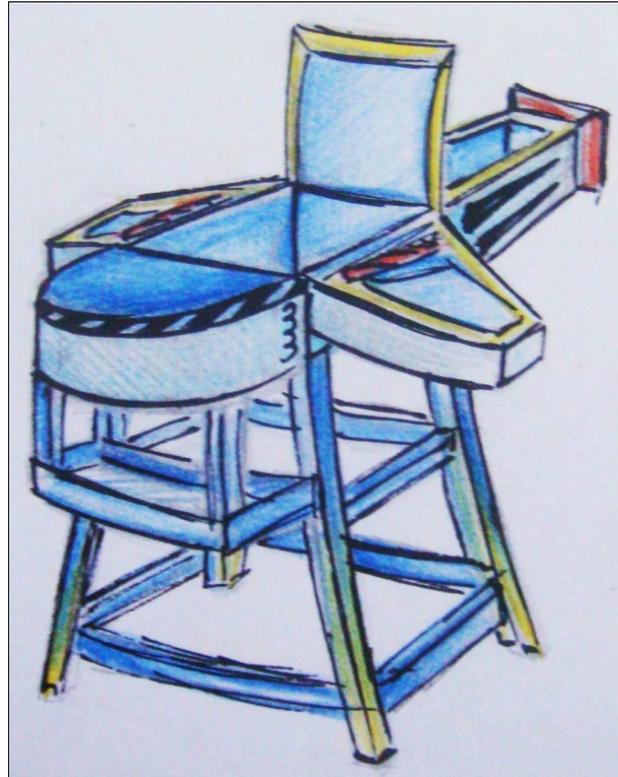
Оно выполнено в ярких цветах: желтый, голубой, синий, красный. Цвета должны радовать ребенка. Яркие цвета нравятся детям, и вашему малышу будет приятно сидеть в таком кресле.

На «крыльях» самолетика расположены кнопки. При нажатии этих кнопок играют разные мелодии. Это нужно для того, чтобы ребенку было не скучно проводить за ним время, не во время еды.

«Хвост» самолета предназначен для родителей, потому что он играет роль ящика для хранения игрушек. С его помощью игрушки будут всегда лежать в одном месте, и их будет удобно давать ребенку поиграть.

Вся конструкция выполнена из матовой пластмассы. Она легко моется.

Любые родители захотят приобрести кресло-няню для своего малыша, а вот именно какой – это зависит от того, какие функции вам необходимы. Разумеется, чем дороже стульчик, тем больше в нем функций. И еще один совет: кресло-няню лучше выбирать вместе со своим малышом. Так вы сможете определить, понравился ли он ему и удобно ли ему в нем.



Список литературы:

1. http://1kid.ru/article.php/feeding_chair
2. http://www.for-kids.ru/articles_17.html

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОСВЕЩЕНИИ
НА НОВОМ ИСТОРИЧЕСКОМ ЭТАПЕ**

Дырдина А.В., Петракевич И.В.

Научный руководитель: Овчаров А.Т., д.т.н, профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск пр. Ленина, 30

E-mail: irina-petrakevich@rambler.ru

Тема: Энергосберегающие технологии в освещении. Проблема энергосбережения является актуальной для регионов Сибири в условиях нарастающих экологического и энергетического кризисов, а так же в связи с аварией на Саяно-Шушенской ГЭС.

Цель: оценка потенциала экономии электроэнергии (ЭЭ), потребляемой на искусственное освещение (ИО), за счет энергосберегающих технологий на примере типового торгового центра для светового климата региона Сибири.

Задача: расчет потенциала экономии ЭЭ для системы совмещенного освещения, управляемого системой автоматического регулирования.

Освещение является важнейшей частью физико-биологической среды существования человека и влияет на комфортность среды обитания, самочувствие, работоспособность и производительность труда.

Электрическое освещение одно из наиболее энергоемких в структуре энергопотребления обществом[1]. Доля потребления ЭЭ на освещение в России составляет около 17% от общего количества вырабатываемой энергии или более 114 млрд.

кВт*ч, что обуславливает количество вредных выбросов (ВВ) в год около 90 млн.т. В России основной загрязнитель окружающей среды – предприятия топливно-энергетического комплекса (ТЭК).

Таблица №1. Производство ЭЭ электростанциями в России за январь – сентябрь 2009 года, % :

АЭС	ГЭС	ТЭС
17,9	19,6	62,5

Диаграмма №1. Доля выбросов ВВ в окружающую среду предприятиями ТЭК



1- сброс загрязненных стоков в водоемы; 2- твердые отходы; 3- выброс вредных веществ в атмосферу; 4- выброс парниковых газов; 5- выделение оксида азота.

Нарастающее техногенное воздействие на природу породило глобальную проблему мирового сообщества – преодоление общей опасности экологической катастрофы. Эта проблема давно перешагнула границы национальных программ. К сожалению, в России осознание последствий экологического кризиса отодвинуто на второй план острой экономической кризиса.

Радикальное снижение воздействия на природную среду возможно преимущественно путем уменьшения производства энергии. Без ущемления интересов общества уменьшение потребления ЭЭ может быть достигнуто за счет внедрения энергосбережения, несущего в себе и экологический, и экономический эффекты.

Ряд законодательных государственных актов (Указ президента № 889 от 4.06.2008г., Распоряжение Правительства РФ от 8.01.2009г. № 1-р) определили основные направления государственной политики в области развития электроэнергетики на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на период до 2020 года и установлены целевые показатели использования ВИЭ. Федеральный закон РФ от 23.11.2009г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении», закрепил эти положения в государственной политике.

Энергосберегающие мероприятия в освещении по технологическому принципу можно разделить

на две основные группы: традиционные и нетрадиционные.

К традиционным мероприятиям относятся использование современной экономичной осветительной техники (приборы и источники света-ИС) и систем автоматического управления (САУ).

Современные экономичные люминесцентные лампы (ЛЛ) Т8 (световая отдача 85 лм/Вт) при замене ламп накаливания (ЛН) дают экономию до 60% ЭЭ. И далее, если заменить ЛЛ Т8 на ЛЛ Т5 (световая отдача 104 лм/Вт, d=16мм), то достигается экономия еще 10% (таблица №2). На сегодняшний день, использование ЛЛ Т5 является стратегическим направлением в развитии интерьерного освещения.

Вектором энергосбережения и развития техники и технологии освещения в перспективе являются светодиоды (LED). Рекордные значения световой отдачи 130 лм/Вт и срока службы 50 тыс.ч. (производство LED фирмы Cree) уже сегодня определяют их лидирующее положение в светотехнике. В ближайшие годы это превосходство будет возрастать. Например, фирмой Cree заявлено начало серийного производства LED с $\eta_v = 220$ лм/Вт с 2011года.

К нетрадиционным мероприятиям относятся технологии, основанные на эффективном использовании естественного света, т.е. солнечной энергии.

Таблица №2. Динамика эффекта энергосбережения при последовательном поэтапном проведении мероприятий по реконструкции осветительной установки (ОУ) для светового ресурса дня на широте г. Томска. Расчет потенциала энергосбережения выполнен относительно базового варианта ОУ на ЛН при переходе к совмещенному освещению, управляемому САУ.

№	Тип источника света	η_v лм/Вт	Затраты ЭЭ, %	Экономия ЭЭ, %
	ЛН	15	100	-
1	Замена ЛН на ЛЛ Т8 с ЭМПРА	85	41	59
2	Замена ЛЛ Т8 на ЛЛ Т5 с ЭПРА	104	31	69
3	Замена ЛЛ Т5 на LED - 1	120	26.3	73.7
4	То же, но LED-2	140	22.5	77.5
5	LED-3	180	17.5	82.5
6	LED-4	204	15.4	84.6
7	LED-5	220	14.3	85.7
8	ЕО + ИО Т5, ЭПРА	104	26	74
9	ЕО + САУ + ИО, Т5 ЭПРА	104	9,2	90,8
10	ЕО + САУ + ИО, (LED)	140	7	93

ЭмПРА – электромагнитный пускорегулирующий аппарат; ЭПРА- электронный ПРА; ЕО - естественное освещение.

На этапах реконструкции 1-7 экономия определяется световой отдачей ИС, 8-10 при применении САУ и использовании естественного света- за счет уменьшения времени эксплуатации или мощности осветительной установки в системе совмещенного освещения.

Гелиосистемы - это технология, которая позволяет существенно снизить потребление ЭЭ на освещение в период пиковых нагрузок на энергосистемы, поскольку функционируют в дневное время, поставляя солнечный свет в помещения с недостаточным естественным освещением, например, помещения глубокого расположения. К таким помещениям относится большинство залов больших торговых центров, в которых искусственное освещение используется в течение всего рабочего времени.

Использование гелиосистем предполагает замену искусственного света на доступный, комфортный и главное бесплатный естественный свет в течение всего светового дня. Естественно, что эффект экономии зависит от ресурса светового дня на географической широте объекта.

Максимальный энергосберегающий эффект наблюдается при комплексном решении задачи, использовании систем совмещенного освещения, регулируемых САУ[2].

На широте г. Томска (56°30') в системах совмещенного освещения, регулируемого САУ достигается эффект энергосбережения относительно ОУ любого типа не менее 65%. Таким образом, современная светотехника и интегрированные системы освещения позволяют уменьшить потребление ЭЭ на освещение относительно базового варианта на ЛН более чем в 10 раз!

Очень важным является и то, что гелиосистемы относятся к разряду «зеленых» (экологически чистых) технологий, снижающих негативное воздействие на окружающую среду, а здания, оснащенные ими, соответствуют требованиям СНиП 23-05-95* по естественной освещенности.

Системы солнечного света, благодаря применению современных высоких технологий при их изготовлении, имеют 10-ти летний срок гарантии. Срок службы – 20-30 лет.

При установке на любых сооружениях они становятся элементами капитального строительства и замене не подлежат на полный срок эксплуатации зданий.

Такая энергосберегающая, технология передачи дневного света обеспечивает достижение эстетических, функциональных и экологических целей дневного освещения в сооружениях, создавая у человека ощущение комфорта.

Высокая отзывчивость на энергосберегающие мероприятия и высокая экономическая эффективность благодаря малому сроку окупаемости ставят энергосбережение в освещении в ряд приоритетных, экономически привлекательных задач. При относительно высокой стоимости систем естественного освещения срок окупаемости их в пределах 3- 6 лет.

Список литературы:

1. Учебное пособие для студентов дистанционного обучения Online-курс «Энергосбережение». Раздел 11 «Энергосбережение в осветительных установках». /Жданова Е.Г., Овчаров А.Т./ Томск, ТПУ, 2003г.320с
2. Бронс Д.А. Интегрированные фонари верхнего света: комбинация естественного и искусственного освещения с целью энергосбережения. Светотехника, 2002- №6–с.33-37.

СВЕТОДИЗАЙН КАБИНЫ ЛИФТА

Пищулина Д.А.,

Научный руководитель: Кухта М.С., д.ф.н., профессор,

Томский политехнический университет, Россия, г. Томск 63 40 50, пр. Ленина, 30,

E-mail: dasha4550@sibmail.ru

Что лежит в основе каждого проекта? Что могло найтись именно этой идее в голове у инженера, изобретателя, писателя, художника? Конечно, это история. Ее неоспоримое присутствие в воздухе, в каждом движении и в природе способно творить чудеса. Каждая идея, исполненная в реальности, это своеобразный культурный памятник

истории развития того или иного объекта. Поэтому и этот проект необходимо начать с истории.

Самые первые лифты были уже изобретены в III веке до н. э. Их конструкции, несомненно, отличались от современных. Лифтовые кабины управлялись с помощью людей, животных или с помощью энергии движения воды. Начиная с се-

редине XIX века, лифты сильно изменились, в основном они управлялись с помощью энергии пара и служили для транспортировки материалов на заводах, шахтах и на складах.

В 1853 году, американский изобретатель Элиша Отис продемонстрировал грузовой лифт, оборудованный системой безопасности для защиты от падения лифта при разрыве поддерживающего троса. Это устройство повысило уровень безопасности, люди стали более уверенно пользоваться лифтами.

В 1861 году Элиша Отис основал компанию и запатентовал технологию парового лифта. В 70х годах XIX века технология гидравлического привода стала постепенно заменять технологию паровых лифтов. Гидравлические лифты поддерживались тяжелым поршнем,двигающимся в цилиндре, и управлялись водяным (или масляным) давлением, генерируемым с помощью насосов.

Электрические лифты стали использовать только в конце XIX века. Первый такой лифт был построен немецким изобретателем Вермер Вон Сименс в 1880 г.

Пройдя свой путь эволюции, лифты стали незаменимым помощником человечества. Они сократили затраты нашего времени, и сделали деловую и бытовую жизнь приятней. Если взять среднестатистического человека, то примерно 2 часа за месяц мы проводим в лифтах. Поскольку лифт не только технологическое сооружение но и некоторая часть среды, в которой человек проводит время, необходимо отметить, что дизайнерская работа является необходимой в проектировании лифтов. Психология, эстетика, эргономика – все эти науки должны учитываться при проектировании.

Дизайнерская задача состоит в том, чтобы совместить все эти требования в одном лаконичном решении, и сделать его не только полезным, но и приятным.

Пребывая за границей в Чешской Республике во время академического обмена, был выполнен проект дизайна лифтовой кабины.

Проект лифта был под контролем представитель той самой фирмы OTIS, которую основал Элиша Отис. Задача проекта была создать концептуальный дизайн пассажирского лифта, делая акцент на освещении кабины. Проект должен был вписываться в рамки фирменного стиля (рис. 1), который отличается простотой, элегантностью и больше относится к стилю минимализма. Основные черты этого стиля это отсутствие каких-либо излишеств, украшений. Цветовая гамма данного стиля, в основном, это растяжка одного цвета либо не более двух. Преимущественно геометрические формы, и четкие контуры объектов. Освещение не должно особо выделяться из общего дизайна, од-

Особенность данного проекта заключается в эксклюзивном дизайне панели управления. Панель помещена в углубление в стене кабины и закрыта

нако может нести в себе «изюминку» своей «скромностью». Свободное пространство – основная черта этого стиля, что особенно вписывается в дизайн лифтов, поскольку ощущение свободного пространства, находясь в лифте, это важная составляющая, исходя из психологических факторов.



Рис. 1 Пример классического стиля пассажирских лифтов фирмы OTIS

Поэтому использование зеркал не только возможно, но и обязательно.

Решение должно было быть достаточно простым, чтобы его было возможно исполнить и в тоже время включать какие-то новые элементы, способные заинтересовать заказчиков (рис. 2).



Рис. 2 Вариант внутреннего устройства кабины лифта, выполнен Пищулиной Д.А., во время стажировки за границей (Чешская Республика)

матовым оргстеклом белого цвета. Кнопки управления выступают сквозь стекло, создавая эффект прозрачности и невесомости панели. Световая па-

нель образует несимметричный рисунок на стенах кабины, и параллельно играет роль освещения кабины. Кроме этого на потолке по тому же принципу находится осветительная панель, симметрично которой находится такая же на полу, поэтому дизайн пола также поддерживает идею воздушности и невесомости (рис. 3)

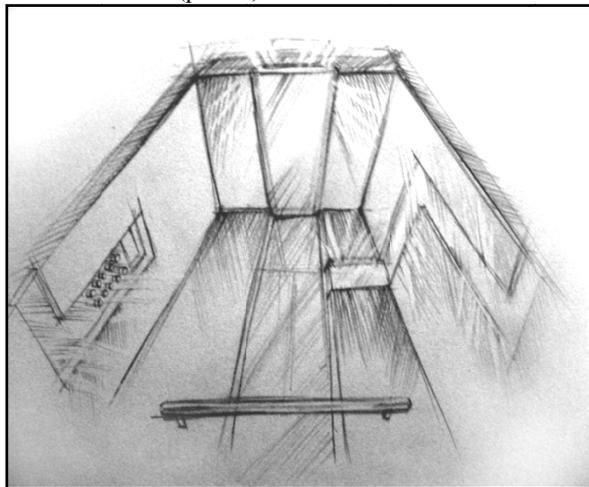


Рис. 3 Эскиз кабины пассажирского лифта, схема осветительных панелей (выполнен Пищулиной Д.А.).

Напротив дверей находится зеркало на всю высоту кабины, которое способствует созданию дополнительного объема пространства, открывает его и позволяет чувствовать себя в данном интерьере свободно и комфортно. Материал кабины лифта, конечно же, металл с матовым покрытием серебристого цвета.

Также кабина оснащена металлическими поручнями, подчеркивающими стиль «ХайТек», ко-

торый очень эффектно смотрится в сочетании с «минимализмом». Особенности стиля «ХайТек» являются металлические элементы геометрических форм, контраст форм, холодная гамма цветов, освещение белого цвета и главное, атмосфера чего-то нового и неожиданного. Световые панели вписываются в оба стиля, что объединяет их в одном интерьере, создавая тандем двух наиболее сильных стилей XX века.

В заключении, хотелось бы отметить актуальность темы. Сейчас очень быстро стали развиваться строительство высотных зданий, новые технологии. Дома становятся все выше, а лифты все больше. Люди проводят в них по несколько минут в день, а ведь лифт это место повышенной опасности, поэтому психологически оно должно вызывать ощущение защищенности, релаксации и просто не напрягать зрение человека. Поэтому дизайн кабины лифта очень важен, также, как и дизайн любого другого интерьера, и при проектировании каких-либо зданий, не должен оказаться на последнем месте по значимости.

Список литературы

1. Кухта М.С. Основы дизайна / М.С. Кухта, Л.Т. Жукова, М.Г. Гольдшмидт.– Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009.
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Лифт>
3. http://ru.wikipedia.org/wiki/Отис,_Элиша_Грейвс
4. <http://www.otis.com/site/ru/Pages/default.aspx>

ДЕКОРАТИВНО-ИЗОБРАЗИТЕЛЬНЫЕ ПРИЁМЫ В РИСУНКЕ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Решетов Р.В.

Научный руководитель: Воробьева Е. И.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр.Ленина, 30

E-mail: romanreshetov@mail.ru

Рисунок основа изобразительного искусства, основной вид графики. Он является одним из главных изобразительных средств осмысления бытия и познания законов природы. Он формирует логику объемно-пространственного мышления художника, опредмечивает композиционный замысел сообразному ценностному видению трёхмерного пространства.

Обучение студентов ВУЗов рисунку заключается в основном теории и практике станкового академического рисунка.

Станковый рисунок – это изображение на плоскости, которое носит самостоятельный характер и не имеет прямого декоративного или утилитарного назначения. Название происходит от станка (мольберта) на котором создается произведения станкового рисунка.[3]

Рисунок выполняется с помощью контурных линий, штрихов, светотеневых пятен в одном тоне. [2]

По мере освоения основных навыков академического рисунка развиваются творческие способности студента, формируются эстетический вкус, аналитические способности восприятия закономерности формообразования.

Рисунок закладывает основы для изучения более сложных дисциплин, таких как живопись, композиция, мастерство.

Рисунок не есть простое срисовывание предметов.

По мере освоения Рисовальной грамоты усиливаются изображаемые формы и композиционные решения натюрмортов.

Возникают творческое, авторское решение работы.

Для создания самостоятельной, законченной работы существует множество различных приемов подачи рисунка.

Один из них – применение в рисунке декоративно-изобразительных приемов.

Декор(лат.) – система украшения изделий .

Декоративных приемов в рисунке существует множество: это и локальные пятна, и линии различной толщины, расположенные в ритмах, и пунтель, и геометрические фигуры, и шрифты; штрихи, выполненные различной техникой и т.д.

В настоящее время создаются и совершенствуются новые специфические изобразительные методы и формы декоративно прикладных приемов.[1]

Интересно то, что рисунок возник как самостоятельный вид искусства благодаря именно декоративно -прикладному творчеству. Создавая декоративно-художественные изделия мастера и ремесленники учились гармонии и совершенству именно у природы, делая зарисовки и копии у растений, предметов с натуры. Возникла необходимость в создании рисовальных классов, художественных мастерских.

Синтез классического рисунка и декоративных изобразительных приемов придает работе совершенно другое звучание.

Усиливается авторское прочтение, зритель точнее понимает замысел произведения. Достигается большая выразительность и оригинальность, вариативность прочтения произведения.

При совершенно академическом реальном построении предметов декоративными приемами студенты добиваются творчески зрелой авторской работы

Иллюстрации к вышесказанному служат студенческие работы МСФ АРМ ТПУ.

Решетов Р. 4560 «Техноморт» (Рис 3)

Силаева Е. 4580 «Натюрморт с тыквой» (Рис. 1)

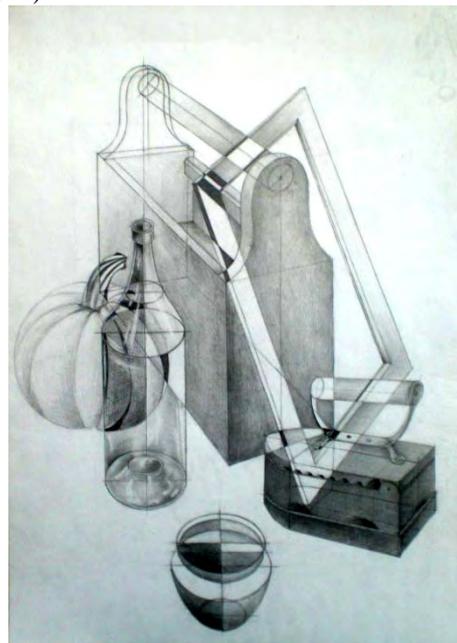


Рис. 1 «Натюрморт с тыквой»

На основе классического станкового рисунка применен декоративный прием «оверлипинг». Этот прием уничтожает пространство. Работа становится похожа на плакат. Центры композиции (их 3) акцентируются резко контрастными мелкими мозаичными графическими вставками. Работа лаконична, динамична, оригинальна.

Локтионов А. 4580 «Натюрморт с тыквой» (Рис. 2)



Рис. 2 «Натюрморт с тыквой»

Натюрморт имеет декоративный орнамент. Автор усиливает звучание работы, акцентирует те места, на которых хотел обратить внимание автор.



Рис. 3 Натюрморт «Техноморт».

Декоративный прием, используемый в данной работе передаёт фактуру, тон предметов из металла и стекла, но при этом максимально усилено ощущение хрупкости и драгоценности предметов в натюрморте (Рис. 4). Линии резко преломляются меняют свою толщину, ритм повтора.



Рис. 4 Фрагмент натюрморта.

Портрет «Наталья» (Рис. 5)

В работе использован тот же прием что и в решении натюрморта, но стиль линий носит совершенно другой характер. Они либо просто заполняют плоскость, либо сплетаются в декоративный узор, повторяющимся мотивом бабочки. И

декоративный прием, и мотив бабочки, и натуращица помогают в передаче нежного, трепетного, трогательного образа девушки.



Рис. 5 Портрет «Наталья» (фрагмент).

Недостаток зрения человека помогает завершить работу, так как при отдалении от портрета линии расплываются – задают тон (создается иллюзия), и это дает зрителю понять общую картину, а не отдельные её части.

Литература:

1. Дагидиян К. «Декоративная композиция» Ростов-на-Дону Феникс 2008 г.
2. Станьер Т. Розенберг «Практический курс рисования» «Попурри» Минск 2002 г.
3. Советский энциклопедический словарь. Москва «Советская энциклопедия» 1985 г.

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ КООРДИНАТНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ РАЗМЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Сабанцев И.А.

Научный руководитель: Соколова М.Л., д.т.н., профессор
Вятский государственный университет, 610000, Россия, г. Киров, ул. Московская, 36
E-mail: ivvatka@rambler.ru

Наиболее сложной и трудоемкой в изготовлении деталью штампов при производстве изделий декоративно-прикладного и художественного назначения является их формообразующая часть – матрица с нанесенным на нее художественным рельефом в виде негатива. Зачастую особенно проблематично получение матриц большой площади, имеющих сложный рельеф.

В связи с достаточным многообразием методов и технологий изготовления матриц штампов для выбора наиболее оптимального способа их изготовления необходим анализ и систематизация соответствующих данных.

В общем случае нанести рельеф на матрицу можно следующими основными способами:

- ручной гравировкой;

- механической обработкой на 3D гравировально-фрезерном станке на основе цифровой 3D модели;
- электроэрозионной обработкой методом копирования;
- электрохимической размерной обработкой методом копирования;
- литьем по выплавляемым моделям.

Ручная граверная работа позволяет получить рельеф на матрице штампа в полном соответствии с художественным замыслом. В тоже время данный способ требует больших временных затрат даже для изготовления рельефа небольшой площади, а также высококвалифицированного специалиста - гравера. Обычно также требуется финишная обработка матрицы абразивным инструментом после термообработки

Обработка на 3D гравировально-фрезерном станке с ЧПУ на основе цифровой 3D модели позволяет получить сложный рельеф с высоким качеством поверхности. Однако требует станок с достаточной технологической жесткостью и специальный инструмент для обработки термообработанных сталей (в настоящее время границей успешной обработки материала фрезерованием является его твердость 62–63 HRC).

Электроэрозионная обработка методом объёмного копирования позволяет получить сложный рельеф достаточного качества поверхности с использованием простейших схем движения инструмента при этом дает возможность обработки электропроводных материалов с любыми механическими характеристиками. Метод имеет и ряд недостатков: в поверхностном слое при обработке возможно возникновение микротрещин и структурных изменений материала; электрод-инструмент (ЭИ) подвержен износу; форма и размеры детали отличаются от формы и размера ЭИ; при использовании маложестких ЭИ происходит их деформация; сложность геометрии ЭИ аналогична сложности получаемого рельефа; при нанесении рельефа большой площади ЭИ имеет большую массу; ЭИ изготавливается из специальных материалов; также метод отличает повышенная энергоёмкость [1].

Электрохимическая размерная обработка (ЭХРО) позволяет получить сложный рельеф с высоким качеством поверхности из металлической заготовки с любыми механическими характеристиками. Преимущества перед механической и электроэрозионной обработкой: процесс в несколько раз производительней; одним ЭИ можно дублировать большое количество идентичных изделий; обрабатываемые поверхности не имеют дефектного слоя; практически отсутствует износ ЭИ [2]. Однако метод имеет и некоторые недостатки: ограниченная максимальная площадь обработки; при нанесении рельефа большой площади ЭИ имеет большую массу.

Литье по выплавляемым моделям. Позволяет получить матрицу практически любой формы в полном соответствии с художественным замыслом из литейных марок стали. Чистота рабочей поверхности ниже, чем при рассмотренных выше методах. В большинстве случаев требуется термическая и дополнительная механическая обработка матрицы. Качество матрицы напрямую зависит от качества выплавляемой модели. Также получение матриц больших размеров данным методом может быть затруднено.

Анализ данных методов показывает, что для изготовления качественных матриц, особенно с большой площадью рабочей поверхности и сложным рельефом, целесообразна разработка новой технологии.

Для решения данной задачи предлагается разработать технологию координатной электрохимической размерной обработки (КЭХРО), которая обеспечит получение рельефа большой площади с требуемой точностью и шероховатость формообразующих поверхностей матрицы штампа при обработке закаленной заготовки за относительно небольшое время набором универсальных ЭИ.

Сущность технологии КЭРО заключается в синтезе трехмерной последовательной обработки (как, например, при механической обработке на 3D гравировально-фрезерном на станке с ЧПУ), и ЭХРО. В предложенном методе обработка производится последовательно и послойно (за определенное количество проходов), набором универсальных ЭИ. Предполагается разработка ряда универсальных ЭИ различных типоразмеров и геометрии.

В отличие от существующего метода механической трехмерной обработке на станке с ЧПУ, предложенная технология КЭРО имеет следующие преимущества:

- 1) обработка производится по окончательно термообработанным стальным заготовкам любой твердости;
- 2) практически отсутствует износ ЭИ;
- 3) более простые геометрические формы ЭИ снижают трудоемкость его изготовления и себестоимость;
- 4) материалом для изготовления ЭИ является медь, что позволяет изготавливать ЭИ универсальным металлорежущим инструментом;
- 5) растворение заготовки происходит при низких температурах, исключающих образование термических напряжений и микротрещин;
- 6) отсутствие сил резания позволяет уменьшить технологическую жесткость станка;
- 7) возможно проведение электрополирования заготовки.

Также технология КЭРО в отличие от существующего метода ЭХРО методом копирования, имеет следующие преимущества:

1) нет необходимости в каждом случае создавать уникальный ЭИ т.к. используется универсальный набор ЭИ;

2) значительно более простые геометрические формы ЭИ снижают трудоемкость его изготовления и себестоимость;

3) остается возможность при необходимости использования уникального (фасонного) ЭИ, например, для нанесения многократно повторяющегося элемента рельефа;

4) за счет последовательной обработки значительное (в десять и более раз) увеличение возможной площади получаемого рельефа по сравнению с ЭХРО методом копирования;

5) вследствие меньшего размера ЭИ и его более простой формы упрощение процесса прокатки электролита через межэлектродный зазор;

6) значительное снижение суммарной мощности установки (станка) относительно площади обработки;

7) возможность полноценной трехмерной обработки, т.е. создание поднутрений на изделии и т.д. (например, при реализации пятикоординатной обработки);

8) ведения обработки непосредственно по управляющей программе, созданной на основе цифровой 3D модели рельефа или изделия.

При необходимости для оптимизации процесса обработки и повышения точности предполагается использование обратной связи процесса обработки заготовки (контроль скорости подачи, плотности тока, параметров электролита) и при необходимости корректировки управляющей программы в автоматическом режиме.

На рис. 1 представлена блок-схема технологической последовательности нанесения рельефа на матрицу штампа рассмотренными выше методами. В схеме наглядно представлено преимущество технологии КЭХРО в плане наиболее рациональной технологической последовательности изготовления матрицы штампа.



Рис.1 Блок-схема технологической последовательности нанесения рельефа на матрицу штампа

Таким образом, предложенная технология нанесения художественного и иного рельефа на матрицу штампа позволяет при создании необходимого оборудования (трех-пятикоординатного станка с ЧПУ, реализующего КРЭХО) и набора универсальных ЭИ позволит:

1) получать высококачественные матрицы штампов со сложным рельефом, большой площади, за относительно небольшое время;

2) производить финишную обработку деталей, полученных другими методами;

3) изготавливать пресс-формы, кокили и другую технологическую оснастку, а также любые другие изделия, имеющие сложную геометрию поверхности;

4) производить прошивку отверстий различной геометрии, изготавливать пазы сложного профиля;

5) выстроить сквозную технологическую цепочку от разработки дизайн-проекта изделия или детали до их изготовления необходимым методом.

Список использованных источников:

1. Фатеев Н.К. Технология электроэрозионной обработки: - Л., Машиностроение, 1990. - 320 с.
2. Станок настольный электрохимический СНЭ-20М Технологические рекомендации. - Киров: НПП Авиаинструмент, 2002. – 45 с.

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ВЫСТАВОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Серяков В.А, аспирант

Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: seryakov@tsum.tomsk.ru

Основной целью статьи является раскрытие потенциала системы формообразующего планирования, позволяющей реализовать многоуровневую коммуникационную среду. **Предложенная концепция реализует последовательность и закономерность построения формы промышленной экспозиции. Показано, что формообразующее планирование становится средством создания концептуально оформленного выставочного комплекса и пространства, позволяет систематизировать процессы его организации и создать эстетико-художественную форму презентации экспонатов.**

В силу того, что в настоящее время экспозиция любой архитектурной сложности собирается из модульных систем за несколько дней или часов при отсутствии концепции построения промышленной экспозиции, незавершенного дизайн-проекта, актуальным становится развитие сферы арт-дизайна промышленных экспозиций и как следствие – решение проблемы эстетико-художественной организации промышленных выставок и экспозиций. Решение этой проблемы способствует увеличению количества простых посетителей на выставке по сравнению с количеством узких специалистов.

Система формообразующего планирования промышленной экспозиции предопределяет алгоритм организации и построения конкурентоспособного проекта с логически выстроенной концепцией повествования, нового формообразования художест-

венных и технологических приемов за счет многоплановости решения структуры секторов промышленной экспозиции, использования модульных систем в составе эстетико-функционального мобильного трансформера. Такая система включает следующие этапы: разработку концепции выставки, выбор планировочных схем, проектирование, предполагающее решение конструкторско-технологических задач, разработку арт-дизайна промышленной экспозиции (рис. 1).

Разработана система принципов организации и последовательного построения пространства промышленной экспозиции:

- выбор формы стенда от решения необходимых эстетико-функциональных задач;
- определение типологии пространства в зависимости от типа стенда и концептуальной идеи выставки;
- выбор схемы решения экспозиционного пространства в зависимости от типологии пространства;
- зонирование пространства в зависимости от числа необходимых функциональных зон;
- составление планировочной схемы (маршрута движения) в зависимости от схемы решения экспозиционного пространства;
- разработка инвариантности в зависимости от схемы решения экспозиционного пространства и состава выставочных модулей мобильного трансформера.



Рис. 1 Система формообразующего планирования промышленной экспозиции

Определена необходимость создания новой схемы формообразующего планирования и организации типа стенда, которая не только определит их размещение, но оптимизирует следующие процессы в сравнении с существующей системой организации:

- определит формообразование типа стенда;
- сформирует втягивающее пространство;
- задаст маршрут движения посещения павильонов (стендов);
- эффективно использует экспозиционную площадь при ее формообразовании.

Установлены основные требования к новой схеме:

- минимальная площадь пространства (10x10м) необходимая для формирования комбинированного пространства с учетом взаимосвязанных проходов;
- организация формы только квадрата в силу построения втягивающего пространства на основе секторного деления пространства (круг), а также составление маршрута-графика движения вокруг центра экспозиции – центра круга (рис. 2).

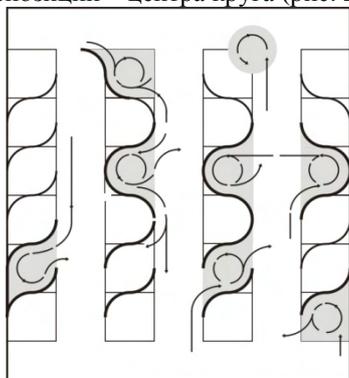


Рис. 2. Схема формообразующего планирования и организации типа стенда

Выявлена необходимость получения нового опыта в контексте повествования промышленной экспозиции с использованием новаторских дизайнерских подходов. В связи с чем предложено создание новой схемы решения экспозиционного пространства – секторной сетки, основным направлением которой является организация динамичности композиции и как следствие организация втягивающего пространства, зрительно-психологическое формирование у человека маршрута движения в условиях инвариантности экспозиции (рис. 3, 4).

Секторная сетка не только обозначит границы модульных ячеек, где располагаются предметы-экспонаты, но и определит следующие возможности функционального разбиения экспозиционного пространства:

- задаст маршрут движения посетителей;
- сформирует динамику экспозиции с использованием центра композиции;
- подчеркнет и усилит характер втягивающего пространства.

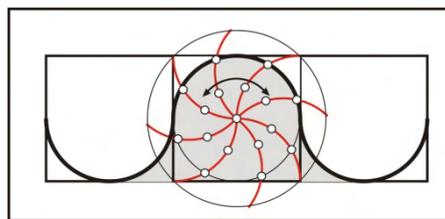


Рис. 3. Схема секторного деления

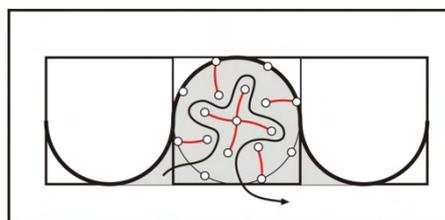


Рис. 4. Пример графика-маршрута движения

На рис. 5 приведен пример организации выставочного пространства. В структуре промышленной экспозиции определены сектора (зоны) и расположены в порядке их посещения: зона бренд, зона ресепшн, зона презентации, зона информации, зона переговоров.

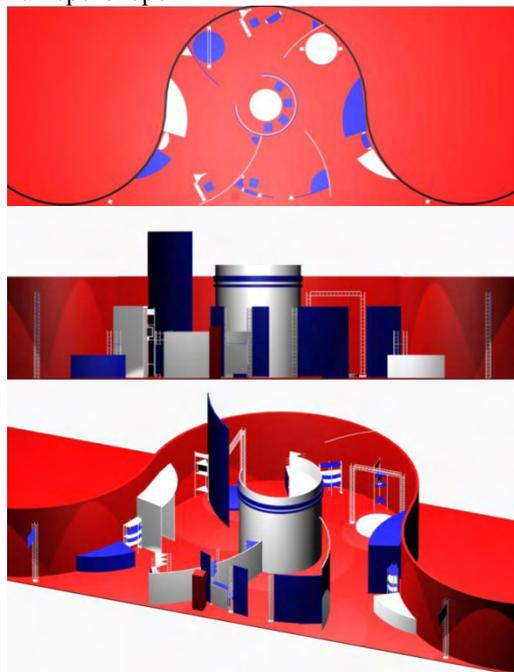


Рис. 5. Пример выставочного пространства на основе секторной сетки

Определены критерии оптимизации использования модулей системы «Expo Frame» как для экспоната, так и для устроителя (рис. 6):

1. Простота монтажа (байонетное соединение) и престижа «эксклюзивной» застройки.
2. Способность выдерживать большие нагрузки.
3. Возможность реализации любых архитектурных экспозиционных идей при использовании разнообразных типовых элементов конструктора и сочетания различных материалов - оптимальное решение для мобильной выставочной экспозиции.

4. Трансформируемость – использование одного набора конструктива при организации разнообразных по дизайну застроек.

5. Возможность монтировать крепежные ленты на разные стороны профиля, простота установки элементов из твердых панелей (столешницы, полки).

5. Экономия площади пространства при использовании профилей различной конфигурации квадратного сечения (ширина профиля не больше 3 см).

6. Уменьшение стоимости затрат при использовании «Expo Frame».

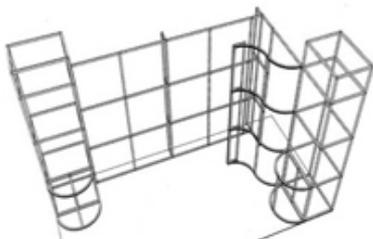


Рис. 6. Мобильный конструктор «Expo frame»

Для устроителя – уменьшение стоимости затрат на мобильный конструктор при застройке и организации павильонов. При равных площадях «Expo Frame» вместе с графикой обойдется дешевле, чем оформление мобильными стендами Pop-up, но несколько дороже, чем эксклюзивная застройка. Уже при второй застройке «Expo Frame» становится экономически выгодным и приносит прибыль. При организации типологии павильонов высота модуля должна быть оптимальной для того, чтобы не просматривались другие проекты, для создания и погружения посетителя в среду данной экспозиции. Такие модули будут составлять в совокупности стены выставочных пространств – $H = 3500$ мм, при диаметре $D = 10000$ мм. Длина дуги модуля будет составлять $1/16$ часть от длины окружности $l = 2\pi r$, что составит оптимальную длину одного профиля (1.9 м).

При стоимости конструкции «Expo Frame» за погонный метр 15 евро рассчитывается стоимость одного полноценного модуля с учетом необходимого количества ребер жесткости от заданной высоты (рис. 7):

$$L_{\text{общая}} = H * 2 \text{профиля} + l * 4 \text{профиля};$$

$$\text{Стоимость одного полноценного модуля} = L_{\text{общая}} * 15 \text{ евро};$$

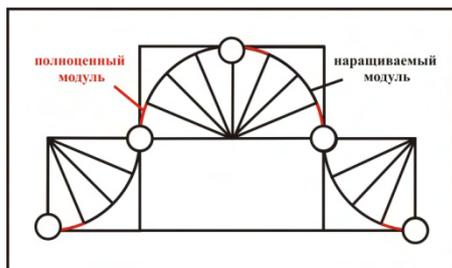


Рис. 7. Схема формообразования границ выставочного пространства модулями «Expo Frame»

Таких модулей будет 5, остальные модули (11) будут добавляться к ним и образовывать каркас, здесь не будет использоваться одна несущая сторона профиля, стоимость этих модулей будет дешевле.

Общая стоимость застройки одного павильона = стоимость 5 полноценных модулей + стоимость 11 неполноценных модулей

Для экспонента – снижение затрат при организации экспозиционного пространства;

На рис. 8 показан принцип использования модулей «Expo Frame» выше рассмотренного пространства (рис. 5), при секторном делении пространства, их стоимость определяется в зависимости от использования $1/4$ дуги окружности: $l = 2\pi r / 4 = \pi r / 2$; $1/4$ часть окружности делится еще на 4 части для образования стандартных модулей и тем самым деления пространства и формирования прохода посетителей. Таким образом, длина модуля в структуре секторного деления пространства будет определяться так:

$$l = \pi r / 8 \text{ (1.9 м).}$$

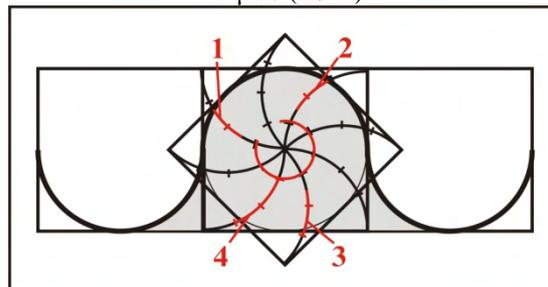


Рис. 8. Схема зонирования пространства модулями «Expo Frame»

Расчет стоимости модулей в зависимости от их высоты при 1- $H = 5000$ мм, 2 - 4250 мм, 3 - 3250 мм и 4 - 1600 мм (рис. 8):

Например, при $H_1 = 5000$ мм, $l_{\text{общая}} = H * 2 \text{профиля} + l * 4 \text{профиля}$;

стоимость модуля 1 = $l_{\text{общая}} * 15$ евро.

стоимость общая 1 общая = стоимость модуля 1 + $1/2$ стоимости модуля 1.

Стоимость выставочных модулей «Expo Frame» = стоимость модуля 1 общая + стоимость модуля 2 общая + стоимость модуля 3 общая + стоимость модуля 4 общая.

Рассчитано наилучшее с точки зрения эргономических требований расстояние до обозреваемого предмета (рис. 9) и как следствие определено расстояние между проходами выставочного пространства.

Видимые размеры объектов, в том числе знаков, определяются в угловых величинах.

Угловые размеры (в градусах, минутах и секундах) определяются по формуле:

$$\text{tg } \alpha / 2 = S / 2l,$$

где α - угол зрения, S – линейный размер объекта (знака); l – расстояние до объекта (знака) по линии взора.

При организации экспозиционного пространства величину l – расстояние до объекта необходимо вычислять в условиях оптимальных ($\alpha = 30$ градусов), допустимых ($\alpha = 45$ градусов) значений поля зрения человека. От расстояния до объекта будет зависеть и расстояние проходов внутри стенда.

Необходимо рассчитать оптимальное расстояние осмотра экспоната 0,4 м, 0,65 м, 1 м, 1,3 м человеком, рост которого 1,8 м.

При $\alpha = 30$ градусов – оптимальное значение для человека (рис.15)

При $S=0,4$ м, $l=0,74$ м

При $S=0,65$ м, $l=1,21$ м

При $S=1$ м, $l=1,86$ м

При $S=1,3$ м, $l=2,42$ м

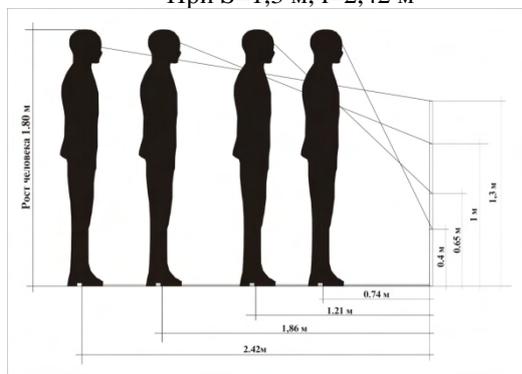


Рис.

15. Обзор экспонатов в зависимости от уровня его расположения

Результатом данных расчетов является получение зависимости восприятия объекта на определенном расстоянии от уровня пола от расположения человека. Чем ниже находится объект, тем меньше расстояние от человека до объекта. Таки образом, расстояние проходов должно определяться с учетом этих требований и предполагаемой проходимости посетителей.

Исследованные и разработанные положения по структурному разбиению (секторный тип деления пространства), вариативности, динамичности выставочного пространства будут служить практическим руководством по формообразованию и дизайну промышленных экспозиций. Результатом использования системы формообразующего планирования будет запоминающийся эстетически-выразительной и функционально-технологичной дизайн-проект промышленной экспозиции.

Список литературы:

1. Лоренц Я., Сколник Л., Бергер К. Дизайн выставок: практическое руководство, пер. с англ. Кодолова П.В. – М.: АСТ: Астрель, 2008. – 256 с.: ил.;
2. Монтгомери Б. Выставки: планирование и дизайн: руководство для деловых людей, дизайнеров, организаторов и участников выставок / Монтгомери Б, Олвуд Д – Новосибирск, 1991. – 154 с.;
3. Васин С.А., Талашук А.Ю., Бандорин В.Г., Грабовенко Ю.А., Морозова Л.А., Редько В.А. Проектирование и моделирование промышленных изделий. – М.: Машино-строение-1, 2004 – 692 с., ил.

ЗОЛОТЫЕ СЕРЬГИ-ПОДВЕСКИ В ГОТИЧЕСКОМ СТИЛЕ: ИЗНОСОУСТОЙЧИВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Силаева Е.М., Соболева Л.И.

Научный руководитель: Кухта М.С., д.ф.н., профессор

Томский Политехнический Университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: cooker.tls@sibmail.com

Цель данной работы – разработка дизайна серёг-подвесок в готическом стиле, а также решение проблемы стирания крепления на таком типе украшений. Использование данного стиля обусловлено его актуальностью в современное время.

Для достижения данной цели, в первую очередь, необходимо обратиться к исследованию стиля «готика».

Готический стиль – художественный стиль, явившийся завершающим этапом в развитии средневекового искусства стран Западной, Центральной и частично Восточной Европы (между серединой 12 и 15—16 вв.). Готика развивалась в стра-

нах, где господствовала католическая церковь, и под её эгидой феодально-церковные основы сохранялись в идеологии и культуре эпохи готики. Готическое искусство оставалось преимущественно культовым по назначению и религиозным по тематике: оно было соотнесено с вечностью, с «высшими» иррациональными силами. Для готики характерны символично-аллегоричный тип мышления и условность художественного языка. [1]

Особое место в искусстве готики занимал собор – высший образец синтеза архитектуры, скульптуры и живописи (преим. витражей). Почти вся архитектура готических соборов обусловлена

одним главным изобретением того времени – новой каркасной конструкцией, что и делает эти соборы легко узнаваемыми. Формы архитектуры стали выражать не прочность и устойчивость, а христианскую идею устремленности ввысь, к небу – содержание, противоположное функциональному смыслу строительной конструкции. Несоизмеримое с человеком пространство собора, вертикализм его башен и сводов, подчинение скульптуры динамичным архитектурным ритмам, многоцветное сияние витражей оказывают сильное эмоциональное воздействие на человека.

Развитие искусства готики отражало и кардинальные изменения в структуре средневекового общества: начало формирования централизованных государств, рост и укрепление городов, выдвигание светских сил — городских, торговых и ремесленных, а также придворно-рыцарских кругов. По мере развития общественного сознания, ремесла и техники ослабевали устои средневекового религиозно-догматического мировоззрения, расширялись возможности познания и эстетического осмысления реального мира; складывались новые архитектурные типы и тектонические системы. Основным стимулом формирования искусства Готики стало уникальное соединение христианского мировоззрения, арабской архитектуры, латинской письменности, книжной миниатюры, романо-кельтских художественных ремесел. [3]

С начала 19 в., когда для искусства 10 — 12 вв. был принят термин «романский стиль», были ограничены хронологические рамки готики, в ней выделили раннюю, зрелую (высокую) и позднюю фазы. [7] Мы не будем обращаться к каждому из них, а рассмотрим только характерные черты готического стиля в общем.

Интересной особенностью готического искусства, отражающей полярность его устремлений (к иллюзорным формам и абстрактным идеям), является одновременное существование двух типов орнамента: натуралистического (растительного) и абстрактного (геометрического). Особенно любимыми в резьбе по дереву и камню были мотивы виноградной лозы и листьев дуба. [2]

Готическая динамика и пластичность отразилась в «крестоцветях», распускающихся наподобие фантастических цветов на вершинах шпиль и (в перевернутом виде) свисающих со сводов. Рядом, как будто из другого мира, располагается геометрический орнамент масверк – расчерченные по линейке и циркулю круги, дуги, арки. Распространение и культурное влияние ислама породило пристрастие к использованию геометрического орнамента и мозаики в отделке полов, стен и даже мебели.

Кроме того, характерные черты готического стиля – это: стрельчатые вытянутые арки, четырехлепестковые розетки, трилистники, экспрессия, узкие и высокие башни и колонны, взлетающие в

небо колючие иглы шпилей, богато украшенный фасад с резными деталями, яркие краски, позолота и многоцветные витражные стрельчатые окна, вертикальность композиции. [7]

В разработке дизайна серёг-подвесок были использованы характерные черты как всего готического искусства, так и узоров данного стиля.

На рисунках представлены варианты дизайна серёг «Готика». Длина серёг (без крепления) – 8 см. Отношение самой широкой части к длине – 1:3. Такие пропорции и размеры соответствуют главной особенности готического стиля – вытянутость, подчеркнутая удлинённость форм.

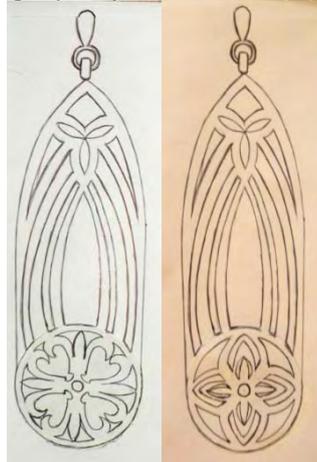


Рис.1. Вариант1 Рис.2. Вариант2

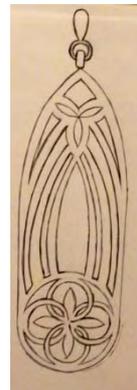


Рис.3. Вариант3.

Наиболее удачным вариантом считаем 3-й вариант, т.к. здесь органично сочетаются верхняя и нижняя части серёг, характерные узоры легко прочитываются.

В процессе работы над созданием дизайна серёг-подвесок была выявлена проблема перетирания соединительного элемента с подвеской. Поэтому сопутствующей целью данной работы стало нахождение путей решения этой проблемы.

Решение разработки ювелирного украшения из золота определено его механическими свойствами: золото – мягкий, ковкий и пластичный металл. Неудивительно, что традиционным и самым крупным потребителем золота является ювелирная промышленность.

С другой стороны, мягкость золота – это и его недостаток. Поэтому ювелирные изделия изготавливают не из чистого золота, а из его сплавов с другими металлами, значительно превосходящими золото по механической прочности и стойкости. В настоящее время для этого служат сплавы золото-серебро-медь (Au-Ag-Cu), которые могут содержать добавки цинка, никеля, кобальта, палладия. Стойкость к коррозии таких сплавов определяется, в основном, содержанием в них золота, а цветовые оттенки и механические свойства — соотношением серебра и меди.

Итак, наша проблема: серьги-подвески быстро перетираются в местах крепления (за 2-3 года). Из-за этой особенности производство не выпускает серьги данного типа в большом количестве. Рассмотрим варианты решения проблемы.

1. Использование 375-й или 583-й проб.

Чем меньше проба, тем больше меди в сплаве, тем металл менее склонен к стиранию. Следовательно, серьги-подвески рекомендуется изготавливать из сплава меньшей пробы.

Наиболее распространен сплав золота 583-й пробы; такие сплавы могут быть различных цветов в зависимости от количественного соотношения содержащихся в них цветных металлов. Например, если в сплаве золота 583-й пробы (58,3% золота) содержится примерно серебра 36%, а меди 5,7%, сплав приобретает зелёный оттенок; при 18,3% серебра и 23,4% меди — розовый; при 8,3% серебра и 33,4% меди — красноватый.

Сплав золота 375-й пробы обычно содержит: золота 37,5%, серебра 10,0%, меди 48,7%, палладия 3,8%. Цвет – желтый. Обладает высокой прочностью и износостойкостью. [4]

Исходя из механических характеристик, остальные пробы непригодны для изготовления серёг-подвесок.

2. Деформационное упрочнение.

Как и любой металл, золото упрочняется при деформации, и в этом случае лучше применить внутреннюю накатку. Способ хорош тем, что у сплава не меняется состав, и это экономичный вариант. Недостатком этого решения является изменение цвета и текстуры золота – оно перестает красиво играть на солнце и блестеть. [6]

3. Ионная имплантация.

К сожалению, это очень дорогой метод, себестоимость изделия увеличится во много раз, поэтому на нем мы не будем останавливаться.

4. Механическая защита внутренней поверхности колец.

Это самый рациональный, с нашей точки зрения, метод. Такой защитой может выступать декоративный тефлон (политетрафторэтилен), цветное стекло, искусственные камни в форме втулки. Способ малотрудоемкий и недорогой. Единственное условие – поверхность должна быть идеально отполированной. Кроме того, данная втулка никак не влияет на внешнюю красоту изделия. [4]

Ювелирные изделия, без которых сегодня не обходится ни одна женщина, зародились очень давно. Для древних ювелирные изделия имели совсем не ту ценность, которую имеют сегодня для нас. Они верили, что драгоценности несут определённый магический смысл: защищают от злых чар, от огорчений и даже от физических нападений. В наше время украшения из драгоценных металлов – это знак вкуса и благосостояния. Наша работа призвана сохранить старые традиции, приобщить себя и окружающих к миру прекрасного и решить проблему долговечности изделий.

Список литературы.

1. Шаталова И.В. Стили ювелирных украшений. Издательский дом «6 карат», 2004
2. Мартиндейл Э. Готика. М., 1980
3. Нессельштраус Ц.Г. Искусство Западной Европы в средние века. М, 1964
4. Новичкова Т.. Сор и золото в фольклоре // Полярность в культуре (Альманах «Канун». Вып. 2). СПб., 1996
5. Аверинцев С. Золото в системе символов ранневизантийской культуры СПб.: Азбука-классика, 2004
6. Егоров Ю.П., Лозинский Ю.М., Роот Р.В., Хворова И.А. Материаловедение: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – Томск: изд-во ТПУ, 2008
7. Статьи о готике на сайтах:
8. <http://francegothic.boom.ru/goth01.htm>
9. <http://neformalz.narod.ru/goth.html>

ДИЗАЙН И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБЛОЖКИ ИЗ БЕРЕСТЫ

Тисленко А. А.

Научный руководитель: Кухта М. С. д.ф.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: harmoniks@rambler.ru

Береста - это экологически чистый, удивительно нежный, красивый, мягкий легко поддающийся обработке, материал. На Руси издревле использовали берёсту в строительстве, для изготовления домашней утвари, художественных поделок, как материал для письма.

В этой статье мне хотелось бы рассмотреть технологию изготовления берестяных книжных обложек, а так же представить собственный дизайн.

Для того чтобы получить из бересты готовое изделие, она должна пройти множество этапов: заготовку, обработку, различные процессы декорирования.

Заготовку бересты проводят в разные периоды. При этом учитывается и местность, где растет дерево, и характер применения бересты в изделиях. Так, для декоративной отделки используют бересту, заготовленную в период сокодвижения - весной и в начале лета. В это время внутренняя сторона бересты имеет гладкую поверхность с еле заметным зеленоватым оттенком. Береста, заготовленная позже, имеет более чувствительный к свету слой. В средней полосе нашей страны оптимальным для заготовки бересты считается период с мая по июнь. Следует помнить, что заготавливать бересту можно только в местах лесоповала с разрешения местного лесничества. Категорически запрещается заготовка бересты с деревьев в парках, лесопарках и пригородной зоне.

Есть несколько способов заготовки бересты: листами (пластами), скототнем, спиральями и др.

Заготовку листами проводят так: делают продольный раз на необходимом участке ствола березы, затем ножом слегка отгибают края коры на месте реза и руками снимают целый участок (лист). Отсюда можно сделать вывод, что ширина при определенной длине зависит от диаметра ствола березы. Длину обычно выбирают в зависимости от качественной поверхности ствола. Иногда для снятия коры применяют лестницы-стремянки или сдирают необходимый участок коры со свежесваленного дерева на обычных козлах - двух крестовинах, соединенных поперечинами.

При снятии коры обычно помогают концом палки, заостренным в виде лопаточки. При заготовке коры спиральями ножом делают спиральные надрезы на стволе, а затем снимают со ствола.

Листы бересты сушат в тени около 3 часов, затем укладывают в пачки и перевязывают шпагатом. Хранить пластовую бересту рекомендуется под навесом в тени. Ленту (лыко) хранят в клубках внутренней стороной наружу. Следует помнить, что сырость способствует появлению плесени и пятен, а солнце и сухой воздух делают ее белой, ломкой и малопластичной. При хороших условиях

береста может годами сохранять свои качественные характеристики и быть пригодной для плетения. [1]

Следует отметить, что поверхность белая, покрытая легким меловым налетом, в заготовках деталей и изделия будет называться внутренней или изнаночной, а цветная, более устойчивая к механическим и прочим воздействиям при соприкосновении с руками, водой и продуктами и, которая на дереве была обращена к стволу, – внешней или лицевой.

Из полученных заготовок нужно выбрать лист. Он должен быть гладкий, мягкий, без дефектов и, обязательно, больше требуемых размеров.

После того как лист выбран, нужно определиться с узором и техникой его нанесения. Существует несколько различных способов: тиснение, резьба, роспись, а так же оплетка края.

Многие изделия из бересты (туеса, панно, хлебницы, шкатулки) расписываются. Роспись делается двумя видами красок: на водной основе (темперными) и на основе масла.

Резьбой по бересте украшали шкатулки, табакерки, накладки деревянных сундучков и многое другое. Резьба выполнялась одним ножом-косячком, в современном арсенале мастера присутствует большое количество резаков разной формы. Все элементы резного узора были соединены между собой. В отверстиях узора просвечивал нижний слой. Иногда в качестве нижнего слоя использовали подложенную фольгу разных цветов. [2]



Рис. 1. Пример резов.

Оплётки - один из самых распространенных видов соединения деталей и украшения. Для оплетки края используют черемуху, томику, лозу. С помощью ножа или специальной машины выдалбливаются дырки длиной, примерно, 4 мм. При плетении удобно использовать лычки, смазанные пищевым маслом или жиром. Лучше всего использовать масло и жир без запаха. Кончик лычки заостряется, чтобы было удобнее продевать. Оплетенные края радуют глаз, придавая изделию законченный вид.



Рис.2. Лычки.

Поподробнее стоит рассказать про тиснение. Это отпечаток рисунка на бересте сделанный с помощью штампов. Сначала штампы были простыми: кружочки, полоски, дорожки, ромбики. Потом появились цветочки, птички, домики. Используя набор штампов, можно оттиснуть на бересте довольно сложный рисунок.

Существует два вида тиснения: холодное и горячее. При холодном на бересте остается только рельеф, после этого его красят, а верхний слой отбеливают. А при горячем тиснении штамп нагрет, и отпечаток на бересте остается темным. Современные мастера при изготовлении утвари и посуды тоже любят использовать тесненную бересту и часто отдают ей предпочтение перед прорезной, или сочетают оба вида в одном изделии. На вид изделия из тесненной бересты декоративны и привлекательны, прочны и не боятся воды.

Для горячего тиснения используется металлические клише, а при холодном возможно использование виниловых клише.

Для изготовления качественного отпечатка чаще используется горячее тиснение. Изготавливается клише из магния, латуни, алюминия, двумя способами: травлением, путем использования специальной травильной машины, и фрезерованием, которое выполняется компьютерным гравильно-фрезерным станком. Затем клише устанавливается в пресс и нагревается до 300 градусов. Давление пресса может варьироваться от 2 тонн и выше (20-30 тонн).

Начальный этап изготовления обложки - расчет ее размеров. Размер обложки зависит от книжного блока – это комплект подобранных и скрепленных между собой тетрадей или листов, содержащий все страницы будущего издания. Отступ обложки от блока должен составлять не менее 3-4 мм. Количество страниц влияет на толщину и прочность корешка, соответственно, чем больше страниц, тем прочнее и шире должен быть корешок, чтобы вынести нагрузку и не сломаться. Расстав - расстояние между картонной стороной переплетной крышки и отставом – так же напрямую зависит от толщины книжного блока. Все это необходимо знать и учитывать, иначе книга может просто на просто разорваться при раскрытии. [3]

При разработке дизайна нужно учитывать технологические аспекты. При резьбе ширина элемента узора должна быть больше толщины бересты в 2-3 раза, а при тиснении ширина линии не должна превышать 0,5 мм. Так же следует учитывать, что береста имеет 3 естественных цвета. При разработке дизайна не используется градиенты и выполняется в векторной форме.

При разработке мною дизайна был создан лист нужного размера в программе CorelDRAW, затем выведен с помощью вспомогательных линий расстав. После был выбран узор и задан его контур, чтобы показать места вырезки. Полученное изображение разделялось на слои, и для каждого слоя был выбран свой цвет. Потом было создано окно под декоративную вставку. Здесь следует указать что, возможны вставки из практически любого материала (бумага, пластик, кожа и даже камни). Выбрали шрифт, наиболее гармонично сочетающийся с узорами. И получили следующий дизайн.

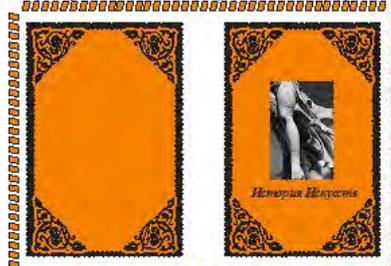


Рис.3. Дизайн обложки.

Последовательность изготовления:

1) Основной лист.



ис.4. Пример оплетки на основном листе.

Выполняется из двух слоев светлой бересты, без дефектов, толщина которой должна быть максимально возможной. Так же на этом слое выполняется оплетка.

2) Подложка.



Рис.5. Узор подложки.

Береста для нее должна быть темной - окрашенной. На ней выполняется узор с помощью резцов по всему периметру. Возможно для придания необычной структуры использование теснения («песок»).

3) Узорный (рубашка).



Рис.6. Узор и тиснение на рубашке.

На светлой бересте проводится обрезка по контуру, резьба узоров, вырезка окна под вставку и тиснение текста.

Литература:

1. http://www.wicker-work.ru/zagotovka_beresty.php
2. <http://www.tomgrad.ru/beresta/>
3. <http://www.moshkin.narod.ru/Book/part4.html>

«ДРЕВНЕЕ ВООРУЖЕНИЕ»: ШЕДЕВР ИСКУССТВА И ТЕХНОЛОГИИ

Толмачева О.А., Куликовских С.Н.

ГОУ ВПО Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте,
456209, Россия, г. Златоуст, ул. Тургенева, 16E-mail: olga_tolm.84@mail.ru

В 1834 г. мастера Златоустовской оружейной фабрики завершили "Древнее вооружение" [Рис.1.—«Древнее вооружение» и восстановленные как часть «Древнего вооружения» щит и меч]. Более четырех лет над этим произведением трудился весь коллектив мастеров, подмастерьев и работников. Произведение явилось итогом успехов, достигнутых художниками и оружейниками почти за двадцать лет развития гравюрного искусства. Рисунки к латам «приготовлял унтер-шихтмейстер И.Бушуев». В комплект "Древнего вооружения" входят; шлем с забралом, нагрудные и наспинные латы - кираса, наручники и поножи, меч и щит. Латы – «Древнее вооружение» предназначались для цесаревича Александра Николаевича. В 1834 г. делегация Златоустовской оружейной фабрики прибыла в Петербург и вручила подарок - рыцарские доспехи - 14-летнему наследнику. Оно было оценено в 1643 руб. 81 1/2 коп. Все участники получили денежное вознаграждение «по мере искусств и занятия», до 1928 г. «Древнее вооружение» хранилось в Государственном Эрмитаже. К сожалению, часть «Древнего вооружения» была утрачена. В конце 1990-х гг., мастера-оружейники Златоуста, пользуясь архивными данными, восстановили щит и меч.

Украшение "Древнего вооружения" выполнено всеми техниками, применявшимися тогда на фабрике: травлением, синением, чернью, позолотой. Использовались просечка (сквозные узоры), чеканка, резьба, огранка и оклейка металла бархатом. В начале XIX в. директором Оружейной фабрики, а затем и Начальником заводов Златоустовского горного округа становится П.П. Аносов (1799–1851), выдающийся русский ученый, металлург, инженер, крупный организатор горнозаводской промышленности, исследователь природы Южного Урала. Изучая минералогическое богатство Южного Урала, П.П. Аносов обратил внимание на самоцветные камни. Именно в те годы мастера эфесного отделения Оружейной фабрики начали применять их при украшении оружия. Факт предпочтения уральскими мастерами местного материала – стали, самоцветов, поделочных камней – заслуживает внимания; привозной же материал, например, слоновая кость, использовался ими лишь в исключительных случаях.

Термин «златоустовская гравюра на стали» появился только во второй половине XX века [1]. Он не только прижился, но и распространился на искусство местных мастеров художественного металла, как настоящего времени, так и предыдущего периода. Надо заметить, что гравирование как искусство выполнения украшения оружия в XV столетии применили миланские мастера при отделке лат, щитов. Любопытны региональные отличия в процессе гравировки по металлу. Если туляки до сих

пор держат резец, подушечками пальцев, уверяя, что только так можно выполнить особо тонкую работу, то ижевцы всегда сжимали резец в кулаке, доказывая, в свою очередь, что так намного удобнее и производительнее гравировать. Тульский способ был характерен для древнерусских, московских мастеров.



Рисунок 1 – «Древнее вооружение» и восстановленные как часть «Древнего вооружения» щит и меч.

На Урале же привился типично западноевропейский прием, завезенный немецкими мастерами, работавшими как в Златоусте, так и в Ижевске [5]. В своей работе златоустовские мастера применяли различные виды позолоты: плоскую, возвышенную и высокую. «Плоская» получалась в том случае, когда рисунок гравировался иглой и сверху золотился по контуру. «Возвышенная» требовала вытравки фона, тогда рисунок возникал золоченым рельефом. Для «высокой» необходимо было сильнее углубить, фон и гуще наложить позолоту, это создавало впечатление высокой рельефа. Такие разнообразные способы нанесения рисунков на стальную плоскость и расширяли возможности русских мастеров. Тогда же вошло в употребление золочение, которое наносилось на голомень клинка «через огонь». Тот же способ спустя почти пять столетий будет применен мастерами Златоустовской оружейной фабрики. Особенностью его является использование ртути, от ядовитых паров которой страдали миланские, а позже и уральские оружейники. В этой связи описание процесса золочения, сделанное П.П. Свиньиным, после посещения им в 1824 году оружейной фабрики на Урале, является уместным и небезынтересным: «Ежели нужно золотить их (рисунки - С.К.), то рисуют опять по ним лазурью, высушив краску, покрывают их амальгамою, состоящей из 1/10 золота и 9/10 ртути, смочив перед тем клинок составом, содержимым в тайне, без которого золото не пристает к стали. Тогда кладут клинок на уголья: ртуть улетает, а золото

оастается на стали, кроме мест, покрытых краскою» испарения ртутной амальгамы в огне более древний, чем употребительное в XVII веке наложение сусального золота гладилкой [4, с. 13-14]. После золочения мастера покрывают слегка нагретые части эфеса растворенной в воде ярью, винным камнем и поваренной солью, продолжая держать изделие над горячими углями. Затем при помощи медных щеток в крепкой водке снимают «краску», и наконец «фарбуют» - цветят, покрывая смесью воска и красного карандаша, продолжая держать на углях. Лишь после удаления обмазки, изделие полируют, «натирая гладилами из кровавика» [3, с. 246].

Следующей неременной операцией при выполнении изделий в технике златоустовской гравюры является травление. Надо сказать, что в Европе этот способ применяли для украшения оружия уже в конце XV века. Любопытно описание процесса выполнения желаемого рисунка на клинке [2, с. 199], которое спустя столетия, также найдет применение уже в условиях уральской оружейной фабрики. На предварительно подготовленную железную или стальную поверхность накладывали пасту, основными компонентами которой были воск, асфальт и древесная смола, однако при ее приготовлении всякий мастер, видимо, следовал своему собственному рецепту. Далее смесь накладывали на металлическую поверхность и уже по ней «выводили желаемый рисунок грифелем из дерева, кости, стали или даже иглой из щетины так, чтобы штрихи проникали через восковую смесь до самого металла». Из воска делали ободок и наливали «крепкую водку», которая состояла из уксуной кислоты, серной кислоты и алкоголя. В этом случае у каждого мастера также был свой секрет состава «крепкой водки». Граверы Златоустовской оружейной фабрики, следуя технологии, использовали «царскую водку», которая «растворяет золото, отчего и название сие получила» [6, с. 96]. В Европе обработка металлической поверхности для получения углубленных или рельефных узоров осуществлялась различными способами: гравировкой, травлением, резьбой и чеканкой. Гравирование также производилось различными способами от ударов долотом до царапинами иглой. Как известно, голландский гравер XVII века Геркулес Сегерс изобрел способ травления, который значительно позднее, уже во второй половине XIX столетия, получил название резерваж. Суть данной техники заключается в том, что гравер, выполняя рисунок на металлической поверхности, работает кистью, которой перед травлением наносит на пластину или плоскость клинка жидкий лак или жирное масло. В результате закрытые места не протравляются и выходят после смывки лака белыми и придают общей композиции рельеф и дополнительный эффект. Этот изобретенный им прием Сегерс применял для передачи эффекта движения

[3, с. 243]. Данный способ золочения посредством или лунного света [7, с. 256]. Но даже если свое название способ резерважа получил лишь во второй половине XIX столетия, его распространение в гравюрном деле Европы явилось новым «словом» в развитии гравюры. Надо отдать должное таланту И.Н. Бушуева, применив в искусстве убранства стального клинка кисть, он не отказался от применения на определенном технологическом этапе и стальной иглы. И. Н. Бушуев, используя технические возможности, расширил художественную палитру оружейного искусства. Применяя в построении композиции в основном три цвета или даже два, мастер использует градации и контрасты темного (синение, воронение) и светлого холодного (никелирование или серебрение), также светлого теплого (золочение), соединяет в своих работах две главные проблемы, которые после него уже мало кому удавались - свет и движение. В первой трети XIX столетия златоустовские мастера начинают больше внимания уделять синению и воронению, добываясь цветовой гаммы от черного до сине-голубого. Клинок нагревается в горне. Сначала сталь начинала желтеть, потом, как бы наливалась кровью, после чего синела. И в этот момент нужно было угадать будущий цвет клинка в переходах синего и голубого, закрепить его в конопляном масле.

Таким образом, лучшие традиции западноевропейских оружейных школ нашли достойное продолжение в творчестве российских мастеров художественного металла. Представители златоустовской оружейной школы не только испытали влияние иностранных специалистов, но и сами активно внедряли новые технологии в процесс производства и украшения холодного оружия.

Литература:

1. Глинкин М.Д. Златоустовская гравюра на стали. Челябинск: Юж.-Урал.кн. изд-во. 1967. 92 с.
2. Фон Винклер П.П. Оружие. М.: Наука, 1992. 330 с.
3. Свиньин П. Златоустовский завод//Отечественные записки, 1826.Ч. XXVI. С. 229–245.
4. Ленц Э. Императорский Эрмитаж. Указатель отделения средних веков и эпохи Возрождения. Ч.1. Собрание оружия. СПб., 1908.
5. Шумилов Е.Ф. Художественный металл Удмуртии 19-20 вв./Художественный металл Урала 18-20 вв. Екатеринбург, 1993,
6. Журнал полезных изобретений в искусствах, художествах и ремеслах и новейших открытий в естественных науках, издаваемый при Московской губернской гимназии. М.: Университетская типография, 1806. №1. С. 1–96.
7. Левитин Е.С. Голландский офорт XVII века. Очерки по истории и технике гравюры. М.: Изобразительное искусство. 1987. Кн. 7. С. 249.

КИНЕМАТИКА В ВЫСТАВОЧНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Чеболтасова А.В.

Научный руководитель: Кухта М.С.

Томский Политехнический Университет, Россия, г.Томск, пр.Ленина, 30

E-mail: cheba88_88@mail.ru

Целью данной работы стало изучение и анализ приемов, способов и основных современных тенденций в оформлении витрин. Мне кажется, данное исследование носит острый, актуальный характер, ведь не редко хорошо оформленная витрина становится знаковым местом, частью праздничного украшения города.

Говорят, что театр начинается с вешалки, а магазин, я думаю с витрины, призвание которой превратить прохожих в потенциальных посетителей магазина, а лучше – в покупателей. Витрина призвана превратить просто прохожих в посетителей магазина, а лучше - в покупателей.

По существующей у специалистов общепринятой классификации вариантов оформления витрин они подразделяются на витрины оформленные с помощью аппликации на стекло и витрин с заполнением внутреннего пространства. Первый вариант используется на широких оживленных трассах, второй – на пешеходных улицах и переулках в центре города.

Мне кажется более конкретным, правильным другой подход, при котором витрины разделяют на три типа: открытый, закрытый и открыто-закрытый. Первый тип предполагает, что через стекло прохожему будет виден весь магазин. Второй - когда витрину от зала отделяет специальная перегородка и помещение магазина прохожим не видно. В витринах третьего типа пространство зала лишь проглядывает сквозь витрину, а остальная ее часть занята стильной перегородкой. [1]

Какой именно тип витрины более привлекателен для посетителей, сказать невозможно, ясно одно для магазинов с изношенным торговым оборудованием открытые витрины точно не подходят.

Подразделяют витрины еще по одному признаку. Они бывают сюжетными или товарными. Сюжетные витрины акцентируют внимание не на товарах, а на придуманной дизайнером сцене с элементами украшения.

Чаще встречающиеся товарные витрины более характерны для представителей fashion-индустрии, магазинов, торгующих товарами для дома, а также - для магазинов подарков и сувениров. Товарные витрины демонстрируют прохожим часть ассортимента.

Бывают витрины акционные: на время проведения той или иной акции они информируют покупателей о скидках и распродажах по средствам красивых ценников на выставленных товарах, изображениями величины скидок с помощью краски, напыленной на стекло, и т.д.

Трудно сказать, какие витрины эффективнее привлекают внимание прохожих - потенциальных покупателей.

Воспринимая окружающий мир, человек ориентируется в нем при помощи анализаторов. Прием и переработка поступившей через органы чувств информации завершается появлением образов предметов и явлений. [2]

Эмоциональный компонент реакции зрителя как нельзя более важен когда речь идет об оформлении витрины. Очень часто главную роль здесь отводят цвету и форме. Гораздо реже – движению. Хотя именно динамика привлекает внимание больше, чем статика. [3] Механические элементы, приводящие витрину в движение, могут значительно расширить возможности дизайнеров по созданию и воплощению оригинальных алгоритмов динамической демонстрации изображений.

Витрины являются единственным мощным инструментом маркетинга, за который не нужно платить, если не считать первоначальные оформительские расходы, поскольку они являются частью архитектуры магазина. Однако многие коммерсанты тратят значительные суммы из бюджета маркетинга, чтобы превратить витрины в настоящие произведения искусства, а другие предпочитают скромное, но эффективное оформление или никогда не используют витрины в полном объеме. При этом непреложным для всех остается одно правило - будь витрина большой (как в универмаге) или скромного размера (когда сквозь стекло виден магазин), ее оформление требует тщательного планирования. Хорошо оформленная витрина не только привлекает покупателей в магазин, способствует продвижению продукции, но и укрепляет его репутацию. [1]

Главное назначение витрины – мотивация людей на посещение магазина.

По моему мнению, наиболее работающими (в смысле привлечения покупателей) являются витрины с элементами движения. Это витрины эксперименты, в которых «живут» реальные люди, а также движущиеся, или даже говорящие объекты (сюжетные или сказочные герои, игрушки, корпоративные символы, мятники и т.п.).

Оформление витрины в основном зависит от того, какую роль ей отводит владелец магазина. Многие предпочитают использовать нестандартные подходы.

В качестве примеров, представлю небольшой обзор нестандартных витрин.

«Живые витрины»: в витринах магазинов вместо манекенов находятся обычные люди.



Фото 1 а)



Фото 1 б)



Фото 1 в)

На рис.1 в) представлен вариант «живой витрины», на которой художник рисовал портрет практически обнаженной девушки. Все это очень интересно оформлено, и поэтому данная витрина привлекала к себе внимание. [4]

Все что движется, привлекает внимание гораздо сильнее. Поэтому около входа в магазин или в витринах могут выставляться демо-модели, заводные игрушки, дисплей, надувные фигуры. В галереях торговых центров для привлечения внимания и торможения ставятся островные композиции, а также аттракционы или игры.



Фото 2

Так в торговом центре в Праге рис.2 посетители регулярно играют в огромные шахматы. [4]



Фото 3

На рис.3. представлен огромный чайник, парящий в воздухе. Большинство прохожих останавливается перед ним, и начинают гадать: «как же он подвешен? Никаких тросов не видно». Только при внимательном изучении можно разглядеть, что чайник на самом деле не висит, а стоит, закрепленный на прозрачной трубе. Струи воды, которые льются из чайника, полностью маскируют опору. [4]

Ниже, на рис 4 а), б), представлено несколько примеров интерактивных витрин. Классическим примером подобного оформления являются детские магазины и магазины игрушек.



Фото 4 а)



Фото 4 б)

Список литературы.

1. Митькин А. А. Дискуссионные аспекты психологии и физиологии зрения // Психологический журнал. - 1982. - Т. III. - 1
2. Немов Р.С. Психология: В 3 кн. - М.: ВЛАДОС, 2004. - Т.1
3. www.usconsult.ru
4. www.advesti.ru

ВИНТОВЫЕ ФОРМЫ В ДИЗАЙНЕ

Шишкова Н.В., Соколов А.П.

Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail:libro4ka7@mail.ru

Развитие дизайна в настоящее время связано с анализом формообразования объектов. Проведение анализа начинают с простых, «чистых математических» форм. Исследуется их сочетание в одном объекте. Спиральным или винтовым формам в этом анализе уделяется мало внимания.

Выделяют три вида симметрии: зеркальная, осевая и винтовая. Зеркальная симметрия подразумевает наличие оси и зеркальное, т.е. полное отражение в одну и другую сторону. Осевая симметрия достигается вращением фигуры относительно оси симметрии. Винтовая симметрия достигается в результате вращательного движения линии или плоскости вокруг неподвижной оси с постоянной скоростью и одновременно поступательного движения вдоль оси. Винтовая линия – наиболее простая форма такой симметрии. Также выделяют плоскую спираль – улитку.

В природе все, что приобретает какую-то форму, образовывалось, росло, стремилось занять место в пространстве и сохранить себя. Это стремление находит осуществление в основном в двух вариантах – рост вверх или расстилание по поверхности земли и закручивание по спирали.

Спирали очень распространены в природе. Еще Гете подчеркивал тенденцию природы к спиральности. Винтообразное, спиралевидное расположение листьев на ветках деревьев подметили давно. Спираль увидели в расположении семян подсолнечника, в шишках сосны, ананасах, кактусах и т.д.

В последнее время начали придавать винтовые формы достаточно большому числу деталей в архитектуре и дизайне, ведь если дизайнер осуществляет проект по законам, близким к законам природы, то получающийся объект будет восприниматься большим количеством людей.

Широкое применение винтовые формы нашли в лестницах. Винтовые лестницы встраивают там, где нужен стиль и оригинальность.

Преимущество винтовой лестницы в том, что она занимает минимум площади. Винтовая лестница обходится дешевле маршевой, кроме того, она станет отличным элементом декора в любом помещении, внося в него элемент оригинальности. Удобно и то, что пространство под винтовой лестницей практически свободно — ее конструкция внешне очень невесома.

При конструировании винтовой лестницы важно точно рассчитать ее параметры, в том числе — применительно к пользователям. Тщательный расчет позволит сделать винтовую лестницу максимально удобной. При конструировании винтовой лестницы необходимо соблюдать эргономические требования.[1]

Существует несколько типов винтовых лестниц. Один из них представляет собой лестницу, состоящую из простых клинообразных ступеней, которые опираются своим широким концом на окружающие стены, а узким - на средний опорный столб (рис.1). Другой вариант винтовой лестницы - отдельные ступени консолеобразно выступают из среднего монолитного опорного столба (рис.2). Такая винтовая лестница может находиться вдалеке от стен.

Третий тип винтовой лестницы отличается от предыдущих отсутствием опорного внутреннего столба. Ступени просто заделываются в криволинейную (вогнутую) стену.



Рис.1



Рис.2

Наибольший интерес представляют спиральные эскалаторы (рис.3,4), которые в настоящее время пока не нашли широкого применения, но благодаря своеобразному очарованию и красоте спиральные эскалаторы нашли применение в различных торговых центрах, отелях, аэропортах, художественных галереях в Японии. Выигрыш в дизайне дополняется вполне практическими соображениями. Установленные в углу большого помещения, спиральные эскалаторы экономят полезную площадь.



Рис.3



Рис.4

Для того, чтобы заставить эскалатор плавно и «непринуждённо» свиваться в трёхмерную дугу, японцам пришлось решить ряд проблем. Непростую задачу представляло согласование скоростей различных точек ступенек при движении их по столь различным участкам, как плоский сектор в начале и в конце лестницы, скруглённый переход от горизонтального движения к спуску или подъёму и, собственно, наклонная часть. Оказалось, желаемую плавность движения можно дос-

тичь, если виртуальные точки поворота ступеней (точнее, их вертикальные проекции) будут перемещаться в пространстве по мере движения элементов эскалатора. Также пришлось несколько раз за цикл, менять радиус поворота ступенек (в плане).[3]

Особенно эффектно смотрится сразу несколько подобных лестниц, установленных одна над другой. При виде сверху получается картина, чем-то напоминающая ДНК, или свёрнутые в спираль листья растения.

Спиральные формы нашли свое применение даже в строительстве домов. В Швейцарии, по аналогии с улиткой, создали жилой дом, который напоминает раковину улитки изнутри. Внешне здание напоминает, скорее, не улитку, а перевернутую детскую пирамидку, состоящую из колец разного диаметра. Но внутри здание – это настоящая улитка. Здесь нет такого понятия, как «этаж» в привычном понимании этого слова. Здесь есть единая непрерывная поверхность, которая ведет с первого уровня до самой крыши. И вдоль этой поверхности находятся комнаты. Так что трудно сказать, сколько здесь этажей. Необычная улиткообразная структура здания имеет свои плюсы не только в эстетическом плане. Она также положительно влияет и на освещение в нем. Ведь у здания – стеклянная крыша, и натуральный солнечный свет благодаря этой необычной структуре сооружения растекается по атриуму и попадает даже в самые отдаленные уголки этой «улитки». [2]

Спиральные образования находят применение и в мебели. Разработаны интересные модели столов со спиральными подставками, как деревянными, так и металлическими (рис. 5,6). Они ничем не уступают по качеству и удобству привычным нам столам и отлично вписываются в интерьер.



Рис.5



Рис.6

Найдя применение в интерьере, спиральные образования, всё большее применение находят в экстерьере.



Рис.7. Подцветочник в экстерьере



Рис.8. Интерьерный подцветочник

Подцветочник в экстерьере имеет композиционное решение винтовой лестницы. Он технологи-

чен в изготовлении, имеет жёсткую конструкцию и изящен эстетически. Однако «математичность» графики несколько обедняет его возможную художественную выразительность. Интерьерный подцветочник (рис. 8) конструктивно сложнее, более гибок, его художественная выразительность усилена за счёт того, что он образован двумя винтовыми линиями, отличающимися друг от друга, вследствие чего образуется композиция. При обходе подцветочника его образ меняется.

Винтовые формы позволяют более гармонично связать части одного объекта. Если объект состоит из нескольких частей, то цельность композиции усиливается, если части связываются по винтовым линиям. Эффект усиления реакции на такую композицию основан на объективно существующей реакции мозга человека. Известна зрительная «игрушка», рисунок которой образован плоскими спиральными линиями, ориентированными в противоположных направлениях. В пересечении этих линий установлены яркие точки. При рассмотрении такой картинки возникает иллюзия ее вращения.

Эффект усиления цельности восприятия за счёт спиральности имеет место и в произведениях искусства. В частности, если в скульптуре имеются детали винтовой формы, то это усиливает цельность скульптуры и её динамику. То же происходит и в живописи. Например, в известной картине И.К.Айвазовского «Девятый вал» имеются и детали спиральной формы, и сама композиция может быть интерпретирована с позиции спиральности, что усиливает динамизм картины.

Применение спиральных, винтовых форм в дизайне расширяется, захватывая всё новые области применения. Одно из направлений развития дизайна – усиление эксклюзивности объектов дизайна. Введение винтовых и спиральных форм приводит к созданию несимметричных композиций. Несимметричную композицию труднее уравновесить, т.е. сделать её гармонично воспринимаемой, что увеличивает роль художника, который может это сделать. Возрастает спрос на такого художника. Именно он увеличивает эксклюзивность получающихся объектов дизайна.

Если создаваемые человеком объекты дизайна содержат винтовые формы, которые близки природе, то эти объекты часто получают комплиментарны психике человека. Это с одной стороны увеличивает возможность достижения коммерческого эффекта, а с другой служит цели экологического воспитания человека.

Литература

1. http://www.rmnt.ru/story/stairs/194535.htm?go_ties. Дата обращения: 18.02.2010.
2. <http://www.novate.ru/blogs/071109/13373/> Дата обращения: 18.02.2010.
3. <http://www.vtlift.ru/escalators/interesting>

ПРИМЕНЕНИЕ СИМВОЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ НАХОДОК АБХАЗИИ В ДИЗАЙНЕ СОВРЕМЕННЫХ КОВАНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Шляхтина М.П.

Научный руководитель: Соколова М.Л., д.т.н., профессор
 Московский государственный университет приборостроения и информатики,
 107996, Россия, г. Москва, Стромынка, 20
 E-mail: sl_mar@mail.ru

В настоящее время на новом уровне восстанавливается и развивается кузнечное ремесло Абхазии. Творчество известных художников таких, как Теймураз Дзидзария, Батал Джопуа, Эпизбор Какава, является свидетельством истинной оригинальности и самобытности их таланта. Обращаясь к историческому наследию культуры, они создают изделия, сочетающие в себе традиции, технологии древней Абхазии и современного дизайна.

В декорировании изделий современные художники используют и творчески преобразуют традиционный графический символ древних народов – свастику. Начиная со II – I тыс. до н.э. символ свастики, распространился на территории Абхазии и применялся при декорировании оружия, керамики, одежды и предметов повседневного быта. Этот символ, как и у большинства народов, имел положительное значение в жизни древних абхазов. Свастика была символом движения Солнца и, наверное, всего мира в целом. Она отражала основной вид движения в Мироздании – вращательное движение с его производной – поступательным движением.

Различные виды свастики были найдены на бронзовых и глиняных изделиях VIII – VII вв. до н.э., представленных в экспозициях Абхазского государственного музея г. Сухума. На стенде периода бронзового века (XII - VII вв. до н.э.) представлена поясная пряжка (Рис. 1), которая декорирована гравированным орнаментом в виде пяти левосторонних свастик, обрамленных ромбами.



Рис.1. Бронзовая пряжка. VIII – VII вв. до н.э.

На другом стенде периода поздней бронзы (VIII -



Рис.2. Глиняное навершие. VIII – VII вв. до н.э.

VII вв. до н.э.) показано глиняное навершие, состоящая из трех изгибающихся змеек (Рис. 2). Эта фигурка представлена уже в виде зооморфной трехконечной свастической розетки правостороннего направления.

В период средних веков свастику в Абхазии можно увидеть на фрагменте архитектурного декора христианского храма, остатки которого расположены у северной стены на территории средневековой крепости - Анакопия в Новом Афоне. Это был небольшой храм зального типа, построенный в VII в. Именно в этом храме, по преданию, долго хранился нерукотворный образ Божьей Матери. Храм неоднократно перестраивался, лишь алтарь сохранил свой древний вид.



Рис.3. Фрагмент декоративной плиты. V – XII вв.

Сохранились остатки древнего церковного декора – известняковые плиты с изображениями раннехристианских символов (кипарисов, рыб, крестов). На одной из плит изображена арка, по центру которой расположено изображение вепря, а по бокам от него – две свастические спиральные розетки (Рис. 3).

Такую композицию можно трактовать как изображение восходящего, полуденного и заходящего солнца на небесном своде. Две свастики похожи на стилизованное трискеле – символ солнца со стилизованными лучами.

На представленных фотографиях (Рис. 1), (Рис. 2), (Рис. 3) видно, что в древней Абхазии мастерами применялись обе свастики, как правосторонняя, так и левосторонняя свастики. Такие символы показывали естественный порядок вещей во Вселенной – когда день сменяет ночь, свет сменяет тьму, новое рождение сменяет смерть. Таким образом, свастический символ носил не просто декоративный характер, но и семантический характер, показывал уровень осмысления окружающей действительности.

В настоящее время на основе показанных изделий (Рис.1), (Рис. 2) древних мастеров в стиле свастического дизайна были изготовлены декоративные оконные решетки (Рис. 4). Автор и исполнитель кованных изделий – художник-кузнец Теймураз Дидзария.

Решетка имеет ряд особенностей. В узкий оконный проем установлена широкая контурная рама, разделяющая решетку на три самостоятельных фрагмента. Все они строго симметричны, уравновешены в пределах рамы и имеют свой самостоятельный рисунок. В композиции рисунков верхних фрагментов положены свастические символы древних изделий (Рис. 1), (Рис. 2), найденных археологами на территории Абхазии. Тонкопрофильный силуэт линий напоминает средневековый витраж и создает впечатление воздушности, грациозности и, в тоже время, строгости.

В итоге художник-кузнец Теймураз Дидзария создает декоративные изделия, сочетающие в себе традиции, технологии древней Абхазии и современного дизайна. Такие художественные изделия находят свое достойное место в интерьерах как жилого, так и офисного назначения.

Использование народных традиций искусства той местности, где работает художник-кузнец, позволяет создавать современные кованные изделия на новом технологическом уровне производства с использованием в дизайне современных кованных изделий древнего графического символа.



Рис.4. Декоративная оконная решетка.
Автор – Таймураз Дидзария.

АДАПТАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ В ОБЛИКЕ СТАРИННЫХ ФАХВЕРКОВЫХ СТРОЕНИЙ

Гавриков Д.С.

Научный руководитель – Родионовская И.С., к.арх.н., профессор
Институт строительства и архитектуры Московского государственного строительного университета,
129337 Российская Федерация, Москва, Ярославское шоссе, 26
E-mail – denis.gawrikow@uni-weimar.de

Со времён так называемого «фахверкового ренессанса» (1970-х годов) в Германии при реконструкции и реставрации фахверковых построек начали применять не только новейшие строительные материалы, но и встраивать в эти памятники средневекового зодчества современные архитектурно-конструктивные элементы, такие как двери, окна, остеклённые стены, бетонные перекрытия. В настоящее время в немецком научном сообществе ведутся многочисленные дискуссии по поводу правомерности данного явления.

Актуальность исследования. К началу XXI века разрешённые немецким законодательством по охране памятников архитектуры изменения во внешнем облике и конструктивном содержании средневековых построек негативно сказались на сохранности фахверковых домов, а также их внешнем облике. Будирование этих обстоятельств как коммуна, частными владельцами и арендаторами, с одной стороны, так и проектировщиками и инженерами, с другой, уже привело к полной или частичной утрате многочисленных памятников фахверкового зодчества по всей Германии.

Обзор научной литературы по теме. Г-н В.Ленце в своём труде “Fachwerkhäuser. Restaurieren – sanieren – modernisieren” (2007) рассматривает некоторые виды адаптации современных архитектурных решений к стилистике старинных фахверковых зданий. [1]

В книге Г.Гебгарда и П.Унтеркирхера “Oberfalz” (1995) показаны примеры разумной реконструкции фахверковых домов и сооружений Верхне-го Пфальца в Баварии. [2]

Г-н Г.Стиве в своей книге “Fachwerkhäuser in Deutschland. Konstruktion, Gestalt und Nutzung von Mittelalter bis heute” (2007) приводит оптимальные приёмы реконструкции фахверковых домов. [3]

Г-жа У.Пфистермейстер в 1993 году наметила основные пути реконструкции фахверка в книге “Fachwerk in Franken”. [4]

В 2004 году вышла в свет книга г-на Г.У. Гроссмана “Der Fachwerkbau in Deutschland. Das historische Fachwerkhaus, seine Entstehung, Farbgebung, Nutzung und Restaurierung”, где даётся подробное описание сочетаний современных архитектурных решений и старинной фахверковой стилистики. [5]

Проблема, цель, задачи исследования. Общая проблема исследования – охрана памятников средневековой архитектуры, частная проблема исследования – адаптация современных архитек-

турных приёмов и конструкций в облике фахверковых строений. Цель исследования – выявить приемлемые виды внедрения новых архитектурных форм в фахверковые строения. Задачи исследования: 1) дать анализ существующих примеров реновации фахверковых построек с использованием новых архитектурных решений; 2) дать характеристику последствий применения новых архитектурных решений, делая акцент на сохранности и внешнем облике фахверковых строений.

Методология. В данном исследовании применяются такие методы научного познания: 1) теоретический синтез – расширяющееся знание, конструирующее нечто новое, выходящее за рамки имеющейся основы – для обобщения знаний по архитектурному дизайну реставрированных и реконструированных объектов фахверкового строительства; 2) теоретический анализ, включающий в себя результаты абстрагирования, упрощения, формализации, для рассмотрения реновированных фахверковых строений в аспектах эстетики, композиции, комфортабельности. Индукция – метод перехода от знания конкретных фактов к общему знанию – применена в настоящей работе при построении консеквенций.

Понятийный аппарат. Под «реновацией» (лат. ‘renovatio’ – «обновление») в данной работе понимается комплекс мероприятий, направленных на приведение условий жизни в старинном здании к современным требованиям. Термин «реставрация» (лат. ‘restavratio’ – «восстановление») означает восстановление в первоначальном виде архитектурного произведения, пострадавшего от времени или искажённого переделками. «Реконструкция» (лат. ‘re-’ – «обратно», «вновь» – и ‘constructio’ – «построение») – проведение строительных работ в целях изменения существующих технико-экономических показателей постройки и повышения эффективности его использования. В Западной Европе этому термину соответствует «санация», а под «реконструкцией» понимается «реставрация» в том значении, которое принято в России.

Под «фахверком» (нем. ‘Fachwerk’ – «панельное сооружение») понимается строительно-конструктивная система, состоящая из несущего деревянного каркаса и заполнения из фашины, обмазанной глиной, или кирпичной кладки; заполнение выполняет ограждающую функцию. Фахверк можно рассматривать и как самостоятельный архитектурный стиль эпохи модерна. Стилистику фахверковых построек более раннего периода

нельзя выделить в отдельное направление, как это пытаются сделать в российской науке, так как данная стилистика полностью повторяет формы господствующих стилей: готики, интернационального маньеризма, барокко, классицизма.

Концептуальное изложение вопроса. В старинных фахверковых домах в замене на современные элементы чаще всего нуждаются двери, въездные ворота, окна. Старинная конструкция окон с шайбовым остеклением особенно не удовлетворяет современным требованиям по инсоляции, к тому же такие окна не связывают внутреннее пространство дома с внешней средой, так как стеклянные шайбы пропускают лишь тусклый свет, через них не видно внешней среды.

Другим допустимым способом увеличить освещённость внутри фахверкового дома может быть переоборудование части пространства, занимаемого старыми въездными воротами в остеклённую стену (рис. 1б).

Среди не сочетаемых со старинным фахверком мероприятий можно выделить следующие:

- вмонтирование металлических остеклённых дверей (рис. 1г);
- искусственные материалы не подходят для фахверкового дома (применение пластиковых окон и дверей недопустимо) (рис. 1а);
- окна с большими просветами между переплётами разрушают архитектурный характер здания;
- такой же эффект получается тогда, когда оконные пролёты располагаются «ступенькой» по отношению к расположенным рядом балкам и обвязкам (рис. 1в);
- недопустимо применение неожиданных округлых реек в конструкции входных дверей (1г);
- просветы между пролётами в окнах, превышающие в высоту и ширину 30 см, выглядят массивно и неуклюже;
- перекрещивающиеся балки и стойки должны делить пространство стены на ровные прямоугольники, перекосившиеся прямоугольники неуместны на фасаде.

Мероприятия, губительные для фахверковой постройки:

- внешний подоконник и нащельные рейки должны изготавливаться только из дубовой древесины; древесина хвойных пород, использованная для этих целей имеет весьма ограниченный срок эксплуатации;
- во входных и въездных воротах расстояние между деревянными конструкциями не должно превышать 120 см, а между стальными конструкциями – 200 см, в противном случае, в последствии данная конструкция деформируется.
- применение современных изоляционных материалов в качестве заполнения фахверкового каркаса приводит к быстрому разрушению дома, так как исторически стены фахверковых домов всегда

имели щели, что позволяло на протяжении многих лет избегать гниения деревянных элементов.

Заключение. При реставрации и реконструкции фахверковых домов и сооружений лучше придерживаться аутентичных, старинных техник строительства и формообразования. Однако, для приведения качества жилья к современным требованиям уместно применение форм современной архитектуры.

Практическое применение результатов исследования. Результаты данной работы могут быть использованы при реновации фахверковых домов в Калининградской области, а также Санкт-Петербурге и Поволжье.



Рисунок 1. Примеры применения новых форм в фахверковой архитектуре (а, б, в, г – см. текст)

Использованная литература

1. Wolfgang Lenze. Fachwerkhäuser. Restaurieren – sanieren – modernisieren. Materialien und Verfahren für eine dauerhafte Instandsetzung. 5., aktualisierte Auflage. Stuttgart: Frauenhofer IRB Verlag, 2007. 246 S.
2. Helmut Gebhard. Paul Unterkircher. Oberpfalz. Passau: Passavia, 1995. 416 S.
3. Heinrich Stiewe. Fachwerkhäuser in Deutschland. Konstruktion, Gestalt und Nutzung von Mittelalter bis heute. Darmstadt: WBG Wiss. Buchges., 2007. 160 S.
4. Ursula Pfistermeister. Fachwerk in Franken. Nürnberg: Carl, 1993. 204 S.
5. Georg Ulrich Großmann. Der Fachwerkbau in Deutschland. Das historische Fachwerkhaus, seine Entstehung, Farbgebung, Nutzung und Restaurierung. 3., erw. Auflage. Köln: DuMont, 2004. 224 S.

СЕКЦИЯ 12

**НАНОМАТЕРИАЛЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ И
НОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТЕКЛОГРАНУЛЯТА НА ОСНОВЕ МАРШАЛЛИТА И МИКРОКРЕМНЕЗЕМА

Аверкова А.В.

Научный руководитель: Верещагин В.И.

Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: averkova@sibmail.com

Пеностекло – новый теплоизоляционный материал на российском рынке. Вспененное стекло обладает присущими только ему уникальными теплофизическими и эксплуатационными свойствами - широкий температурный диапазон применения, непроницаемость для воды и водяного пара, теплоизоляция, абсолютная негорючесть, стабильность размеров (не дает усадки), высокие прочностные показатели, по сравнению с другими теплоизоляционными материалами, долговечность, экологическая безопасность, стойкость к агрессивным средам, удобство монтажа. Благодаря своим достоинствам теплоизоляция из пеностекла имеет самый широкий диапазон применения. Теплоизоляционные блоки из пеностекла являются прочной, негорючей теплоизоляцией. Благодаря этому, изоляция из пеностекла имеет неоспоримое преимущество при использовании в криогенной технике, на пожаро- и взрывоопасных производствах, на особо важных капитальных объектах.

В российских климатических условиях, предполагающих значительные перепады температур и высокую влажность, пеностекло является наиболее долговечным теплоизоляционным материалом, практически не имеющим ограничений по срокам эксплуатации. Кроме того, пеностекло может быть использовано для реконструкции существующего жилья по простым и доступным технологиям. Герметичная замкнутость стеклянных ячеек пеностекла обуславливает его непроницаемость для пара и влаги, постоянство теплопроводности и прочности, высокую сопротивляемость выдуванию ветром в течение многих десятков лет. Кроме того, прочная ячеистая структура пеностекла делает его пригодным для теплоизоляции поверхностей, находящихся под нагрузкой, предотвращая расслоение, усадку и набухание материала. Обладая выигрышным сочетанием уникальных технических характеристик и широкой сферой применения, пеностекло удовлетворяет всем основным требованиям мирового строительного рынка теплоизоляционных материалов.

Использование пеностекла в качестве теплоизоляционного материала при строительстве позволяет создавать энергосберегающие строения значительно легче обычных и, таким образом, при общем удешевлении строительства на 20-25%, застраивать площади, расположенные на слабых и заболоченных грунтах в регионах с холодным и жарким климатом, проводить реконструкцию существующих зданий.

Целью работы является разработка гранулированного пеностеклокристаллического материала на основе микрокремнезема и маршаллита.

В качестве кремнеземистого компонента выбираем отход Братского завода ферросплавомикрокремнезем и природный маршаллит. Маршаллит является рыхлой или слабо уплотненной мономинеральной горной породой, представляющей собой остаточный продукт выветривания кварцитов, кремневых известняков или некоторых других кремнистых пород. Оксиды кальция и магния не являются вредными примесями, их содержание легко корректируется при составлении шихты. Щелочесодержащим компонентом является сода (Na_2CO_3), щелочноземельные оксиды вводятся доломитом ($\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$). Химический состав компонентов приведен в табл. 1.

Таблица 1

Содержание оксидов, масс %	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO + MgO	Na ₂ O	$\Delta m_{\text{п}}$
Микрокремнезем	93,17	0,84	0,46	1,54	0,39	3,60
Маршаллит	92,93	4,80	0,27	–	–	–
Сода	–	–	–	–	57,2	42,8
Доломит	1,5	1,0	0,25	50,0	–	47,2

По гранулометрическому составу кремнеземсодержащие компоненты характеризуются высокой дисперсностью. У маршаллита 90% по массе частиц размером менее 15 мкм. Размер частиц SiO₂ в микрокремнеземе менее 1 мкм. В качестве примесей в микрокремнеземе присутствует карбид кремния (SiC). Основной кристаллической фазой по данным рентгенофазового анализа является кварц. Рентгенофазовый анализ микрокремнезема показывает, что кремнезем представлен аморфной фазой. На рентгенограмме микрокремнезема в небольших количествах фиксируется кремний (d=0,313; 0,192 нм), карбид кремния (d=0,251; 0,217; 0,154 нм) и графит (d=0,335 нм), что обуславливает серый цвет микрокремнезема.

Высокая дисперсность кремнеземистых компонентов препятствует завершению процессов силикатообразования и стеклообразования при температурах близких к равновесию по диаграмме состояния « $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ». С учетом температуры плавления в интервале 850-900 °С, рассчитан состав стекла, соответствующий: SiO₂ – 73%; CaO

– 12%; Na₂O – 15%. Химический состав шихт приведен в табл. 2.

Таблица 2

Содержание оксидов, масс %	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O
Шихта1 (микрокремнезем)	72,40	0,88	0,43	7,54	7,56	14,10
Шихта2 (маршаллит)	72,00	1,79	0,25	7,74	4,22	14,00

Пеностекольный материал получают по двухстадийной технологии. Промежуточная стадия – получение стеклогранулята. Температура вспенивания установлена экспериментально и составляет 820 °С (табл. 3), что соответствует предполагаемой от 800 до 850 °С.

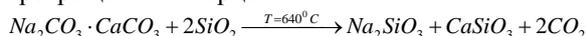
Таблица 3

	800 °С	820 °С	850 °С
100% микрокремнезема, %	83	86	88
100% маршаллита, %	70	74	77

Из табл. 3 следует, что рекомендуемая температура обжига гранул 820 °С, т.к. гранулы при этой температуре содержат достаточное количество стеклофазы.

Технология получения пеностеклокристаллического материала состоит из следующих этапов: дозировка и смешение материалов; компактирование материала методом экструзии; термическая обработка в течении 15 минут при температуре 820 °С; измельчение полученного стеклогранулята до удельной поверхности 6200 см²/г и смешение с газообразователем (сажа); гранулирование методом окатывания; вспенивание при температуре 820 °С.

Результаты ДТА (рис.1,2), полученные на анализаторе SDT Q600 в политермическом режиме (20-1000 °С), со скоростью нагрева 10 °С/мин, показали присутствие группы эндоэффектов. В области низких температур (до 150 °С) присутствуют эндоэффекты, связанные с удалением различных форм влаги. Вторая группа эндоэффектов при температурах 569° и 600°С соответствует процессам образования двойной соли и полиморфным превращениям кварца.



Остаточные процессы проходят при темпера-

турах 800-840°С. Анализ термогравиметрической кривой показывает, что относительно большие потери массы происходят в интервале до 780 °С, т.е. на стадии протекания реакций силикаобразования. В ходе проведенных исследований установлено, что активность шихты на основе микрокремнезема и маршаллита практически одинаковая.

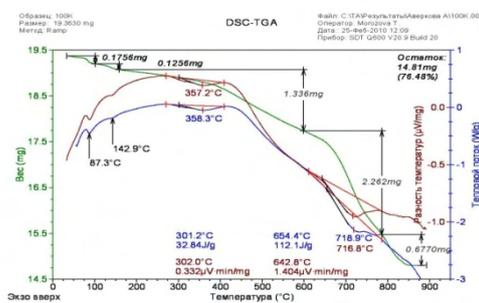


Рис.1. Термограмма шихты на основе микрокремнезема

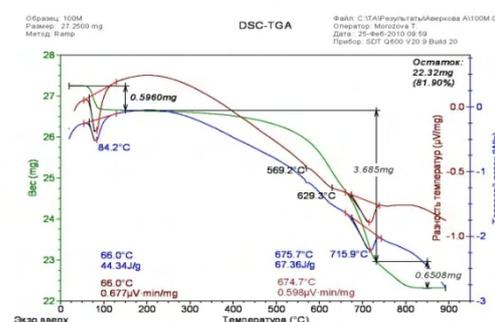


Рис.2. Термограмма шихты на основе маршаллита

По разработанным составам был получен пористый материал по свойствам соответствующим традиционному пеностеклу (табл. 4).

Таблица 4

	Плотность истинная, кг/м ³	Плотность насыщенная, кг/м ³	Прочность, МПа	Водопоглощение, %
100% маршаллита	156	101	10,0	5,5
100% микрокремнезема	147	95	7,9	10,2

Определение свойств проводится согласно ГОСТ 9758-86 (Заполнители пористые неорганические для строительных работ).

Полученный материал отличается от пеностекла более высокой прочностью, в 3 – 5 раз.

НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Александрова В. М.

Научный руководитель: к.т. н., доцент Никулина А.А.
Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, Starostamm-501@mail.ru

Роль углеродных нанотрубок (УНТ) в композитах на полимерной основе может быть многообразной. Во-первых, трубки придают композитам жесткость, что связано с высоким модулем упругости при растяжении (~1 ТПа). Во-вторых, УНТ обладают высокой упругой деформацией (до 5%), что повышает предел прочности при растяжении на порядок по сравнению с обычными полимерами. В-третьих, УНТ значительно повышают удельные (отнесенные к массе) значения прочности и жесткости. Это значит, что заметные улучшения свойств достигаются при меньших по сравнению с другими наполнителями количествах вводимых УНТ, а также что при больших объемных концентрациях УНТ могут получаться композиты со свойствами, которые не могут быть достигнуты с другими наполнителями. В-четвертых, УНТ многофункциональны, поскольку их введение значительно повышает не только механические характеристики, но также электропроводность и теплопроводность полимеров. Наконец, добавки УНТ позволяют расширить диапазон рабочих температур композитов на основе некоторых полимеров благодаря повышению температуры перехода в стеклообразное состояние [1].

Композиты, в которых матрицей служит полимерный материал, являются одним из самых многочисленных и разнообразных видов материалов. Их применение в различных областях дает значительный экономический эффект. Например, использование ПКМ при производстве космической и авиационной техники позволяет сэкономить от 5 до 30% веса летательного аппарата. А снижение веса, например, искусственного спутника на околоземной орбите на 1 кг приводит к экономии 1000 долларов. В качестве наполнителей ПКМ используется множество различных веществ

В данной работе производится исследование полимерного композиционного материала, матрицей в котором является эпоксидная смола ЭД-20 и вторая фаза – углеродные нанотрубки. Эпоксидная смола ЭД-20 представляет собой жидкий реакционноспособный олигомерный продукт на основе диглицидилового эфира дифенилолпропана. Нанотрубки, полученные химическим осаждением из газовой фазы (Chemical vapor deposition, CVD) (рис. 1).

Для получения композиционного материала были подготовлены навески углеродных нанотрубок 0,5%, 1%, 4%, 8%, 14% от объема эпоксидной смолы. Выбор процентного содержания нанотрубок основан на том, что при определенном их содержании будет происходить ухудшение или

улучшение механических свойств по сравнению с чистой эпоксидной



Рис. 1 - CVD установка для получения УНТ методом химического осаждения из пара.

На рис. 2, 3 приведены фотографии, полученные на растровом и просвечивающем электронных микроскопах. На рис. 2 показана трещина полимерного композиционного материала, полученная при испытаниях на сжатие. На снимках видно, что берега трещины связаны нанотрубками, разрыв не происходит до конца. Другие нанотрубки выступают из одного берега трещина. Распределение нанотрубок по матрице полимерного материала, неравномерное, образуются агломераты (скопление нанотрубок в одном месте).

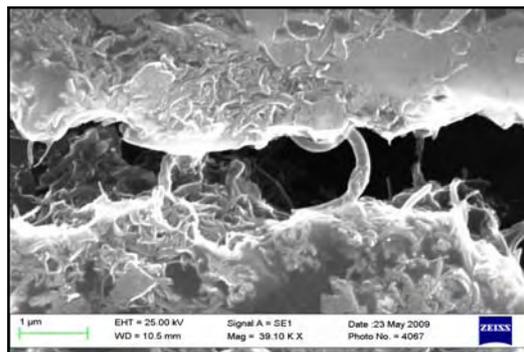


Рис. 2 - Трещина в ПКМ.

Из диаграммы на рисунке 4 видно, что оптимальным является добавление УНТ в пределах от 0,5% и до 1%. При возрастании содержания УНТ происходит спад возможности материала выдерживать нагрузку.

Результаты испытаний на износостойкость в условиях трения о жестко закрепленные частицы абразива показали, что износ образцов убывает при содержании УНТ 0.5 % и 4 %. Увеличение

содержания УНТ с 8 до 14% приводит к увеличению износа.

Трибологические испытания пары трения «сталь – композиционный материал», проводимые по схеме «диск - колодка» в условиях трения скольжения при смазывании минеральным маслом М8Г, показали, что максимальное значение коэффициента трения обладают композиционные материалы с содержанием УНТ 0.5%. Увеличение содержания углеродных нанотрубок свыше 1% приводит к снижению коэффициента трения более чем в 2 раза. Эпоксидные материалы не содержащие углеродных нанотрубок имеют низкий коэффициент трения. Подобная зависимость наблюдается как в режиме приработки, так и в режиме установившегося трения.

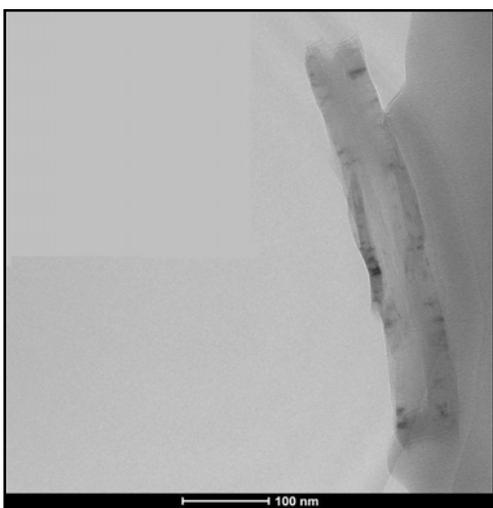


Рис. 3 – УНТ в матрице.

Испытания на ударную вязкость проводились на образцах с П-образным надрезом с содержанием УНТ 0, 1, 4, 8%. Данные испытания подтвердили, что оптимальным является содержание УНТ в диапазоне от 0,2 до 2 %.

Углеродные нанотрубки давно рассматриваются в качестве эффективного средства повышения потребительских характеристик полимерных материалов. Разработка нового класса нанокомпозитов в результате добавления УНТ в полимеры могло бы привести к созданию нового класса материалов, сочетающих в себе легкость и гибкость полимеров с высокой прочностью, электропроводностью и теплопроводностью УНТ. Основная проблема, стоящая на пути решения этой задачи, связана с



Рис. 4 – Зависимость напряжения при сжатии от содержания УНТ

трудностью сопряжения поверхности нанотрубки с полимерной матрицей. При отсутствии такого сопряжения механическая нагрузка, сообщаемая материалу, не передается нанотрубке, которая ведет себя в полимере подобно волосу в пироге, свободно передвигаясь по объему внутри материала. Еще одна проблема, затрудняющая создание композитных материалов полимер/УНТ, связана с необходимостью однородного заполнения материала нанотрубками. В силу запутанной структуры, присущей большим объемам УНТ, однородность заполнения обычно невысока [2].

Наиболее эффективный подход к решению проблемы сопряжения связан с функционализацией нанотрубок, т.е. с присоединением к их поверхности функциональных химических групп. Это может способствовать более эффективному взаимодействию УНТ с материалом полимера. Однако такой подход не обеспечивает равномерного заполнения полимера нанотрубками. Группа исследователей из нескольких университетов Тайваня [3] подошла к решению приведенных выше проблем, используя сочетание функционализации УНТ, обеспечивающей сопряжение, с сокращением их продольного размера, облегчающим равномерное заполнения полимера нанотрубками.

В этом направлении ведутся дальнейшие исследования.

Литература

1. Блохин А.Н. Композиты на основе углеродного наноматериала «ТАУНИТ» и эпоксидной смолы / А.Н. Блохин, А.Г. Ткачев // Тамбов, ТГТУ
2. А.Елецкий ПерсТ, том 16, выпуск 213, 2009.
3. С.Gau et al., Jap. J. Appl. Phys. 48,06FF10 2

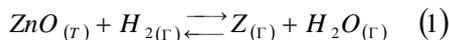
ЗАВИСИМОСТЬ ИНТЕНСИВНОСТИ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ОКСИДА ЦИНКА ОТ ЭНЕРГИИ И ПЛОТНОСТИ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА

Аль-Обайди Н.Дж., Шапиев И.М.

Научный руководитель: Рабаданов Р.А., д.ф.-м.н., профессор
Дагестанский Государственный университет, 367950, Россия, г.Махачкала, ул.М.Гаджиева, 43^а
E-mail: nadph73@yahoo.com

Оксид цинка принято относить к классу уникальных полупроводниковых соединений из-за наличия различных свойств и степени их проявления. Его кристаллы, которые удается синтезировать применением гидротермального метода, редко встречаются в природе и содержат различного рода примеси. Данные по изучению их свойств адекватно не отражают свойства более или менее «чистого» оксида цинка. В настоящее время принято считать, что «чистые», но не стехиометрического состава небольшие кристаллы ZnO можно получить из газовой фазы, содержащей химически активный компонент.

Среди таких работ наиболее оптимальным, позволяющим получать образцы ZnO в монокристаллическом состоянии с возводимыми свойствами, считается метод, в основе осуществления которого используется окислительно-восстановительная реакция:



Полный анализ данного метода дан в [1]. По данной работе наиболее существенными параметрами процесса получения образцов ZnO , оказывающими наибольшее влияние на их свойства, являются: степень чистоты исходного порошка ZnO , температуры зон тигля T_2 и подложки T_1 , перепад температуры между ними $\Delta T = T_2 - T_1$, давление водорода в системе, величина парциального давления паров воды в водороде. Кристаллы и слои ZnO толщины больше 15 мкм, полученные данным методом на гранях (0001) и (1120) Al_2O_3 при $T_2 = 990K$, $T_1 = 880K$ и содержании паров воды в водороде до 14%, общем давлении в системе $1,8 \cdot 10^5 Pa$ обладают достаточно интенсивной фото- и катодолюминесценцией при небольших интенсивностях возбуждения.

Типичный спектр такой люминесценции монокристаллического ZnO показан на рис. 1.

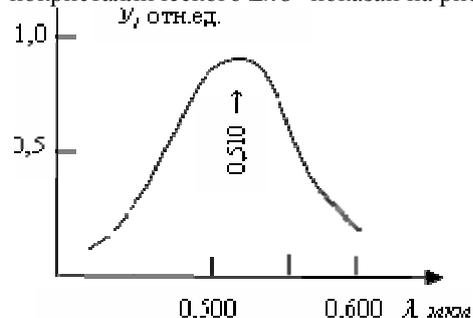


Рис.1. Спектр фото- и катодолюминесценции монокристаллического ZnO .

По нашим измерениям данное излучение состоит из широкого бесструктурного максимума в видимой области спектра ($\lambda_{max} = 0,510 \text{ мкм}$, полуширина ее $\Delta E = 0,40 \text{ эВ}$).

Мы считаем, что за данное излучение ответственна вакансия кислорода V_O в решетке оксида цинка [2]. Измерения также показали, что интенсивность люминесценции ZnO может изменяться от условий получения его образцов.

При этом обнаруживается, что между их ростовыми и электрическими свойствами и интенсивностью люминесценции имеется закономерное соответствие.

Для установления этой связи в работе были использованы образцы ZnO , полученные при постоянной температуре T_2 , равной 990K, и температуре сапфировой подложки в интервале от 830 до 920 K и при равных других параметрах процесса кристаллизации. Результаты такой работы в обобщенном виде даны по рис. 2.

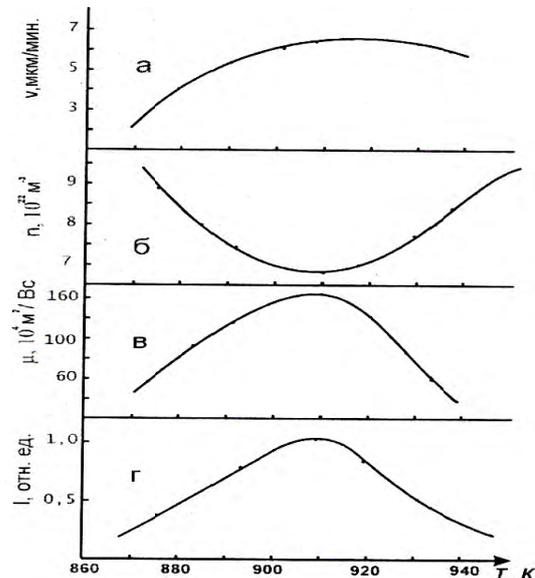


Рис. 2. Зависимость скорости осаждения слоя (а), концентраций (б), и подвижности электронов (в), относительной интенсивности зеленой люминесценции (г) при фотовозбуждении от температуры подложки T_1 эпитаксиальных слоев ZnO .

Как нам представляется, большой интерес представляет изучение катодолюминесценции оксида цинка, особенно в смысле технического ее применения (сцинтилляторы, спектрометры энергии частиц радиоактивного распада). Для этой цели нами была использована электронная пушка, по-

звляющая изменять ток электронов на образец до 10 мкА , а ускоряющее напряжение изменять от 8 до 40 кВ и осуществлять фокусировку пучка электронов на избранный участок поверхности образца применением магнитной линзы.

Излучение образца с температурой 300 К вывозилось из вакуума $\approx 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$ через кварцевое окно установки и фокусировалось на входной щели монохроматора МДР – 3. На выходе монохроматора в качестве приемников излучения образца использовались фотоумножители ФЭУ-51 и ФЭУ – 62.

Сигнал с нагрузки фотоумножителя поступал на вход У-т потенциометра для записи. Обратная линейная дисперсия монохроматора при записи спектра была равна 26 \AA на 1 мм щели.

Мы запись спектра катодолуминесценции осуществляли при ширине щели монохроматора $0,7 \text{ мм}$. В качестве образцов в работе были использованы монокристаллической структуры слои ZnO с толщиной больше 2 мкм на гранях сапфира, полученные со скоростью роста до 6 мкм/мин при температуре зоны тигля $T_2 = 990 \text{ К}$ и температуре подложки $T_1 = 880 \text{ К}$.

Типичные спектры катодолуминесценции ZnO , снятие при постоянном ускоряющем напряжении 40 кВ и токах $J_1 = 1 \text{ мкА}$ и $J_2 = 2 \text{ мкА}$, даны на рис.3.

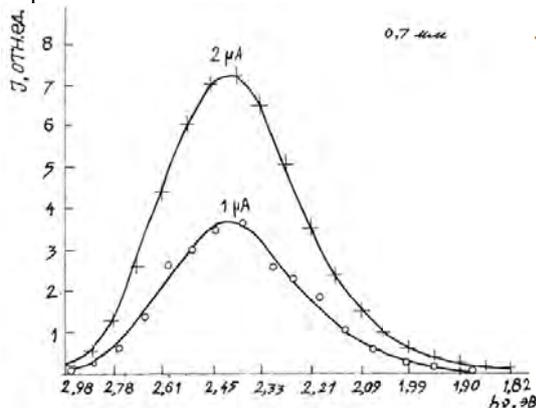


Рис. 3. Спектр зеленой люминесценции пленок ZnO при различных токах электронов ($U = 40 \text{ кВ}$).

Как это ни странно, но факт остается фактом, как и при фотолюминесценции, максимум излучения приходится на $\lambda = 0,510 \text{ мкм}$ ($h\nu = 2,42 \text{ эВ}$).

Данное совпадение объясняется общностью центра излучения в решетке ZnO . При фотовозбуждении энергия падающих фотонов поглощается непосредственно центрами свечения, находящимися в тонком приповерхностном слое образца. При этом передача поглощенной энергии решеткой центром свечения существенного значения не имеет. При катодном возбуждении (электронами высоких энергий) энергия поглощается во всей массе люминофора (ZnO).

Это энергия эффективно передается центром свечения, поэтому энергетический выход при катодолуминесценции намного больше, чем при фотовозбуждении ZnO . Считается, что первые высокоэнергетические электроны, входящие в ZnO извне, вызывают его ионизацию атомов. При этом наиболее вероятно вырывание электронов с верхних уровней атомов. В конечном счете образуется низкоэнергетическое возбужденное состояние в ZnO , ответственное за зеленую люминесценцию. Если эти утверждения верны, то с увеличением тока электронов на образец при постоянном ускоряющем напряжении должны наблюдаться соответствующее увеличение интенсивности люминесценции, что показано на рис.4.

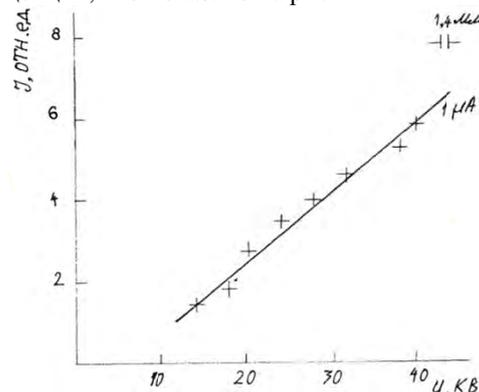


Рис. 4. Интенсивность излучения пленок ZnO ($\lambda = 0,51 \text{ мкм}$) от ускоряющего потенциала ($I = 1 \text{ мкА}$).

Вдоль пути первичных высокоэнергетических электронов возникают каналы ионизации. В образцах с подвижностями носителей заряда больше $100 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ эффективный диаметр канала ионизации для электронов с энергией больше 10 кэВ может быть больше 1000 \AA .

В реальных условиях каналы ионизации перекрываются, и это способствует увеличению плотности возбуждения ZnO .

В эффективность катодолуминесценции ZnO определен вклад в носит и эффект туннелирования электронов. Поэтому глубина проникновения электронов с энергией больше 1015 кВ до начала диссипации энергии может оказаться больше 10 мкм . Измерение с длиной волны больше $0,510 \text{ мкм}$ оксидом цинка не поглощается, если в нем не присутствуют в большом количестве атомы нейтрального цинка.

Литература

1. Рабаданов Р.А. Получение, реальная структура, некоторые объемные и поверхностные свойства монокристаллического оксида цинка. Дисс. на соиск. уч. степ. д.ф.-м.н., Махачкала, 1997. 358 с.
2. Крегер Ф. Химия несовершенных кристаллов. М.: Мир, 1969. С. 493 – 501.

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МОЩНОСТИ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Аялбергенов К., Тлеуов А.Х.

Научный руководитель: Тлеуов А.Х., д.т.н. профессор

Казахский агротехнический университет им.С.Сейфуллина, 010000, Казахстан, г. Астана, пр. Победы, 62

E-mail: c.gylnara68@mail.ru

В настоящее время в мире используются различные методики выбора мощности ВЭУ. Одни основаны на среднесуточных скоростях ветра, другие на выборе мощности по максимальной пиковой нагрузке потребителя, третьи основаны на годовых выработках электрической энергии.

Для решения данной проблемы предлагается задаться следующими граничными условиями:

1. Годовое количество выработанной электрической энергии ВЭУ должна быть больше или равна необходимому годовому количеству электроэнергии для потребителя.

$$W_{НАГР} \leq W_{ВЭУ}$$

2. Ежегодные затраты на эксплуатацию ветроустановки (В, тг), приведенные к годовому количеству выработанной электрической энергии (W, кВтч), должны стремиться к минимуму.

$$\frac{B}{W} \rightarrow MIN$$

Как и во всякой другой отрасли энергетики, основными экономическими показателями ветроэнергетики являются удельная стоимость установленной мощности (долл. США/кВт или тг/кВт). В последних работах в оценке капитальных затрат используется также показатель - удельная стоимость на единицу ометаемой поверхности. Здесь и далее все экономические оценки даются в мировой (долл. США) валюте, поскольку более или менее надежные стоимостные оценки в отечественной валюте отсутствуют.

Капитальные затраты включают в себя стоимость ветроустановки на заводе, затраты на транспортировку оборудования, строительные работы, работы и оборудование по присоединению к сетям энергосистемы, плата за землю и за банковский кредит.

Стоимость электроэнергии от ВЭС зависит прежде всего от объема вырабатываемой электроэнергии, который в свою очередь определяется в основном величиной среднегодовой скорости ветра, затрат на обслуживание и эксплуатацию, срока службы ветроустановки, ставки дисконтирования платы за кредит, а также от величины капитальных вложений (отчисления на амортизацию). Необходимо помнить, что стоимость электроэнергии от ВЭС является обобщающим экономическим показателем. Зачастую при больших капитальных вложениях стоимость, а точнее себестоимость производства электроэнергии, на ВЭС1 может оказаться ниже, чем при меньших капитальных вложениях на ВЭС2, потому что на ВЭС1 вырабатывается существенно больше электроэнергии из-за лучших

ветровых условий. Количество вырабатываемой электроэнергии той или иной ветроустановкой, определяется как:

$$W_{\text{э.э.год}} = E_0 \cdot S, \text{ кВтч}$$

где W э.э.год- годовая выработка э/э, кВтч

S- ометаемая площадь колеса, м²

E₀ – удельная энергия ветрового потока, кВтч/м²

Таблица 1 – Основные характеристики ВЭУ

Тип ВЭУ	Стоимость ВЭУ, у.е.	R _н , кВт	Расч. скорость ветра, м/с.	высота башни, м.	диаметр колеса, м.
Механик	2680	1	8	13,5	2,8
Радуга - 001М	5090	1	8	12	3
Сапсан-1,0	4977	1	8	12	3,2
ЛМВ-1003	6560	1	8	12	2,5
ВЭУ-1,5	4300	1,5	8	8	3,5
ВЭУ 1500	4085	1,5	8	7,5	3,12
Механик -2000	8700	2	8	13,5	5
ЛМВ - 2500	9360	2,5	8	12-40	6
ЛМВ - 3600	11631	3,6	8	12-40	7
Механик -4000	12600	4	8	13,5-18	8
Сапсан-5,0	13790	5	8	13	9
Бриз-5000	11420	5	8	8-12	9
ВЭУ-5	14350	5	8	8-12	9,5
ВЭС-ЮТМ	17000	10	8	12-40	12,8
ЛМВ-10000	22497	10	8	12-40	13
ВЭУ-16/30	30000	30	8	18	22
PW- 30/14	30000	30	8	40-70	24
Муссон-ФЗО	36000	30	8	26	21
ВЭУ - 30кВт	45000	30	8	12-18	19

Годовая удельная энергия ветрового потока для Акмолинской области составляет порядка 388 кВтч/м². Ометаемая площадь же у различных ВЭУ

отлична. Для определения ометаемой площади был проведен анализ предлагаемой продукции ВЭУ в странах СНГ по стоимости, основным характеристикам и показателям. Как отмечалось, одним из основных показателей ветроустановок являются её номинальная мощность, высота башни, диаметр ветроколеса и расчетная скорость. Полученные данные по некоторым установкам сведены в таблицу 1.

График зависимости стоимости ВЭУ от номинальной мощности четко показывает прямую зависимость: чем больше мощность, тем дороже ВЭУ (рис.1).

Годовые затраты $B(P)$ при эксплуатации одного агрегата ветроэлектростанции определяются согласно методике расчетов, принятой в энергетике:

$$B(P) = aK + (Z_{cp} + П)P, \text{ у.е./год,}$$

где a — норма амортизационных отчислений от капитальных вложений K ($a=0,085$); Z_{cp} — среднегодовой фонд заработной платы ($Z_{cp}=0,0025$ тыс. у.е./кВт); $П$ — прочие затраты (0,0005 тыс. у.е./кВт); P — номинальная мощность источника, кВт.

Капитальные затраты на установку ВЭУ, как показывает практика, включают в себя стоимость установки, её перевозка и монтаж, проект и отвод земельного участка, прокладка подъездных путей и т.д. (для группы мощных ВЭУ). Исходя из таблицы 2, видно что капитальные затраты составляют от 20 до 30 % от заводской стоимости ВЭУ, эти цифры использовались для расчета годовых затрат на эксплуатацию « B ». Также для получения данных о количестве годовой выработки электроэнергии в денежном эквиваленте использовался тариф на электроэнергию в г. Астана, составляющим порядка 9,7 тг за кВтч.

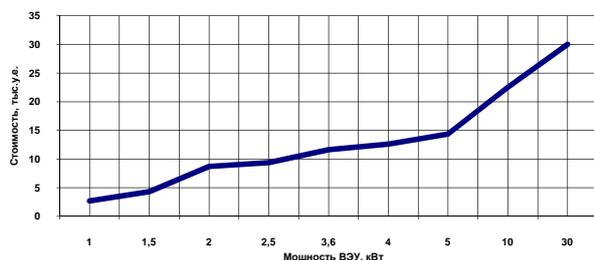


Рисунок 1. Зависимость стоимости ВЭУ от номинальной мощности

Таблица 2. Основные статьи расходов монтажа и пуска в эксплуатацию ВЭУ

Компоненты затрат	Доля общей стоимости, %	Доля в прочих затратах, %
Ветротурбина (заводская цена)	74-82	
Фундамент	1-6	20-25
Электрическое оборудование	1-9	10-15
Подключение к сети	2-9	35-45
Консалтинг	1-3	5-10
Отвод земельного участка	1-3	5-10
Финансовые затраты	1-5	5
Сооружение дороги	1-5	5-10

Далее, при рассмотрении отношения годовых затрат на эксплуатацию ВЭУ к количеству годовой выработанной электроэнергии в исходя из мощности можно построить зависимость этих двух величин (рис.2).

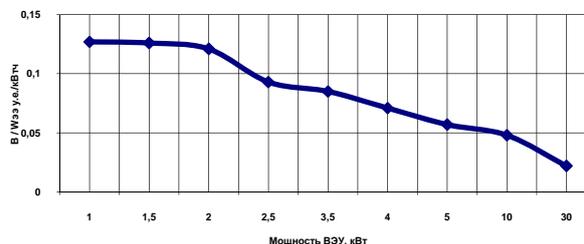


Рисунок 2. Зависимость годовых расходов и выработанной электрической энергии от мощности ВЭУ

Выводы

1. При выборе мощности ВЭУ для полного покрытия заданной нагрузки необходимо учитывать мощность ВЭУ не менее чем пятикратную, при этом годовое покрытие выработанной электроэнергией составит не менее чем трехкратную.
2. При выборе мощности ВЭУ также необходимо учесть пропорциональное снижение годовых расходов с увеличением мощности ветроустановки.
3. Полученные результаты необходимо использовать при выборе ВЭУ для потребителей Акмолинской области.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ НАНОВОЛОКНИСТОГО УГЛЕРОДА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭПОКСИДНОЙ КОМПОЗИЦИИ

Баннов А.Г.

Научный руководитель: Кувшинов Г.Г., д.т.н., проф.
Новосибирский государственный технический университет, 630092, Россия, г. Новосибирск,
пр. Карла Маркса, 20
E-mail: kuvshinov_g@mail.ru

Углеродные материалы обладают широким перечнем полезных свойств, что обеспечивает их использование во многих областях [1]. Сегодня наибольшее внимание уделяется изучению наноструктурных материалов, которые обладают довольно высокими характеристиками. К классу таких материалов относится и нановолокнистый углерод.

Нановолокнистый углерод (НВУ) представляет собой гранулы, которые образованы переплетенными между собой углеродными нановолокнами различной структуры.

В нашей работе мы использовали НВУ трех типов: НВУ-1 (структура «вложенных конусов»), НВУ-2 (структура «колода карт») и НВУ-3 (многостенные нанотрубки и цепеобразные нановолокна). Структура образцов обусловлена использованием различных катализаторов в процессе их синтеза.

По внешнему виду образцы НВУ-1 и НВУ-2 представляют собой гранулы размером 2-3 мм, образец же НВУ-3 представляет собой порошок, состоящий из отдельных «чешуек» с очень маленькой плотностью. В качестве базового образца в работе использовали НВУ-1

Также в работе использовали образцы измельченного НВУ-1/2/3. Углеродные материалы измельчались в центробежно-планетарной мельнице с использованием шаров на основе диоксида циркония. Диапазон центробежных ускорений варьировался от 10g до 20g. Продолжительность измельчения изменялась в диапазоне от 2 до 10 мин.

Для приготовления композита, углеродные образцы измельчали в агатовой ступке, либо использовали уже измельченные в шаровой мельнице образцы, которые затем смешивали с эпоксидной смолой. Далее смесь углерода и смолы подогревали, затем добавляли отвердитель. Неотвержденная композиция помещалась в муфельную печь, где отвердевала в течение 2 часов при температуре 50°C. Образец композиции шлифовали и направляли на дальнейшие исследования.

Также использовалась методика приготовления образца с использованием ультразвуковой обработки наполнителя в эпоксидной смоле. Необработанный НВУ определенной фракции смешивали с эпоксидной смолой и помещали в ультразвуковую ванну на время 20-60 мин. Облучение наполнителя проводилось при температурах от 40 до 80°C. По окончании обработки в смесь добавляли отвердитель. Методика дальнейшего приготовления ни чем не отличалась от вышеупомянутой. Добавление НВУ варьировалось в пределах от 0,5 до 25 wt.%. При оценке влияния типа и характера обработки, а также воздействия ультразвукового диспергирования, использовали образцы с одним базовым значением загрузки

наполнителя – 10 wt.%. Загрузка образца НВУ-3 была значительно ниже, чем у других образцов, т.к. этот образец обладает очень малой плотностью: такой, что добавление более 5 wt.% не позволяет получить качественный образец композиционного материала.

Изменение в морфологии и структуре НВУ до и после измельчения определялось с помощью просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ) JEM-2010.

Структурные особенности нановолокнистого наполнителя (в частности, количество дефектов) исследовались с помощью Раман-спектроскопии на приборе Т64000 «Horiba Jobin Yvon».

Зависимость удельной электрической проводимости образцов эпоксидной композиции от частоты снимались на приборе HP 4284A Precision LCR-meter, тестирующее напряжение – 10 В, диапазон частот 10 Гц – 1 МГц. Для обеспечения наилучшего контакта между держателем и образцом, на цилиндрический образец композиции наносили серебряную пасту.

На рис. 1 показана зависимость удельной проводимости эпоксидной композиции с добавлением образцов НВУ различной структуры и при использовании ультразвука.

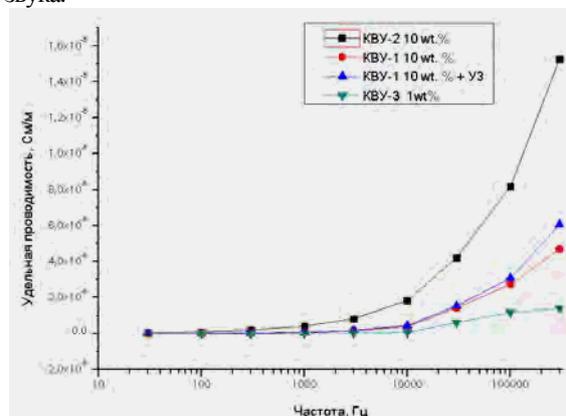


Рис. 1 Зависимость удельной проводимости эпоксидной композиции с добавлением образцов НВУ различной структуры и при использовании ультразвука.

На участке от 30 до 300 Гц материалы обладают практически одинаковой проводимостью в пределах $\sim 10^{-8}$ См/м. Далее при увеличении частоты довольно сильно возрастает проводимость КВУ-2, что может быть связано с природой самих нановолокон структуры «колода карт», либо с наличием аморфного углерода на поверхности нановолокна. Стоит отметить, что стандартно, композиции с добавлением КВУ-3 1wt.% обладают проводимостью эквивалентной образцам КВУ-1 и КВУ-2 при добавлении 10wt.%, т.к. многостенные нанотрубки

и цепеобразные нановолокна по своей природе более электропроводны.

Использование ультразвука при приготовлении композита незначительно влияет на электропроводность образцов с добавлением КВУ-1 и КВУ-2, и на порядок улучшает проводимость композита с КВУ-3 в области высоких частот. Но оценить причину данного эффекта достаточно сложно т.к. имеет место наложение факторов. В результате ультразвуковой обработки длина нановолокон уменьшается, они разбиваются на более короткие, на поверхности волокон образуются структурные дефекты и аморфный углерод. Вероятнее всего повышение электропроводности в области высоких частот также связано с образованием аморфного углерода на поверхности волокон.

Применение шарового измельчения изменяет морфологию углеродных нановолокон и улучшает проводимость композиции. На рис. 2 показана зависимость удельной проводимости от частоты при измельчении с различными ускорениями в сравнении с исходным образцом.

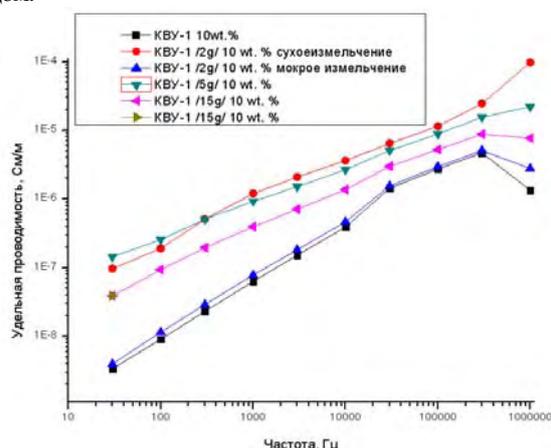


Рис. 2 Удельное сопротивление композитов при добавлении измельченного НВУ (продолжительность измельчения – 2 минуты).

Удельная проводимость композиции с добавлением измельченного НВУ выше в сравнении с исходным образцом НВУ-1. Вместе с тем, наибольшая проводимость наблюдается при малых ускорениях, затем данная характеристика начинает снижаться, но все равно значения остаются выше, в сравнении с добавлением исходного образца углеродных нановолокон.

При шаровом измельчении НВУ значительно сокращается длина волокон, конечный материал представляет собой сгустки, состоящие из коротких нановолокон. Растет доля дефектных волокон, и доля аморфной фазы, вместе с тем увеличивается и удельная поверхность. Увеличение проводимости во всем диапазоне частоты можно связать с более равномерным распределением коротких нановолокон по объему эпоксидной матрицы, которые могут создавать более развитую проводящую сеть. Также добавление коротких нановолокон с некоторым количеством аморфного углерода в матрицу может увеличивать число контактов в трехмерной системе эпоксидная смола-наполнитель.

На рис.3 показаны снимки измельченного НВУ-1 полученные с помощью просвечивающей микроскопии.

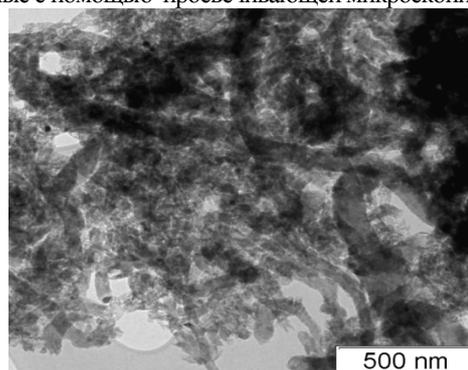


Рис.3 ПЭМ-снимки измельченного НВУ-1

Увеличение числа дефектов до и после обработки можно оценить по отношению интенсивностей пиков D и G на спектрах углеродных образцов полученных с помощью Раман-спектроскопии (таблица 1)

Таблица 1 – Сравнение интенсивностей пиков D и G исходного и измельченного образца НВУ-1.

№	Наименование образца	I(D)/I(G)
1	Исходный НВУ-1	1,007
2	Измельченный НВУ-1 (15 g/ 2мин.)	1,311

Налицо значительное увеличение числа дефектов.

Хотелось бы отметить следующее: наибольшую электропроводность показывают композиции с добавлением НВУ-3. Увеличение проводимости в области высоких частот можно связать с наличием аморфного углерода в материале.

При использовании измельчения важно выбирать «мягкие» условия воздействия на материал, что обеспечит наибольшее улучшение электропроводности композиции. Более продолжительное измельчение сильно разрушает нановолокна и ухудшает их свойства.

Использование необработанных и измельченных углеродных нановолокон различных типов позволит получить широкий спектр материалов с заданной величиной электропроводности, которые могут широко использоваться в областях защиты от электромагнитного излучения и в производстве анти-электростатических покрытий [2].

Литература

1. Gary G. Tibbetts, Max L. Lake, Karla L. Strong, Brian P. A review of the fabrication and properties of vapor-grown carbon nanofiber/polymer composites. Rice. Composites Science and Technology 67 (2007) 1709–1718.
2. M. Moniruzzaman and Karen I. Winey. Polymer Nanocomposites Containing Carbon Nanotubes. Macromolecules 39 (2006) 5194-5205.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВА

Борозна В.Ю.

Научный руководитель: Клименов В.А., д.т.н., профессор
Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета, 652050,
Россия, г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: Borozna2@rambler.ru

Обработка деталей машин поверхностным пластическим деформированием является одним из наиболее простых и эффективных методов упрочнения. Поверхностное пластическое деформирование повышает усталостную прочность, контактную выносливость и износостойкость деталей и тем самым увеличивает долговечность машин и оборудования. В результате поверхностного деформирования изменяются микроструктура и физико-механические свойства верхнего слоя металла: повышается его твердость и прочность, возникают благоприятные сжимающие остаточные напряжения. Шероховатость поверхности становится ниже [1-2].

В качестве обрабатываемого материала был выбран технически чистый титан марки ВТ1-0 в состоянии поставки с пластинчатой α – фазой (состав, % масс.: 99,58 Ti; 0,12 O; 0,18 Fe; 0,07 C; 0,04 N; 0,01H). Обработке подвергали заготовки в форме цилиндра диаметром 40 мм.

В данной работе для повышения функциональных свойств поверхностного слоя использовалась интенсивная пластическая деформация по средствам ультразвуковой поверхностной обработки. Для этого в резцедержатель станка устанавливали специальный ультразвуковой ударный инструмент (Рис.1).

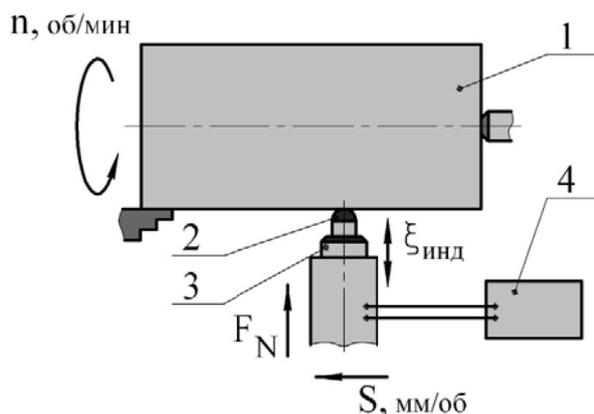


Рис.1. Схема ультразвуковой поверхностной обработки: 1 – обрабатываемая деталь, 2 – шарик из твердого сплава, 3 – магнитострикционный преобразователь, 4 – ультразвуковой генератор.

Индентор под действием статической и динамической силы, создаваемой колебательной системой, пластически деформирует поверхностный слой детали, предварительно обработанный резанием. Обработка поверхности детали производится

твердосплавным индентором, колеблющимся с ультразвуковой частотой. В зоне локального контакта индентора с обрабатываемой поверхностью возникает очаг пластической деформации, который перемещается вместе с индентором.

Поскольку, формирующийся в результате ультразвуковой обработки, поверхностный слой материала с микрокристаллической структурой является весьма не устойчивым к повышению температуры, то для определения температуры нагрева поверхности в зоне пластической деформации и регистрацию температурных полей осуществляли с помощью тепловизора ThermoCAM P65HS фирмы FLIR. Съемку проводили на протяжении времени одного прохода с частотой 5 кад/сек (Рис.2).

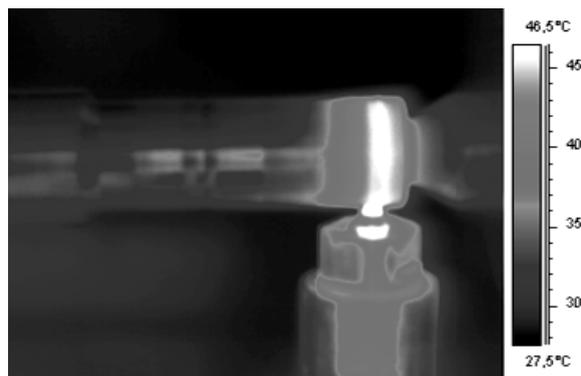


Рис.2. Температурное поле в зоне пластической деформации.

Анализ полученных температурных полей показал, что температура нагрева поверхности в зоне пластической деформации не превышает 50 °C, а при удалении от очага деформации уменьшается вплоть до комнатной температуры.

Результат измерения поверхностной микротвердости образцов после ультразвуковой обработки показал значительный разброс ее средней величины в интервале от 3200 МПа до 4000 МПа в зависимости от формы и размеров гребней шероховатости. При этом среднее значение поверхностной микротвердости образцов до ультразвуковой обработки составляло 2400 МПа.

Прирост поверхностной микротвердости происходит с увеличением шероховатости поверхности перед ультразвуковой обработкой а, следовательно, с увеличением степени деформации (Рис.3).

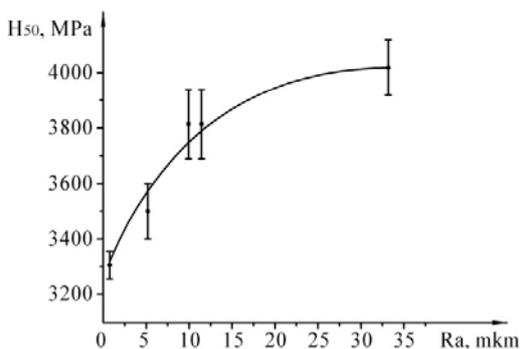


Рис.3. Зависимость поверхностной микротвердости от исходной шероховатости.

Металлографические исследования доказывают большое влияние ультразвуковой поверхностной обработки на структуру поверхностного слоя (Рис.4). Из рисунка видно, что ультразвуковая обработка приводит к модифицированию поверхностного слоя на толщину равную около 100 мкм. А так же при больших степенях деформации и высокой мощности обработки приводит к образованию поверхностных дефектов в виде отслоений.

Рис.4. Металлографическое изображение поверхно-



стного слоя.

Увеличение значений микротвёрдости в обработанных ультразвуком слоях свидетельствует как об измельчении зёрен, повышении дефектности зёрненной структуры, так и формировании напряжений сжатия в поверхностных слоях.

Об увеличении степени дисперсности зеренной структуры с повышением микротвердости также свидетельствуют результаты электронно-микроскопического исследования (Рис.5,6).

Средний размер элементов субзеренной структуры образца, имеющего поверхностную микротвердость 3200 МПа составляет 200 нм, а средний размер элементов субзеренной структуры образца, имеющего поверхностную микротвердость 4000 МПа составляет 100 нм. Границы зерен являются несовершенными, поскольку большинство из них не имеет полосчатого контраста. На картине микродифракции наблюдается большое количество рефлексов, расположенных по концентрическим окружностям. Наличие азимутального размытия рефлексов

свидетельствует о больших внутренних напряжениях.

Рис.5. Светлопольное изображение и картина микродифракции образца с микротвердостью 3200 МПа

Рис.6. Светлопольное изображение и картина микродифракции образца с микротвердостью 4000 МПа.

В результате проведенных исследований показано, что ультразвуковая обработка титана марки ВТ1-0 приводит к модифицированию поверхностного слоя с формированием субмикроструктурного строения и повышением поверхностной твердости до 4000 МПа. Степень дисперсности структуры и повышение поверхностной твердости существенно зависит от параметров шероховатости предварительной обработки. Установлено, что температура, выделяемая в зоне пластической деформации, не является критичной, поскольку ее значение намного ниже температуры рекристаллизации зерна.

Литература:

1. Валиев Р. З., Александров И. В. Наноструктурные материалы, полученные методом интенсивной пластической деформации. – М.: Логос, 2000. – 272 с.
2. Клименов В. А., Нехорошков О. Н., Уваркин П. В., Иванов Ю. Ф. Ультразвуковая финишная обработка как метод получения нанокристаллических структур //Физикохимия ультрадисперсных (нано-) систем. Материалы VI Всероссийской (международной) конференции. М.: МИФИ.– 2002 – С 168.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Волошин И.Н., Тлеуов А.Х.

Научный руководитель: Тлеуов А.Х., д.т.н., профессор

Казахский агротехнический университет им.С.Сейфуллина, 010000, Казахстан, г. Астана, пр. Победы, 62

E-mail: c.gylnara68@mail.ru

Разработка полностью автономной эффективной энергоустановки, использующей в качестве первичных источников энергии солнечную и ветровую энергию, связана с поиском и обоснованием ее оптимальной конфигурации и состава с учетом реальных климатических условий эксплуатации, характеристик используемого оборудования, а также особенностей потребителя, включая ожидаемые переменные графики потребления энергии. Критерием оптимальности должна быть минимальная стоимость энергоустановки при гарантированном энергообеспечении потребителя.

Основное направление данного исследования лежало в плоскости изучения модели функционирования системы на основе данных полученных расчетным путем.

Моделирование процесса управления КСАЭТС в среде Freelance 2000

Процесс моделирования основывался на данных полученных в программе «Расчет систем солнечного теплоснабжения и горячего водоснабжения (СТС)», созданной специально для моделирования режимов работы СТС, получения и обработки теоретических данных и их дальнейшего практического применения в проектировании и расчете гелиоустановок. На основе решения задач в данной программе были получены метеорологические данные поступления суммарной солнечной радиации применительно к Акмолинской области, которые были взяты за основу модели построения автоматизированной системы управления энергообеспечения

В состав рассматриваемой системы энергообеспечения (КСАЭТС) входят первичные источники энергии: ветрогенератор, солнечные коллектора и тепловой насос, выработка энергии которыми, как правило, не совпадает с графиками потребления электрической и тепловой энергии потребителем. В этой ситуации ключевым компонентом автономной системы является система аккумулирования, преобразования и вторичной генерации энергии. Для обеспечения наиболее эффективного преобразования первичных видов энергии и удовлетворения нужд потребителя энергоустановка должна быть снабжена «умной» системой автоматического управления. В процессе теоретический анализ существующих систем автоматизированного управления процессами необ-

ходимо обосновать создание АСУ КСАЭТС, которое определяется потребностью и уровнем развития науки и техники. Критериями следует принять: экономическую целесообразность внедрения и затраты на эксплуатацию.

Упрощенная структура такой системы изображена на рисунке 1.

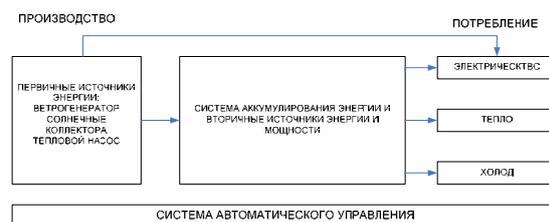


Рисунок 1 – Структура автоматизированной системы управления энергообеспечения с использованием возобновляемых источников энергии.

Существующие процессы условно можно разделяют на две группы: первая - процессы, происходящие в технических системах; вторая – процессы, происходящие в организационных системах. Процессы, происходящие в любых системах управления, описываются:

основными характеристиками процесса; общими требованиями к алгоритмам процесса; распределение алгоритма процесса на подсистемы; декомпозицией алгоритма подсистемы; временной диаграммой; надежностью и достоверностью работы системы и уровня автоматизации.

Для построения АСУ процессом необходимо разработка: структуры управляющей системы и её вычислительных средств; оценка деления системы на части; построение связи в управляющих системах; определение требований к достоверности информации и контролю системы и её частей; оценка условий обслуживания систем.

В качестве технических средств АСУ КСАЭТС следует рассматривать: источники информации; исполнительные устройства; средства управления автоматизированной системой; системы питания АСУ КСАЭТС; характеристики конструкций.

Для практического использования разрабатываемой системы АСУ необходимо провести следующие исследования:

- Совместимости аппаратуры управления выпущенными различными производителями.

- Создания эффективного взаимодействия между контроллерами и устройствами различных фирм.
- Мировые стандарты в области АСУ КСЭТС
 - Мировой опыт в данной области
 - Исследование факторов влияющих на надежность АСУ КСЭТС
 - Разработка методов безопасной эксплуатации КСЭТС
 - Изучение аварийных и ненормальных процессов протекающих в КСЭТС и определение правил и норм безопасного выхода из данных ситуаций посредством АСУ КСЭТС (ПАЗ).
 - Построение программных моделей для различных систем автономного энергоснабжения
 - Создание программной симуляции взаимодействия подсистем КСЭТС и возможностью взаимодействия на процесс через пользовательских интерфейс.
 - Проверка выведенных правил на программной модели.
 - АСУ КСЭТС должна быть легко изменяема, как в аппаратном, так и в программном отношении.

Для согласования источников энергии с потребителями используются различные методы управления. Из изложенного выше следует, что в энергосистемах с возобновляемыми источниками энергии можно использовать три метода управления, основанные на сбросе излишков энергии, аккумулировании энергии и изменении нагрузки. (Рисунок 2)

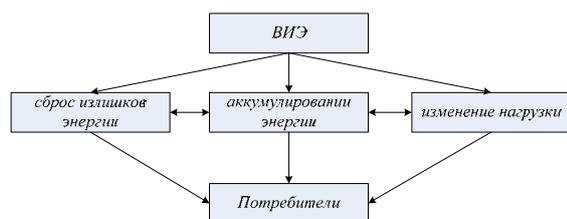


Рисунок 2 – Схема методов управления энергетическими потоками от ВИЭ к потребителям

Эти методы могут быть реализованы различными способами применительно ко всей энергосистеме или ее частям.

1. Система со сбросом излишков энергии. Потоки энергии возобновляемых источников существуют постоянно, и если их не использовать, они будут безвозвратно потеряны. Тем не менее, метод управления, основанный на сбросе части этой энергии, может оказаться самым простым и деше-

вым. Такой метод управления используется, например, на гидроэлектростанциях, в системах обогрева зданий солнечным излучением с управляемыми заслонками, в ветроколесах с изменяемым шагом (Рисунок 3).

2. Системы с накопителями (аккумуляторами) энергии. Накопители могут аккумулировать энергию возобновляемых источников как в ее исходном, непретворенном виде (например, аккумуляторы с горячей водой, аккумулирующее вещество - вода или полости с крупнодисперсным веществом, аккумулирующее вещество - воздух), так и в преобразованном, после энергоустановки (аккумуляторные батареи).

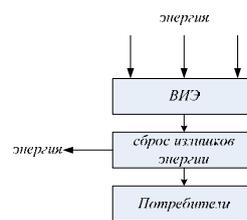


Рисунок 3 – Система управления со сбросом излишек энергии

3. Системы с регулированием нагрузки. Такие системы поддерживают соответствие между спросом и предложением энергии за счет включения и выключения необходимого числа потребителей. Такое регулирование может применяться в любых системах, но наиболее выгодно оно при наличии большого числа разнородных потребителей (Рисунок 4).

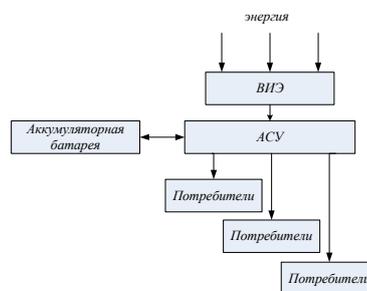


Рисунок 4 – Система регулирования нагрузки

Современные системы автономного энергоснабжения, уже в своем составе, как правило, содержат специализированные микроконтроллеры, которые предназначены для решения только узкоспециализированных задач, связанных с контролируемым процессом (например - ветрогенератор). Как правило, КСЭТС имеет в своем составе не только несколько источников даровой электроэнергии, но и целый комплекс систем жизнеобеспечения объекта.

ГИГАНТСКИЙ МАГНИТНЫЙ ИМПЕДАНС КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНЫХ ПЛЕНОЧНЫХ НАНОСТРУКТУР

Волчков С. О., Курляндская Г. В., Васьковский В.О.

Уральский государственный университет, 620000, Россия, г. Екатеринбург, пр. Ленина, 51

E-mail: stanislav.volchkov@usu.ru

Магнитный импеданс (МИ) – это эффект изменения комплексного сопротивления, Z , (как действительной, R , так и мнимой части, X) ферромагнитного проводника под действием внешнего квазистатического магнитного поля. Магнитный импеданс был открыт в FeNi проволоках, полученных методом волочения еще в 1937 г. и интерпретирован в терминах классической электродинамики как разновидность скин-эффекта в условиях вариации магнитной проницаемости проводника под воздействием внешнего магнитного поля [1]. В 1994 году было обнаружено, что в некоторых магнитомягких материалах относительное изменение импеданса превышает 100% в сравнительно малых магнитных полях (менее 1-10 Э) [2]. Такая разновидность МИ получила название «Гигантский магнитный импеданс» (ГМИ). Чувствительность ГМИ к внешнему магнитному полю на сегодняшний день достигает 500%/Э, что превышает чувствительность всех других известных эффектов. ГМИ вызвал существенный практический интерес как физическая основа высокочувствительных сенсоров магнитного поля, применяемых в датчиках позиционирования, микроперемещений, регистрации слабых магнитных полей в биомедицине [3]. Возможность использования ГМИ как дополнительного метода исследования ферромагнитных структур все более входит в повседневную научно-исследовательскую практику.

В данной работе была установлена связь гигантского магнитного импеданса с магнитными свойствами композитных пленочных наноструктур с варьируемыми геометрическими параметрами.

Пленочные структуры были получены методом высокочастотного ионно-плазменного распыления в атмосфере Ag с использованием масок. Однородное магнитное поле напряженностью 100 Э обеспечивало создание плоскостной магнитной анизотропии с ОЛН, ориентированной перпендикулярно длинной стороне элементов. Образцы представляли собой трехслойные элементы FeNi/Cu/FeNi длиной 10 мм. Варьировались либо ширина ферромагнитного слоя при постоянной ширине немагнитного слоя, либо ширина немагнитного слоя (при замкнутом или незамкнутом магнитном потоке). Поверхностные петли магнитного гистерезиса измерялись с помощью магнитооптического эффекта Керра. Магнитную доменную структуру исследовали с помощью метода порошковых фигур Акулова-Биттера в нулевом магнитном поле. Продольный МИ был измерен методом импедансного спектрального анализа с использованием линии типа «микрострайп» и высокочастотной схемотехники. МИ отношения определялись следующим

образом: $\Delta Z/Z = (Z(H) - Z(H_{\max} = 150 \text{ Э}))/Z(H_{\max})$; $\Delta R/R = (R(H) - R(H_{\max} = 150 \text{ Э}))/R(H_{\max})$. Максимальное значение $\Delta Z/Z(H)$ для каждой частоты, f , определялось как $\Delta Z/Z_{\max}$.

Были исследованы магнитные свойства и ГМИ пленочных структур Fe₁₉Ni₈₁/Cu/Fe₁₉Ni₈₁ при вариации ширины ферромагнитного слоя (w) от 12 до 3 мм. При уменьшении ширины пленочной структуры до 1 мм ожидается существенное увеличение величины ГМИ эффекта (рис. 1), что связано с особенностям перемагничивания пленочного элемента. Важно отметить существование эффекта ГМИ, отличного от нуля (13% для 500 МГц) в структуре FeNi/FeNi толщиной 350 нм, полученного с помощью технологии с разгерметизацией камеры.

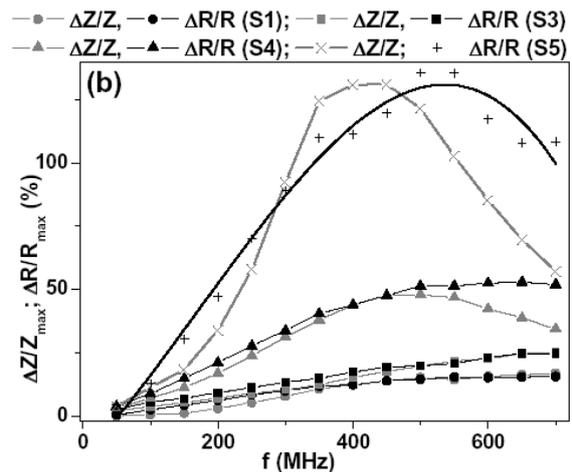


Рис. 1. Частотные зависимости максимальных значений ГМИ для экспериментальных образцов S1 ($w=12$ мм), S3 ($w=6$ мм), S4 ($w=3$ мм) и модельного образца S5 ($w=1$ мм).

На следующем этапе были исследованы магнитные свойства, магнитная доменная структура и ГМИ Fe₁₉Ni₈₁/Cu/Fe₁₉Ni₈₁ пленочных структур при вариации ширины немагнитного слоя от 0.2 до 0.5 мм (элементы с замкнутым и незамкнутым магнитным потоком). Форма продольных петель гистерезиса элементов с замкнутым магнитным потоком (рис. 2(a)) оказалась более сложной при комплексном типе эффективной магнитной анизотропии. Поверхностная магнитная доменная структура выявлялась по всей поверхности образца с незамкнутым магнитным потоком.

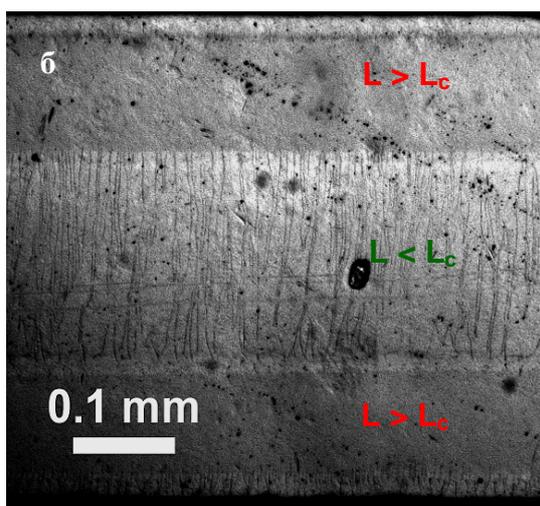
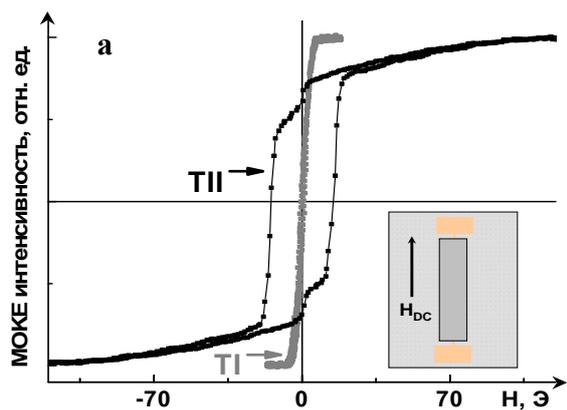


Рис. 2 (а) Петли магнитного гистерезиса для образцов с замкнутым(ТІ) и незамкнутым(ТІІ) магнитным потоком. (б)Магнитная доменная структура элемента с замкнутым магнитным потоком .

Для образца с замкнутым магнитным потоком характерно существование двух четко разграниченных областей, соответствующих участкам структуры типа FeNi/FeNi находящихся в «закритическом» состоянии с мелкой доменной «страйп-структурой» и FeNi/Cu/FeNi, где векторы спонтанной намагниченности лежат в плоскости пленки (рис 2(б)). Оценка критической толщины пермаллоя подтвердила факт формирования закритического состояния в FeNi/FeNi областях. Несмотря на то, что структура ТІІ кажется более магнитооднородной с точки зрения циркуляции магнитного потока, наличие объемов образца, находящихся в закритическом состоянии усложняют процессы ее перемагничивания.

Анализ особенностей кривых намагничивания и магнитной доменной структуры указывает на различия в магнитных свойствах и магнитной анизотропии пленочных элементов ТІ и ТІІ типов, которые отражаются на особенностях эффекта ГМИ (рис. 3(а)). Частотные зависимости ГМИ-отношения элементов с замкнутым магнитным потоком для частот выше 150 МГц и элементов с

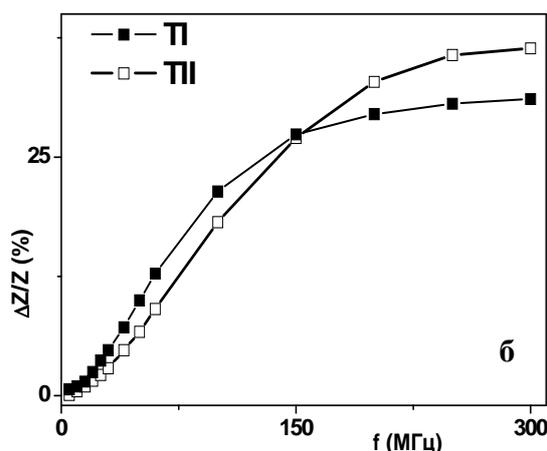
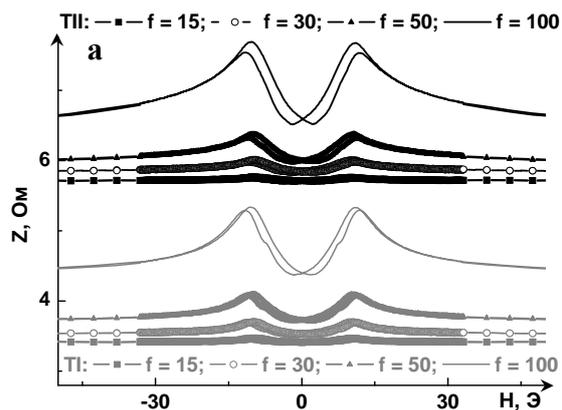


Рис. 3. (а) Полевые зависимости абсолютного значения импеданса пленочных элементов типов ТІ и ТІІ. Частоты указаны в МГц. (б) Экспериментальная частотная зависимость максимальной величины $\Delta Z/Z_{max}$ для элементов ТІ и ТІІ.

незамкнутым магнитным потоком для частот выше 200 МГц характеризовались тенденцией к насыщению (рис. 3(б)) Частотные зависимости, полученные с помощью моделирования методом конечных элементов коррелируют с экспериментальными.

Авторы выражают благодарность Свалову А. В и Лепаловскому В.Н. за помощь в проведении исследований.

Список литературы

1. E. P. Harrison, G. L. Turney, H. Rowe and H. Gollop, An impedance magnetometer "Proc. Roy. Soc." // Vol. CLVII.-A.- 1936.- p.451
2. L. V. Panina, K. Mohri, K. Bushida, and M. Noda Giant magnetoimpedance and magnetoinductive effects in amorphous alloys// J.Appl. Phys. - 1994.-V. 76.- 6198
3. G.V. Kurlyandskaya, D. de Cos, S.O. Volchkov, S.O. Magnetosensitive Transducers for Non-destructive Testing Operating on the Basis of the Giant Magnetoimpedance Effect. A Review// Russian Journal of Non-destructive testing.-2009.- V. 45.- 377.

ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ НАНОВОЛОКНИСТОГО УГЛЕРОДА

Городилова Е.В., Баннов А.Г., Варенцов В.К.

Научный руководитель: Кувшинов Г.Г., д.т.н., профессор

Новосибирский Государственный Технический Университет, 630092, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

E-mail: kuvshinov_g@mail.ru

В последнее время большинство исследователей концентрируют свое внимание на изучении углеродных наноструктурированных материалов. К настоящему времени синтезировано множество аллотропных модификаций углерода, одной из которых являются углеродные нановолокна (УНВ).

Материал представляет собой нитевидные наночастицы без протяженных внутренних полостей. В зависимости от типа и формы катализатора, на котором происходит рост УНВ, могут образовываться волокна различной структуры. В нашей работе использовался нановолокнистый углерод со структурой вложенных конусов, полученный каталитическим пиролизом углеводородов.

Благодаря своим свойствам нановолокнистый углерод имеет множество разнообразных применений, в частности он может использоваться в качестве наполнителя для композиционных материалов и как промышленный катализатор во многих химических процессах [1]. Для большинства применений необходимо наличие большого числа функциональных групп на поверхности нановолокон. Однако изначально нановолокнистый углерод содержит незначительное количество поверхностных групп. Одним из путей решения данной проблемы является функционализация УНВ.

Функционализация – это присоединение к поверхности волокон различных функциональных групп. Функционализацию можно осуществлять с помощью химической и электрохимической обработок. Основными видами химической ковалентной функционализации являются реакции окисления, фторирования и амидирования, хотя существуют и другие виды [2]. Используя УНВ как катод или анод электрохимической ячейки, можно провести восстановление или окисление молекул на поверхности волокон и обеспечить ковалентную связь образовавшихся радикалов с поверхностью.

В нашей работе проводилась химическая обработка УНВ азотной кислотой и электрохимическая обработка УНВ в растворе серной кислоты.

Исследование химического состава приповерхностных слоев углеродных материалов проводилось методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) на электронном спектрометре SPECS (Германия). Спектрометр был оснащен полусферическим анализатором RHOIBOS-150, рентгеновским монохроматором FOCUS-500 и источником характеристического излучения XR-50M с двойным Al/Ag анодом.

Изменение морфологии и структуры функционализированных УНВ определялись с помощью просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ) JEM 2010.

Структурные особенности исходных и обработанных образцов (отношение количества дефектов к углероду с упорядоченной структурой) исследовались с помощью

Раман-спектроскопии на приборе T64000 «Horiba Jobin Yvon».

Также исследовалось влияние функциональности поверхности на термоокислительную стабильность эпоксидных композиционных материалов при добавлении к ним обработанных УНВ. УНВ смешивались с эпоксидной смолой и отвердителем ПЭПА. Показатель термоокислительной стабильности эпоксид-углеродных композиций определяли на приборе Netzch STA 449 C при окислении образца в среде кислорода и азота.

Методом РФЭС были исследованы следующие образцы: № 1 – необработанные УНВ, № 2 – УНВ, обработанные 6M раствором HNO_3 , № 3 – УНВ, обработанные электрохимически в разбавленном растворе H_2SO_4 . В обзорных спектрах первых двух образцов наблюдаются лишь линии, соответствующие углероду и кислороду, а в спектре третьего образца были обнаружены линии, соответствующие сере (Таблица 1). Других элементов обнаружено не было.

Таблица 1. Относительное содержание кислорода, серы и углерода в исследованных образцах.

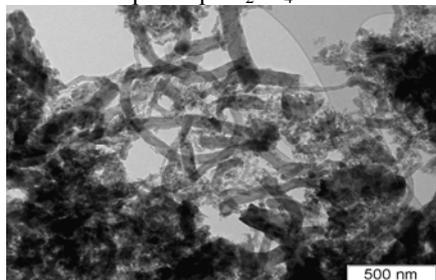
Образец	C (sp^2)	C (sp^3)	[S]/[C]	[O]/[C]
1	284,65 (76,7 %)	285,21 (12,9 %)	–	0,033
2	284,65 (78,9 %)	285,25 (13,0 %)	–	0,043
3	284,53 (81,5 %)	285,14 (10,5 %)	0,0016	0,062

Спектры C1s исследованных образцов содержат интенсивный пик в районе 284,53-284,65 эВ с небольшим плечом в области больших энергий связи. Спектры хорошо описываются 5 компонентами. Первый пик в районе 284,53-284,65 эВ соответствует углероду в sp^2 -гибридизации, второй пик в районе 285,14-285,25 эВ соответствует углероду в sp^3 -гибридизации (связи C-C и C-H). Три остальных пика соответствуют углероду химически связанному с кислородом. Их можно отнести к эфирным, спиртовым и кетонным группам [3].

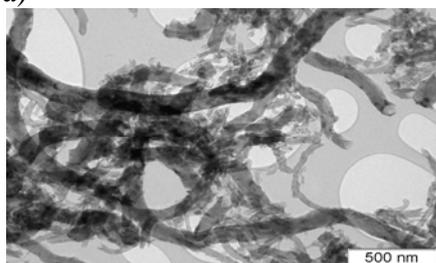
Стоит отметить, что после обработки увеличивается отношение количества поверхностных атомов углерода в sp^2 -гибридизации к sp^3 -гибридизованным атомам, что можно связать с удалением аморфного углерода с поверхности нановолокон. Электрохимически обработанный образец № 3 отличается от образцов № 1 и № 2 большим содержанием углерода в sp^2 -гибридизации и меньшим содержанием CO_x -фрагментов. Однако содержание кислорода в образце № 3 по сравнению с другими образцами самое высокое. Это связано с наличием сульфатных групп. Так в спектрах образца № 3 S2p и O1s наблюдаются пики с максимумами при 168,4 эВ и 532,5

эВ, соответственно, которые можно отнести к сере и кислороду в составе сульфатных групп.

На Рис. 1 представлены снимки, полученные на просвечивающем электронном микроскопе, для образца, обрабатываемого 6М HNO_3 , и обрабатываемого электрохимически в растворе H_2SO_4 .



а)



б)

Рис. 1. Микрофотографии ПЭМ:

а) образец УНВ, обработанный 6М HNO_3 ;

б) образец УНВ, обработанный электрохимически.

На этих фотографиях видно, что под действием азотной кислоты волокна сильно разрушаются, образуется большое количество сгустков, состоящих из разрушенных коротких волокон. Относительно целыми остаются только волокна с большим диаметром. При электрохимической обработке волокна практически не разрушаются, сгустков не образуется. А так как во многих случаях длину волокон необходимо сохранять, то электрохимическая обработка является предпочтительной.

На Раман-спектрах образцов нановолокон наблюдается два характерных пика: D-пик (с максимумом в районе 1325 см^{-1}) и G-пик (с максимумом в районе 1580 см^{-1}) (рис. 2).

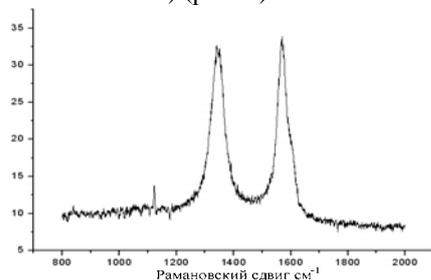


Рис. 2. Раман-спектр необработанного образца нановолокнистого углерода.

Количество дефектов можно оценить по отношению интенсивностей этих двух пиков: $I(D)/I(G)$. Это соотношение может включать в себя наличие

кислородсодержащих функциональных групп, зависящих от параметров процесса химической обработки. В таблице 2 приведено сравнение отношения интенсивностей для необработанных и электрохимически обработанных УНВ.

Таблица 2. Сравнение $I(D)/I(G)$ для образцов УНВ.

№	Наименование образца	$I(D)/I(G)$
1	Необработанные УНВ	1,007
2	УНВ, обработанные электрохимически в растворе H_2SO_4	1,239

Количество дефектов, образующихся в результате электрохимической обработки в разбавленном растворе серной кислоты, сравнимо с простой химической обработкой в концентрированной азотной кислоте и в смесях концентрированных серной и азотной кислот.

Обычно после обработки УНВ различными окислителями теряется значительная часть образца, поэтому очень важно подобрать наиболее эффективный процесс окисления для обеспечения достаточного количества функциональных групп и наибольшего выхода углеродного материала. При использовании химической обработки в разбавленных растворах азотной и серной кислот данная величина варьируется в пределах от 70-85 %, при использовании концентрированных азотной и серной кислот и их смесей выход УНВ после обработки составляет 40-60%. При использовании электрохимической обработки УНВ потерь практически не происходит и выход материала достигает 98-99%.

При добавлении обработанных УНВ в эпоксидную смолу термоокислительная стабильность композиции улучшается, причем она тем выше, чем больше функциональных групп на поверхности нановолокон и больше удельная поверхность образца.

Следует отметить, что электрохимическая обработка помимо образования функциональных групп на поверхности УНВ, может использоваться также для избирательного прививания конкретных функционалов к поверхности углеродных нановолокон, что может значительно расширить область применения данных материалов.

Литература

1. Gary G. Tibbetts, Max L. Lake, Karla L. Strong, Brian P. Rice. A review of the fabrication and properties of vapor-grown carbon nanofiber/polymer composites. *Composites Science and Technology* 67 (2007) 1709–1718.
2. Priya V. Lakshminarayanan, Hossein Toghiani, Charles U. Pittman Jr. Nitric acid oxidation of vapor grown carbon nanofibers. *Carbon* 42 (2004) 2433–2442.
3. Jing-Hong Zhou, Zhi-Jun Sui. Characterization of surface oxygen complexes on carbon nanofibers by TPD, XPS and FT-IR. *Carbon* 45 (2007) 785–796.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЁРДОКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОМ ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Ефимова К.Б., Шипилова А.В.

Научный руководитель: Сочугов Н.С., к. ф.-м. н.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: ksunchik001@mail.ru

Топливные элементы представляют собой принципиально новый и фундаментально отличный тип электрохимических устройств получения электрической энергии. В настоящее время довольно большое внимание уделяется созданию, исследованию и усовершенствованию таких высокотехнологичных устройств. На рисунке 1 приведена схема работы твёрдооксидного топливного элемента.

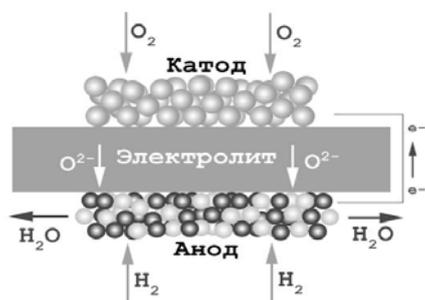


Рис. 1. Схема работы твёрдооксидного топливного элемента.

Целью работы явилось исследование и сравнение характеристик двух топливных ячеек с тонкоплёночным электролитом, полученным магнетронным распылением. Исследования проводились методом импедансной спектроскопии. Данный метод заключается в следующем. На топливный элемент подают переменное напряжение (определённой амплитуды) и регистрируют протекающий переменный ток. Измерительный прибор вычисляет импеданс. Прибор последовательно изменяет частоту переменного напряжения в заданном диапазоне частот и измеряет импеданс при каждой частоте. Выходными данными является набор частот, при которых проводились измерения. Для каждой частоты имеется значение импеданса (значение мнимой и действительной части импеданса). Строится спектр импеданса, причём каждая точка спектра соответствует определённой частоте переменного напряжения. Анализ спектров импеданса позволяет определить сопротивление электролита и сопротивления переноса заряда и проанализировать факторы, влияющие на эти характеристики.

Экспериментальные топливные ячейки сформированы на анодной базе. В таблице 1 приведено описание топливных ячеек. При изготовлении топливной ячейки 2 предварительно осуществлялась импульсная электронно-пучковая обработка (ЭПО) системы «пористый анод – подслой электролита». Обработка электронным пучком $ZrO_2:Y_2O_3$ тонкого подслоя на первом этапе форми-

рования пленки электролита приводит к переплавлению системы «пористый анод – подслой электролита», в результате чего на поверхности анодной подложки образуется плотный слой сплава Ni с $ZrO_2:Y_2O_3$, имеющий гладкую поверхность. Как показано в [1], применение ЭПО позволяет уменьшить газопроницаемость и улучшить электрические характеристики топливных ячеек.

Таблица 1. Описание топливных ячеек.

	Топливная ячейка 1	Топливная ячейка 2
Анод	Ni- $ZrO_2:Y_2O_3$	Ni- $ZrO_2:Y_2O_3$
Электролит	$ZrO_2:Y_2O_3$ 5,1 мкм	$ZrO_2:Y_2O_3$ 0,35 мкм + ЭПО (0,8 Дж/см ² , 2 импульса с нагревом до 700 С) + $ZrO_2:Y_2O_3$ 2,75 мкм
Катод	$La_{0,7}Sr_{0,3}MnO_3$	$La_{0,7}Sr_{0,3}MnO_3$

Измерения проводили в специальном устройстве – ProboStatTM фирмы NorECs. Схема измерений импеданса топливной ячейки представлена на рисунке 2.

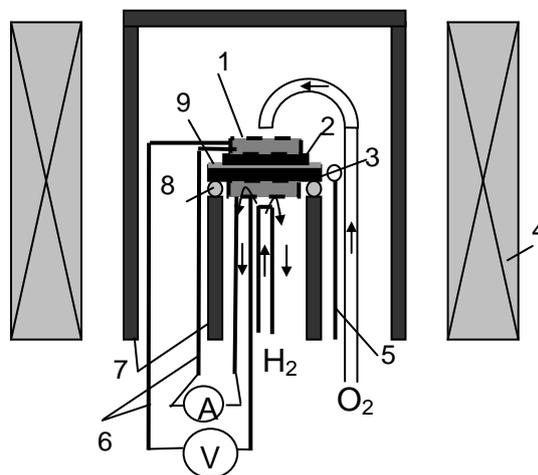
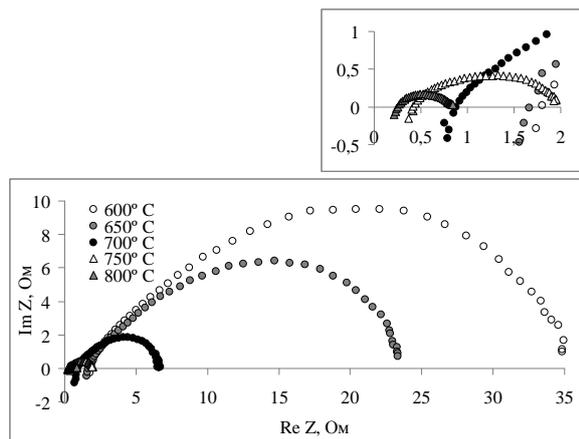


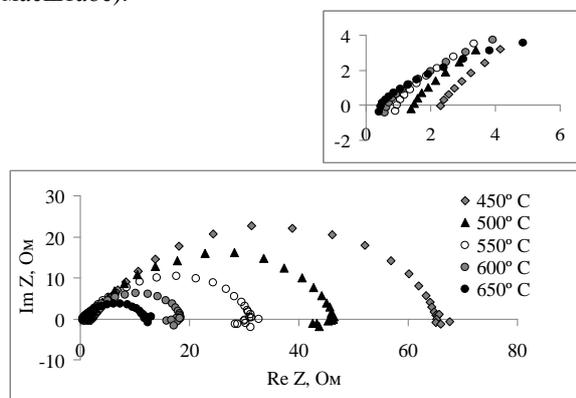
Рис. 2. Схема измерений импеданса топливной ячейки: 1 – платиновая сетка, 2 – катод, 3 – анод, 4 – рабочий объем печи, 5 – термопара, 6 – платиновые провода, 7 – алюминиевые трубки для установки образца, 8 – анодное уплотнение, 9 – электролит.

Результаты измерений импеданса топливных ячеек 1 и 2 при различных температурах приведены на рисунках 3 и 4 соответственно.



T, °C	600	650	700	750	800
ВЧ отсечка, Ом	1,8	1,7	0,9	0,4	0,25

Рис.3. Спектры импеданса топливной ячейки 1, полученные в диапазоне температур 600°-800° (вставка – высокочастотная область в увеличенном масштабе).



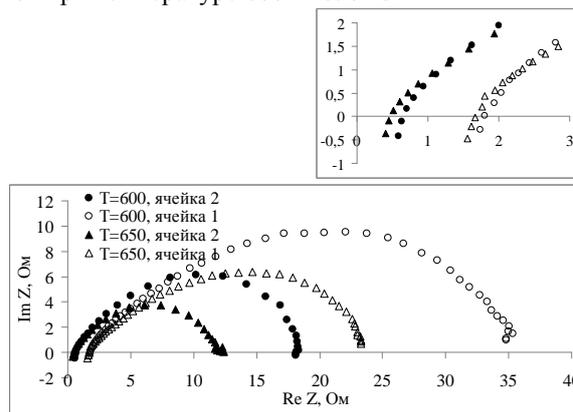
T, °C	450	500	550	600	650
ВЧ отсечка, Ом	2,4	1,5	1	0,7	0,5

Рис.4. Спектры импеданса топливной ячейки 2, полученные в диапазоне температур 450°-600° (вставка – высокочастотная область в увеличенном масштабе).

Спектры импеданса, полученные для обеих топливных ячеек, представляют собой вытянутые полуокружности. С увеличением температуры наблюдается сжатие полуокружностей, что свидетельствует об уменьшении сопротивления переносу заряда, характеризующего скорость протекания электрохимической реакции. С увеличением температуры происходит ускорение электрохимической реакции в ячейке, что положительно сказывается на её электрических характеристиках.

Известно, что высокочастотная отсечка характеризует сопротивление электролита, которое уменьшается с увеличением температуры, так как материал электролита имеет более высокую проводимость при более высокой температуре в диапазоне рабочих температур.

На рисунке приведено сравнение двух элементов при температуре 600° и 650° С.



Вч отсечка, Ом	600 °C	650 °C
Топливная ячейка 1	1,8	1,7
Топливная ячейка 2	0,7	0,5

Рис.5. Спектры импеданса, измеренные для двух топливных ячеек при температуре 600° и 650° С (вставка – высокочастотная область в увеличенном масштабе).

Из спектров видно, что полуокружности, построенные для ячейки 2 меньше полуокружностей, построенных для ячейки 1, что свидетельствует о том, что сопротивление переносу заряда ячейки 2 меньше сопротивления переносу заряда ячейки 1 при той же температуре.

Также видно, что сопротивление электролита ячейки 2 больше сопротивления электролита ячейки 1 при одной и той же температуре (примерно в 2,5 раза), однако это частично может быть связано с тем, что толщина электролита ячейки 1 превышает толщину электролита ячейки 2.

Выводы:

Исследования показали, что ячейка 2 по сравнению с ячейкой 1 имеет значительно лучшие характеристики – сопротивление переносу заряда и сопротивление электролита ячейки 2 значительно меньше. Использование ЭПО положительно сказывается на характеристиках топливного элемента, однако требуется более детальное исследование влияния различных параметров на работу топливного элемента, в технологии изготовления которого применяется данная обработка (расход топлива и окислителя, толщина электролита, параметры облучения).

Список литературы:

1. Соловьев А. А., Сочугов Н.С., Шипилова А.В., Ротштейн В.П., Ковшаров Н.Ф. Импульсная электронно-пучковая модификация поверхности пористых анодов твёрдооксидных топливных элементов// Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» АЭЭ. – 2009. - №9(77). – С. 27-32.

КЕРАМИЧЕСКИЕ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА

Иванов А.А., Булавин А.А.

Научный руководитель: Филимошкин А.Г., д.х.н., профессор
Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
E-mail: alexchemtsu@rambler.ru

Возможность создания керамических материалов низкотемпературного синтеза нового поколения с принципиально новыми, в первую очередь с заданными характеристиками, открывается при использовании в технологии синтеза этих наноструктурированных материалов.

Наноструктурные материалы являются перспективными в связи с возможностью формирования в них структурных элементов с особенностями фазового состава и уникальными свойствами. Отличаясь от обычных композиционных материалов, наноккомпозиты обещают реализовать высокий уровень свойств, например: электропроводность, высокая износостойкость, химическая стойкость, жаростойкость и др. [1].

Это определяет наиболее перспективные сегменты рынка, куда они постепенно проникают, вытесняя аналоги из традиционных материалов.

Целью данной работы является синтез наноструктурных составов, получение качественных оценок функциональных и конструкционных свойств опытных образцов. Важна также оценка возможности использования наномодифицированной керамики низкотемпературного синтеза в виде LTCC-систем (Low Temperature Co-fired Ceramics-низкотемпературная (менее 1000°C) спекаемая керамика за одну технологическую операцию) на основе LFC-технологии (Low-temperature Fireable Ceramics), пленочных нагревательных элементов и диэлектрического покрытия электродов управления электронным пучком в ионно-плазменной установке.

Лабораторные результаты исследования керамики низкотемпературного синтеза подтвердили перспективность ее применения в качестве многослойных керамических плат по LTCC-технологии с использованием серебряных и медных проводников. Благодаря низкой температуре формовки (250°C) керамических слоев возможно использование низкотемпературных наполнителей и модификаторов (синтетических алмазов, углеродных нанотрубок, металлов и некоторых органических соединений). Существенным отличием нашей технологии от используемых на рынке является применение в качестве проводящей и диэлектрической фаз недорогого отечественного крупнотоннажного сырья преимущественно местного производства. В качестве модифицирующих добавок мы применяем порошки металлов и их соединений (в том числе α -Al₂O₃ производства ОАО «СХК» и ОСП «Научно-исследовательский институт высоких напряжений» ГОУ ВПО ТПУ, пассивированные нанопорошки [Al+AlN],

[Al+Al₂O₃], [ZrO₂+Y₂O₃], одно и многостенные углеродные нанотрубки, фуллерены и пр.). Таким образом, применяемое технологическое решение обладает комплексным отличием от используемых в настоящее время в российской и зарубежной электронике технологий, что лежит в основе его устойчивого конкурентного преимущества [2]. Кроме того, использование крупнотоннажного местного сырья позволяет значительно понизить себестоимость продукции. Сравнение показывает, что стоимость основных компонентов диэлектрических слоев традиционной технологии – 5000 руб./кг., в то время как у нашей технологии лишь 15 руб./кг. Важным является экономия энергии в циклах вжигания. При использовании диэлектрического стекла температура составляет 750-820°C, процесс проводится в тупиковых или конвейерных печах зачастую в инертной атмосфере или вакууме, а при использовании нашей низкотемпературной керамики, используются сушильные шкафы или ИК конвейерные сушки с температурами до 250°C, атмосфера воздуха [3].

Непрерывно возрастающие требования к компактности и надежности изделий электронной техники (ИЭТ) привели к тому, что традиционные сборочные коммутационные носители компонентов (в том числе многослойные печатные платы – МПП) далеко не полностью обеспечивают оптимизацию узлов и блоков ИЭТ. Использование сборочных модулей, выполненных по технологии LTCC, позволяет в ряде случаев устранить вышеуказанные проблемы.

Большое количество, как ВЧ/СВЧ устройств, так и некоторых других изделий электронной техники, в настоящее время выполняется по технологии LTCC – это смесители, делители и сумматоры мощности, ответвители, удвоители частоты, фильтры, ВЧ трансформаторы, модуляторы и т.д. Причем, помимо стандартных продуктов, также возможно выполнение заказных устройств, основанных на дизайне заказчика.

LTCC представляет собой многослойный керамический материал низкотемпературного синтеза, содержащий серебряный или медный проводящие слои, необходимые для внутрисхемных соединений.

При изготовлении LTCC материала используется низкая температура спекания (250°C), что ниже точки плавления проводников Ag и Cu и существенно ниже температуры обжига аналоговой керамики. Многослойные керамические платы можно изготовить с использованием следующих технологий: трафаретная печать, безусадочный

обжиг при высоком давлении, полусухое статическое прессование, мокрое и горячее прессование [4]. Наиболее часто используется метод трафаретной печати который рассмотрим более подробно.

Метод трафаретной печати. Сначала делаются сквозные отверстия в керамической пленке, они заполняются серебряной или медной пастой. Эти отверстия предназначены для соединения верхней и нижней пленки. Затем на каждом слое печатается шаблон, содержащий топологию проводящих проводников, после чего все слои соединяются в процессе обжига. Типовой технологический процесс изготовления многослойной керамической печатной платы представлен на рисунке 1.

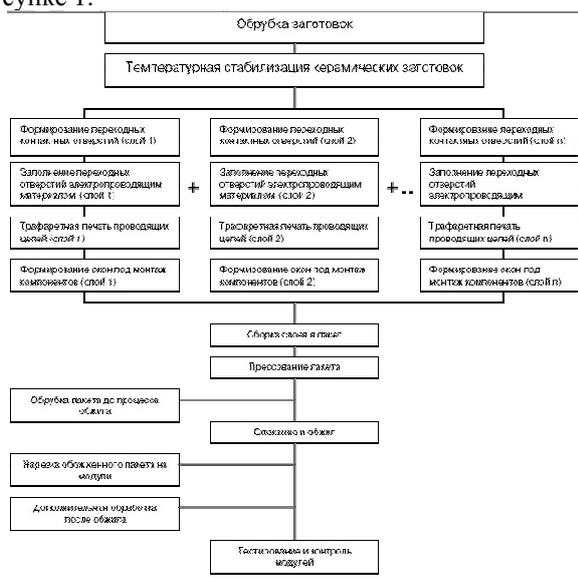


Рис.1. Технологический процесс изготовления многослойной керамической печатной платы по LTCC технологии.

Рассмотрим подробнее некоторые из приведенных на рисунке 1 стадий:

1. Формирование переходных контактных отверстий. Переходные контактные отверстия в пакете формируются в каждой отдельно взятой заготовке. Важно отметить, что в процессе обжига пакета отверстия, заполненные проводящим материалом, изменяют линейные размеры от 4 до 7%, в то время как окружающая керамическая матрица изменяет соответствующие размеры от 12 до 15%. Слишком близкое расположение отверстий может привести к появлению трещин между ними в сырой заготовке, а чересчур высокая плотность расположения отверстий может привести к искажению геометрических координат межслойных соединений (столбов) при обжиге. При сборке пакета наращиваемые один над другим столбы не герметичны и могут привести к неоднородности профиля поверхности, поэтому рекомендуется производить смещение столбов каждых 6-8 слоев.

2. Заполнение переходных отверстий электропроводящим материалом. Формирование металлизации переходных отверстий производится посредством заполнения отверстий в керамической заготовке специальными смесями электропроводящих материалов с использованием технологии шаблонной печати. При этом используются высокоточные шаблоны из нержавеющей стали. Наиболее важным фактором, влияющим на этот процесс, является соотношение толщины используемой керамической заготовки к диаметру заполняемого отверстия. Зачастую наблюдается небольшое менискообразование переходного отверстия, вызванное различием термоусадочных коэффициентов переходного отверстия и окружающей керамики.

3. Формирование электропроводящих цепей (схем). Электропроводящие цепи (схемы) формируются методом трафаретной печати (шелкографии) на поверхности необожженной керамической заготовки. По сравнению с традиционной толстопленочной технологией преимуществом данного метода является более высокое разрешение печати цепей, что обусловлено следующими факторами: печать проводится на плоской поверхности керамической заготовки, электропроводящие пасты наносятся на мелкопористую поверхность, препятствующую их растеканию.

4. Сборка пакета. Готовые слои помещаются в специальное приспособление, обеспечивающее их совмещение. После сборки пакет слоев проходит через специальную прессовку при строго определенных давлении, температуре и временных циклах.

5. Обжиг. Для окончательного формирования многослойной керамической платы проводится термообработка пакета или отдельных модулей. При этом протекают два параллельных процесса – вжигание проводящих рисунков и спекание керамической массы.

Дальнейшее совершенствование свойств получаемых керамических материалов низкотемпературного синтеза планируется с использованием других наноструктурных материалов.

Литература

1. Duran P., Villegas M., Capel F. // J. Europ.Ceram.Soc. 1996. V.16. №9. P.945-952.
2. Балкевич В.Л. Техническая керамика. М.: Стройиздат., 1984.–256 с.
3. Шабанова Н.А. Химия и технология нанодисперсных систем. М.: Академкнига., 2006. –309 с.
4. Дубинин Г.Н., Аврамов Ю.С. Конструкционные, проводниковые и магнитные материалы. М.: Машиностроение., 1973. –296с.

НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО И КОНСТРУКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЙ

Иванов А.А., Булавин А.А.

Научный руководитель: Филимошкин А.Г., д.х.н., профессор
Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
E-mail: alexchemtsu@rambler.ru

Принципиальными основами технического прогресса являются развитие энергетики, автоматизация производства и необходимость создания новых материалов.

На сегодняшний день широкий интерес представляет исследование композиционной наномодифицированной керамики низкотемпературного синтеза, поскольку она занимает особое место среди материалов, которые могут эксплуатироваться при экстремальных значениях температур, давлений, скоростей, напряжений, радиационных и газовых потоков [1]. Это определяет наиболее перспективные сегменты рынка, куда они постепенно проникают, вытесняя аналоги традиционных материалов.

Целью работы является синтез наноструктурированных керамических составов, получение качественных оценок технологических возможностей изготовления и свойств композиционной наномодифицированной керамики низкотемпературного синтеза различных составов при использовании метода горячего прессования. Важна также оценка возможности использования наномодифицированной керамики низкотемпературного синтеза в виде пленочных нагревательных элементов, радиаторов, высокотеплопроводных диэлектрических мембран, LTCC-систем (Low Temperature Co-fired Ceramics-низкотемпературная (менее 1000⁰С) керамика спекаемая за одну технологическую операцию) и в виде диэлектрического покрытия электродов управления электронным пучком в ионно-плазменной установке.

Проведенные исследования керамики низкотемпературного синтеза подтвердили перспективность ее применения в качестве вышеуказанных изделий. Благодаря низкой температуре формовки (250⁰С) керамических слоев возможно использование низкотемпературных наполнителей и модификаторов (синтетических алмазов, углеродных нанотрубок, металлов и некоторых органических соединений). Существенным отличием нашей технологии от используемых на рынке является применение в качестве проводящей и диэлектрической фаз недорогого отечественного крупнотоннажного сырья преимущественно местного производства. В качестве модифицирующих добавок мы применяем порошки металлов и их соединений (в том числе α -Al₂O₃ производства ОАО «СХК» и ОСП «Научно-исследовательский институт высоких напряжений» ТПУ, пассивированные нанопорошки [Al+AlN], [Al+Al₂O₃], [ZrO₂+Y₂O₃], одно и

многостенные углеродные нанотрубки, фуллерены и пр.). Таким образом, применяемое технологическое решение обладает рядом отличий от используемых в настоящее время в российской и зарубежной электронике технологий [2], что лежит в основе его устойчивого конкурентного преимущества. Кроме того, использование крупнотоннажного местного сырья позволяет значительно понизить себестоимость продукции. Сравнение показывает, что стоимость основных компонентов диэлектрических слоёв традиционной технологии – 5000 руб./кг., в то время как у нашей технологии лишь 15 руб./кг. Важным является экономия энергии в циклах вжигания. При использовании диэлектрического стекла температура составляет 750-820⁰С, процесс проводится в тупиковых или конвейерных печах, зачастую в инертной атмосфере или в вакууме. При использовании нашей низкотемпературной керамики, используются сушильные шкафы или ИК конвейерные сушки с температурами до 250⁰С, атмосфера воздуха [3].

В ходе выполнения работ на основании предварительных теоретических расчетов требований к составу диэлектрических и резистивных керамических композиций, синтезированы и изготовлены серии опытных образцов составов наномодифицированной керамики (табл.1). Экспериментально подобраны режимы формовки методом горячего прессования. Изготовлены серии экспериментальных заготовок в виде дисков Ø42 мм.

Изготовление образцов. Для изготовления образцов изделий методом горячего прессования использовалась графитовая форма в виде цилиндрической матрицы (рис.1) и пуансона (рис.2).

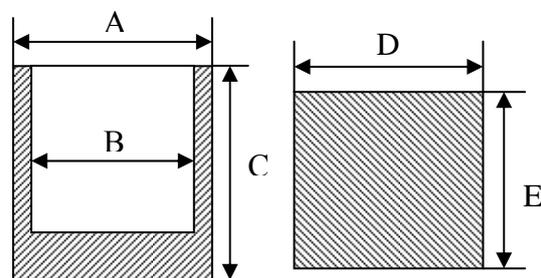


Рис. 1. Матрица

Рис.2. Пуансон

Таблица 1. Составы изготовленных образцов

№	Состав
72	Al ₂ O ₃ + Ni ₂ B
73	Al ₂ O ₃ + Ni ₂ B
74	Al ₂ O ₃ + Ni ₂ B

75	ЭВЗ Al+Al ₂ O ₃
76	[ЭВЗ Al+AlN]+ SiC+ BN+ Al ₂ O ₃
77	ЭВЗ Al+AlN
78	[ЭВЗ Al+AlN]+ SiC+ Al ₂ O ₃
79	[ЭВЗ Al+AlN]+Al ₂ O ₃

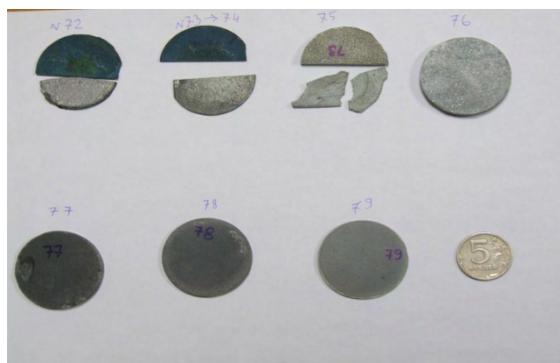


Рис. 3. Опытные образцы, изготовленные методом горячего прессования

Исследованы следующие свойства изготовленных методом горячего прессования образцов: электропроводность, теплопроводность, тангенс угла диэлектрических потерь, плотность, пористость, возможность шлифовки и полировки. Планируется измерить прочность на изгиб, микротвердость и трещиностойкость. Некоторые из свойств представлены в таблице 2.

Таблица 2. Свойства некоторых образцов

№	Состав	Диэлектрическая проницаемость ϵ на частоте 2МГц	Проводимость $\sigma \times 10^{-4}$ [Ом] ⁻¹	Теплопроводность [Вт./м.*К]
76	[ЭВЗ Al+AlN]+ SiC+ BN+ Al ₂ O ₃	31,77	1	4,63
77	ЭВЗ Al+AlN	10,3	1	5,15
78	[ЭВЗ Al+AlN]+ SiC+ Al ₂ O ₃	7,59	3	5,3
79	[ЭВЗ Al+AlN]+ Al ₂ O ₃	7,59	3	4,43
	Контрольный образец керамика 22ХС	3,36	1	н/д

	Контрольный образец керамика Фран	16±0,8 (паспорт) 24,06 (эксперимент)	2	н/д
	Контрольный образец ВеО	н/д	н/д	40 4,72*)
	Контрольный образец Текстолит	6,04	н/д	н/д

*) В одном из применявшихся при исследовании тесте теплопроводность ВеО керамики оказалась ниже исследуемых образцов. Вероятно, имеет значение не только теплопроводность материала керамики, но и конкретное применение в изделии или сборке. Иногда менее теплопроводный материал может работать лучше из-за более качественного контакта с источником тепла. Кроме того, керамика из AlN может подвергаться механической обработке более простыми, а главное – нетоксичными способами.

Все представленные составы показали теплопроводность на уровне и даже выше 1/10 контрольного образца ВеО. Это говорит о возможности использования представленных составов в качестве подложек для ИС, о необходимости проведения подтверждающих экспериментов другими методами, о необходимости исследовать зависимость изменения теплопроводности от условий формовки конечных изделий, об исследовании способов возможного повышения теплопроводности керамики.

Таким образом, используя метод горячего прессования мы можем формовать изделия с заданными конструкционными свойствами, а с использованием наномодификаторов – получать керамические материалы низкотемпературного синтеза.

Дальнейшее совершенствование свойств керамических материалов низкотемпературного синтеза [4] планируется с использованием предлагаемых наноструктурных материалов.

Литература

1. Duran P., Villegas M., Capel F. // J. Europ.Ceram.Soc. 1996. V.16. №9. P.945-952.
2. Балкевич В.Л. Техническая керамика. М.: Стройиздат., 1984.–256 с.
3. Шабанова Н.А. Химия и технология нанодисперсных систем. М.: Академкнига., 2006. –309 с.
4. Андриевский Р.А. Наноматериалы на основе тугоплавких карбидов, нитридов и боридов // Успехи химии 74 (12). -2005. с. 343-357.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ТОНКИХ ПЛЕНОК ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ЗАМЕЩЕНИЯ PbS_ySe_{1-y}

Катышева А.С.

Научный руководитель: Марков В.Ф., д.х.н., профессор

ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», 620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира 19

E-mail: annakaty@mail.ru

Важное место среди полупроводниковых материалов с востребованными функциональными свойствами принадлежат сульфидам и селенидам металлов и твердым растворам замещения (ТРЗ) на их основе. Вариации составов ТРЗ PbS_ySe_{1-y} позволяет регулировать и оптимизировать диапазон спектральной чувствительности ИК-материалов в достаточно широких пределах (0,4- 6 мкм). Подобные соединения одновременно представляют интерес как материалы тонкопленочных химических сенсоров, нанокмозитов, фотолуминесцентных материалов, термоэлементов, ион-селективных электродов и других функциональных элементов.

Большие потенциальные возможности в получении халькогенидных пленок имеет метод химического осаждения из водных сред. Оценивая преимущества этого метода по сравнению с другими тонкопленочными технологиями, нельзя не отметить его высокую производительность и экономичность, простоту технологического оформления, возможность нанесения пленок на поверхности сложной формы и различной природы, а также легирования слоя органическими ионами или молекулами, не допускающими высокотемпературный нагрев.

При гидрохимическом синтезе возможно образование устойчивых пересыщенных полупроводниковых твердых растворов в тонкопленочном варианте, получение которых согласно высокотемпературным фазовым диаграммам другими методами затруднено или невозможно.

Рассмотрим потенциальную возможность образования ТРЗ в системе $PbS-PbSe$. Существует ряд факторов изоморфной смесимости, при соответствующем выполнении которых образование ТРЗ возможно: правило 15 % для ионных радиусов, близость величин электроотрицательностей, сходство кристаллических решеток, изовалентность. Из фазовой диаграммы системы $PbS-PbSe$ [1] видно, что взаимная растворимость PbS и $PbSe$ является неограниченной, следовательно, существует возможность формирования непрерывного ряда ТРЗ PbS_ySe_{1-y} с переменным составом ($0 \leq y \leq 1$). Сера и селен являются изоморфными элементами, различие радиусов ионов S^{2-} и Se^{2-} составляет 6 %-9,8 % в зависимости от взятой системы. Как сульфид, так и селенид свинца кристаллизуются в решетке $B1$ (тип $NaCl$, пространственная группа $Fm\bar{3}m$). Приведенный в статье [2] расчет концентрационной зависимости относительной интегральной молярной свободной энергии Гиббса

для системы $PbS-PbSe$ показал, что ТРЗ в этой системе устойчив вплоть до температуры 273 К.

Актуальной с точки зрения организации целенаправленного синтеза является возможность прогнозирования условий получения ТРЗ из различных реакционных смесей. Расчет проводился для цитратно-аммиачных реакционных смесей при температуре 298 К с помощью обобщенной расчетной методики [3], позволяющей до начала эксперимента прогнозировать область совместного осаждения PbS и $PbSe$ в зависимости от начальных условий процесса: pH, концентрации лигандов, халькогенизатора, солей металлов.

Области совместного осаждения сульфида и селенида свинца определены в результате графического решения уравнения (1) для PbS и $PbSe$ в координатах $pC_H = f(pH)$. Введение в формулы последнего слагаемого, учитывающего образование зародыша критического размера, позволяет сблизить расчетные и экспериментальные данные.

$$pC_H(PbX) = pPP_{PbX} - pK_{H_2X} - p\alpha_{Pb^{2+}} - \frac{1}{2}pK_C + (1) \\ + 2pH - \frac{1}{2}p[XI]_p - \frac{1}{2}P \frac{\beta_{II}}{\beta_X} - \frac{0,1 \cdot \sigma \cdot V_M}{T \cdot r_{kp}}$$

Заштрихованное на рис. поле определяет область совместного осаждения PbS и $PbSe$ и потенциальную возможность формирования PbS_ySe_{1-y} .

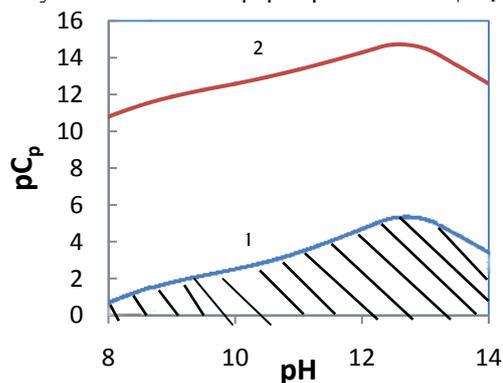


Рис. Область возможного образования ТРЗ в системе $PbS-PbSe$ из цитратно-аммиачной системы при 298 К: (1), (2) – линии образования PbS и $PbSe$, соответственно.

Из рис. видно, что совместное осаждение PbS и $PbSe$ возможно при $pH > 8$, оптимальное значение для синтеза $pH = 12,5-12,9$.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для приготовления реакционных смесей использовались следующие растворы: уксуснокислый свинец (1,0 моль/л), трехзамещенный лимоннокислый натрий (1,0 моль/л), сульфит натрия (0,1 моль/л), гидроксид аммония (13,0 моль/л), тиомочевина (1,5 моль/л) и селеномочевина. Исходные растворы реагентов готовили на дистиллированной воде.

В качестве комплексообразующего агента для свинца выступали цитрат-ионы, а для создания необходимого значения pH рабочего раствора использовался гидроксид аммония. В качестве халькогенизатора были приняты тиомочевина для PbS и селеномочевина для PbSe. Необходимо отметить, что водные растворы селеномочевины очень неустойчивы: при окислении кислородом воздуха происходит разложение селеномочевины с образованием золь аморфного селена. Для предотвращения этого процесса нами создавалась восстановительная среда за счет добавки в раствор сульфита натрия. Для обеспечения фоточувствительности синтезируемых пленок вводилась добавка йодистого аммония.

Для получения воспроизводимых результатов во всех опытах обеспечивался одинаковый порядок сливания реагентов: к раствору уксуснокислого свинца добавлялся лимоннокислый натрий, гидроксид аммония, йодистый аммоний, тиомочевина, сульфит натрия. В самом конце в реакционной смеси растворяли навеску селеномочевины.

Реактор для осаждения тонких пленок представлял собой стакан из молибденового стекла, в котором в специальном фторопластовом приспособлении закреплялась обработанная подложка под углом 15° рабочей поверхностью вниз. Реактор закрывался крышкой из фторопласта и ставился в нагретый до 80° С термостат на 90 минут.

В качестве подложек использовались ситалловые пластины марки СТ-50-1-2 размером 30×24 мм, которые перед началом синтеза прошли предварительную подготовку.

Состав ТРЗ PbS_xSe_{1-y} изменяли путем варьирования исходной концентрации селеномочевины от 0,005 до 0,15 моль/л.

В результате проведенных опытов были получены зеркальные тонкие пленки серого цвета, при этом степень адгезии подложки ухудшалась с увеличением концентрации N_2H_4CSe .

Для выполнения электрофизических измерений и исследования свойств полупроводниковых слоев на экспериментальные образцы пленок наносились омические контакты с помощью In-Ga пасты. Изготовленные сенсорные элементы имели размеры чувствительной поверхности 5×5 мм.

Измерение уровня фоточувствительности слоев проводилось в соответствии с ГОСТ 17782-79 на установке К.54.410. В качестве источника излучения использовалось АЧТ 573 К см с облученностью от него в плоскости измерения $9 \cdot 10^{-5}$ Вт/см². Частота модуляции излучения составляла 800 Гц. Напряжение смещения варьировалось от 10 до 100 В при согласованном нагрузочном сопротивлении.

Результаты измерения темнового сопротивления получаемых пленок ТРЗ при различных концентрациях селеномочевины представлены в таблице.

Таблица. Зависимость темнового сопротивления пленок, полученных химическим осаждением в системе PbS-PbSe, от концентрации селеномочевины в реакционной смеси

$[N_2H_4CSe]$, моль/л	R_T , кОм
0	3750
0,01	2300
0,02	600
0,075	325
0,1	37
0,125	52
0,15	49

Из таблицы видно, что при увеличении концентрации селеномочевины в реакционной смеси темновое сопротивление получаемых пленок уменьшается в интервале от 3,75 Мом до 40-50 кОм.

Пленки PbS, осажденные без добавки селеномочевины, обладают фоточувствительностью к ближнему ИК-излучению (0,38-2,8 мкм, $\lambda_{max} = 2,2-2,3$ мкм) без проведения дополнительной операции сенсibilизации. Введение селеномочевины снижает уровень фотоответа пленок. Это обусловлено изменением морфологии, состава и структуры пленок. Предполагается, что для их фоточувствительности необходима дополнительная операция сенсibilизации в виде дополнительной термообработки.

Список литературы

1. Вольхов А.А., Яшина Л.В., Штанов В.И. О взаимодействии халькогенидов германия, олова и свинца в квазибинарных системах // Неорганические материалы 2006, т.42, № 6, с. 662 -671.
2. Сушкова Т.П., Семенова Г.В., Стрыгина Е.В. Термодинамическая оценка стабильности твердых растворов на основе халькогенидов свинца // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. 2004. №1. с. 94-100.
3. В.Ф. Марков, Л.Н. Маскаева, П.И. Иванов. Расчет условий образования твердой фазы халькогенидов металлов при гидрохимическом осаждении // Конденсированные среды и межфазные границы. 2007. № 4. с. 374-380.

ФИЗИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПЛЕНОК TiAlSiN ПОВЫШЕННОЙ ТВЕРДОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ В ДУГОВЫХ РАЗРЯДАХ

Кириленко А.Г., Вилисова Ю.С., Гончаренко И.М.

Научный руководитель: Гончаренко И.М., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: knopka_86@mail.ru

Мировой опыт последних лет в области получения функциональных покрытий в вакууме показывает, что одновременное осаждение на поверхность подложки ионов различных элементов при широком разнообразии комбинаций и количественном соотношении их в плазменном потоке дает покрытия с уникальными свойствами, в частности с твердостью в 2-4 раза выше, чем твердость обычных монометаллических нитридов [1-4]. Объяснением такого явления служит нанокристаллическое строение данных покрытий. Сегодня среди видов функциональных покрытий уже известны и находят промышленное применение сложные композиционные соединения TiN/BN, TiN/AlN, TiN/CrN, TiN/Si₃N₄ и другие, обладающие высокой твердостью (HV ~ 30 - 50 ГПа). Технологии нанесения таких покрытий предусматривают необходимость генерации однородной по объему плазмы сложного элементного состава. В рамках выполнения данной работы проводились экспериментальные исследования структуры, формирующейся в нитридных износостойких покрытиях, механические свойства этих покрытий при различных параметрах электродугового плазменно-ассистированного процесса; изучались механизмы и закономерности синтеза и оптимизация технологических режимов. Исследовались эксплуатационные свойства инструмента с покрытием.

Синтез тонких (1-3 мкм) многокомпонентных покрытий системы Ti-Al-Si-N осуществлялся на специализированной вакуумной установке в плазме дуговых разрядов низкого давления. Ее ключевыми устройствами для формирования многокомпонентной плазмы являлись электродуговой испаритель (источник металлической плазмы из катодного пятна вакуумно-дугового разряда), оснащенный композиционными порошковыми катодами, и источник газоразрядной плазмы на основе самостоятельного дугового разряда низкого давления, обеспечивающий активацию рабочего газа. Замена нескольких катодов одним Ti-Al-Si (композиционным), содержащим все необходимые металлические и неметаллические компоненты в нужном соотношении, позволяет существенно упростить конструкцию оборудования для нанесения покрытий и повысить надежность его работы, стабильность процесса распыления, однородность генерируемой плазмы и, в конечном итоге, качество и повторяемость осаждаемых покрытий.

В качестве материалов исследования для приготовления тестовых образцов, на которые плани-

ровалось наносить экспериментальные покрытия, были применены твердый сплав ВК-8 (HV~1600-1800 кг/мм²), сталь Р6М5 (HV~940-980 кг/мм²) и сталь 12Х18Н10Т (HV~300-350 кг/мм²).

Нанесение покрытий на подложки проводилось в несколько этапов. Управляющими параметрами процессов, влияющими на свойства покрытий были следующие: давление газа (p), ток дуговых разрядов (I_d), отрицательный потенциал смещения, подаваемый на образцы ($U_{см}$).

Свойства сформированных покрытий исследовали широким набором современных методик. Микроструктуру поверхности и поверхности хрупкого излома образца наблюдали на сканирующем электронном микроскопе SEM-515 «Philips» и оптических приборах MMP-4 и OLYMPUS GX-71. Твердость измеряли на микротвердомере и нанотесте NHT-S-AX-000X фирмы CSEM Instruments. Толщину покрытий определяли с помощью прибора Calotest фирмы CSEM Instruments, а адгезию – скретч-тестером (Micro-Scratch Tester MST-S-AX-000 фирмы CSEM Instruments).

Ниже приведены результаты исследований характеристик комбинированного покрытия, полученного при эмпирическом подборе одного из режимов процесса. Основные параметры этого режима следующие: ток дугового испарителя - 25 А, давление газовой смеси $p = 2,8 \cdot 10^{-3}$ мм рт.ст., напряжении смещения на образцах ~ 100 В, время конденсации - 60 мин. Температура образцов, при которой начиналось и заканчивалось напыление ~100-120°C.

На поверхности подложки наблюдается покрытие темно-фиолетового цвета толщиной $d \sim 0,7-0,8$ мкм.

Дефектную субструктуру покрытия и его фазовый состав анализировали методами сканирующей и дифракционной электронной микроскопии. Исследования поперечных сколов, выполненные методами сканирующей электронной микроскопии, столбчатую структуру в анализируемых покрытиях не выявили (рис.1). Покрытия являются макросплошными, без микропор и микротрещин. Методами просвечивающей дифракционной электронной микроскопии тонких фольг установлено, что покрытие сформировано кристаллитами δ -TiN. Средний размер кристаллитов TiN $D = 7$ нм ($\sigma = 3$ нм). Следовательно, покрытие относится к классу нанокристаллических.

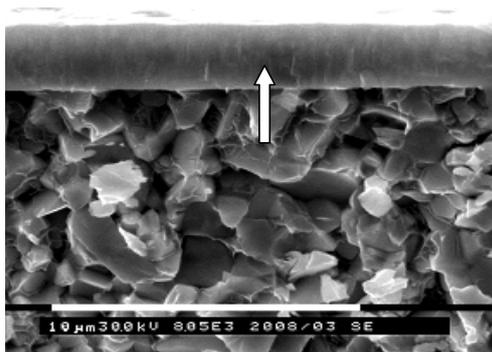


Рис.1. Характерное изображение поперечного излома твердого сплава ВК-8 с покрытием (указано стрелкой), полученным при распылении композиционного катода состава Ti-Al-Si.

Сканирующая электронная микроскопия.

Распыление катода состава Ti-Al-Si в среде ионизированного азота допускает возможность формирования нитридов кремния, наиболее стабильным среди которых является нитрид состава Si_3N_4 . Судя по дифракционной картине расположение частиц нитрида кремния, обнаруживается на границах кристаллов TiN.

На твердость нитридного покрытия, получаемого вакуумно-дуговым методом, существенное влияние оказывает кинетическая энергия ионов, которая, в свою очередь зависит от величины отрицательного потенциала (смещения), приложенного к обрабатываемым образцам. Поэтому нами были проведены исследования (рис.2.) твердости получаемых покрытий при условиях, когда все параметры технологического процесса конденсации нитридных пленок на поверхности образцов из сплава ВК-8 кроме напряжения смещения были идентичны и соответствовали следующим значениям: ток дугового испарителя - 25 А, давление газовой смеси ($\text{Ar}:\text{N}_2$ -50:50) $p = 2,8 \cdot 10^{-3}$ мм рт.ст., ток генератора газоразрядной плазмы ~10А, время конденсации - 60 мин.

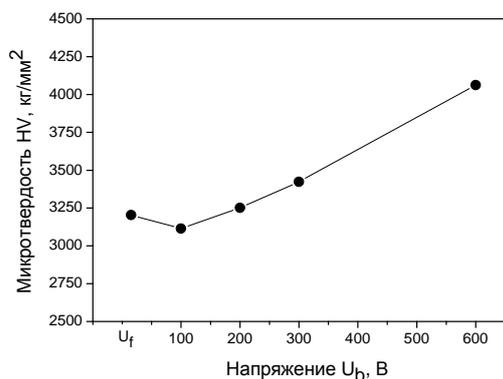


Рис. 2. Зависимость микротвердости покрытия Ti-Al-N от напряжения смещения.

Степень упругой деформации в покрытиях, полученных с композиционных катодов Ti-Al-Si, составляет ~ 50 %, в то время как покрытия типа TiN, синтезированные с обычного титанового сплава ВТ-1-0, являются более пластичными (остаточная деформация 75,5 %).

Результаты исследований адгезионных характеристик методом царапания поверхности покрытия алмазной иглой в условиях монотонно возрастающей нагрузки показали, что разрушение покрытий, полученных при распылении композиционного катода происходит при критической нагрузке приблизительно в двое превышающей начало разрушения традиционного покрытий TiN при тех же условиях формирования.

Проведены исследования условий зажигания и поддержания дугового разряда с помощью катодов системы Ti-Al-Si. Выявлено, что данная система не работает в условиях чистого азота и требует обязательного применения газовой смеси аргон-азот.

Проведены исследования структуры, физических и механических свойств покрытия, нанесенного на металлические и металлокерамические подложки электродуговым распылением композиционного катода в атмосфере ионизированной смеси азота с аргонном.

Установлено, что формирующиеся покрытия толщиной 1-3 мкм являются сверхтвердыми ($H_v \sim 50$ ГПа). Показано, что покрытие имеет элементный состав – Ti, Si, N; фазовый состав – δ -TiN и γ - Si_3N_4 ; средний размер кристаллитов δ -TiN составляет $D = 7$ нм, кристаллитов γ - Si_3N_4 – $d = 2-3$ нм. Полученные покрытия являются существенно неравновесными.

Показано, что формирование служебных характеристик материала носит многофакторный характер; вклад того или иного механизма упрочнения существенным образом зависит от параметров разряда и составов материалов катодов.

Литература

1. Veprek Stan. The search for novel, superhard materials // J. Vac. Sci. Technol. A. – 1999. - Vol.17, № 5. - P. 2401-2420.
2. Musil J. Hard and superhard nanocomposite coatings // Surface and coatings technology. – 2000. - Vol. 125. - P. 322-330.
3. Ширяев С.А., Атаманов М.В., Гусева М.И., Мартыненко Ю.В., Митин А.В., Митин В.С. // Получение композитных покрытий магнетронным распылением // Физика и химия обработки материалов. - 2002. - №3. - С.33-37.
4. Musil J., Vlcek J. Magnetron sputtering of alloy and alloy based films // Thin solid films. – 2000. - (April) - P. 104-109.

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ЭЛЕКТРОЛИТА НА НАГРУЗОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТВЕРДООКСИДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

Ковальчук А. Н.

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м. н. Сочугов Н. С.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: artemija@sibmai.com

Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) являются еще одним перспективным направлением в области топливных элементов активно разрабатываемым в последнее время. Топливный элемент — электрохимическое устройство, подобное гальваническому элементу, но отличающееся от него тем, что вещества для электрохимической реакции подаются в него извне — в отличие от ограниченного количества энергии, запасенного в гальваническом элементе или аккумуляторе. Топливные элементы - это многообещающий способ производства энергии в будущем. Их привлекательность обусловлена, прежде всего, высокой эффективностью прямого преобразования химической энергии топлива в электричество. Твердооксидный топливный элемент (по международной терминологии SOFC: Solid Oxide Fuel Cells) — разновидность топливных элементов, электролитом в которых является керамический материал. Эти элементы, эффективно работают при высоких рабочих температурах – 700-950⁰С. Поэтому скорость протекания электродных реакций достаточно высока и не требуется использование дорогостоящих катализаторов. В качестве топлива, кроме водорода могут быть использованы любые углеводороды, преобразованные в синтез-газ (H₂-CO). Основным компонентом ТОТЭ является твердый электролит, который проводит ток благодаря переносу ионов кислорода. В настоящее время наиболее часто используемыми материалами для ТОТЭ являются: проводящий по ионам кислорода диоксид циркония, стабилизированный оксидом иттрия (YSZ), электролит; манганит лантана стронция (LSM) — катод; никелевый кермет (Ni + YSZ) — анод. Схема работы ТОТЭ представлена на рис.1.

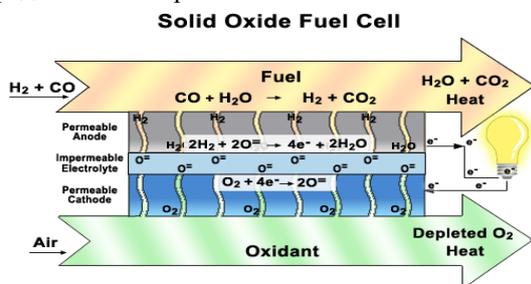


Рис.1. Схема работы твердооксидного топливного элемента.

Он состоит из катода, к которому подводится воздух и, проходя через поры диссоциирует, ионизируется и проходит через электролит в зону реакции на стороне анода. Там он окисляет водород до

воды, которая уносится с топливным потоком во вне, а образующиеся при этой реакции свободные электроны проходят через внешнюю цепь на катод. И процесс повторяется. На каждый моль воды выделяется 237кДж. Что эквивалентно 1.23 В.-теоретически максимальное напряжение, на практике оно конечно ниже 1В. [1]

Как правило, разработку ТОТЭ начинают с основного компонента — электролита, делая его несущим. Затем переходят к конструкциям с тонкослойным электролитом, используя несущим элементом анод. В конструкциях ТОТЭ с несущим YSZ-электролитом его используют при толщине не менее 100–150 мкм, поэтому при пониженных температурах такие элементы имеют повышенное внутреннее сопротивление. С более тонким YSZ электролитом 10–40 мкм, как правило, в качестве несущего элемента конструкции используют несущий анод - пористую керамическую или металлическую подложку. Интерфейсные слои между функциональными слоями компонентов ТОТЭ исключают твердофазное взаимодействие. Использование технологий осаждения из газовой фазы (CVD, EVD), магнетронного напыления, и др. позволяет формировать многослойные структуры ТОТЭ со строго заданными постоянными толщинами компонентов. [2]

На основе данного элемента изготавливается непосредственно ячейка, уже с налаженной подачей окислителя (кислорода или воздуха) и водорода на катод и анод соответственно. (Рис. 2) . Уплотнитель, который представляет собой стеклянное кольцо или никелевую газоплотную высокотемпературную пасту, нанесенную на границе с керамической трубкой и топливного элемента по всей длине окружности. Ячейка помещается в область высоких температур (до 950⁰С), и при помощи электронной нагрузки PL-150 снимаются необходимые характеристики.

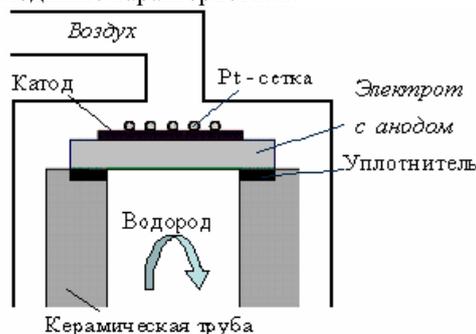


Рис.2. Схема топливной ячейки.

Она позволяет исследовать нагрузочные характеристики источников тока путем регистрации их вольтамперных и мощностных характеристик на постоянном токе. В работе были исследованы две конструкции топливных элементов: с несущим электролитом и с несущим анодом.

ТОТЭ с несущим электролитом

Толщина слоя электролита составляет 150 мкм, что приводит к повышению омического сопротивления. Поэтому элементы такой конструкции могут быть эффективно использованы только при высоких температурах вблизи 900 °С. Результаты представлены на рис.3.

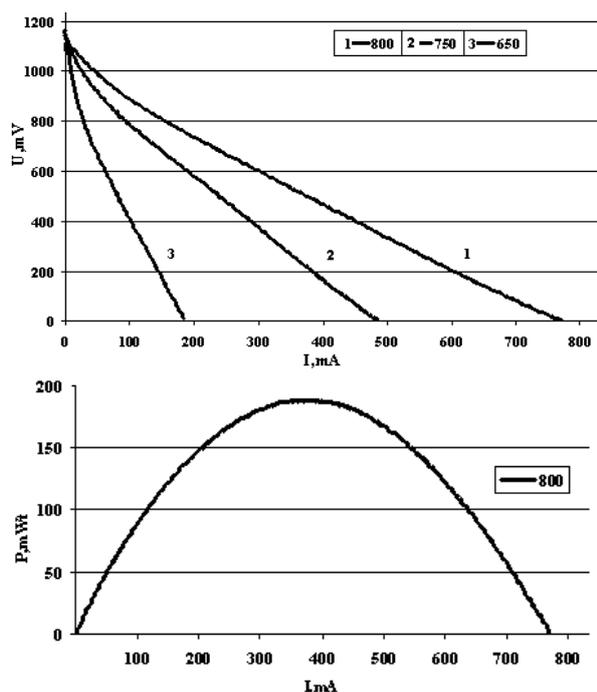


Рис.3. Вольтамперные (вверху) и мощностные (внизу) характеристики твердооксидного топливного элемента с несущим электролитом.

Из представленных графиков видно что U_{max} при 800°С составляет 1,065В, а P_{max} =190 мВт.

ТОТЭ с тонкопленочным электролитом

Анодные керамические пластины диаметром 20 мм и толщиной 2 мм, изготовленные из смеси порошков (60 об. % Ni + 40 об. % $Zr_{0,9}Y_{0,1}O_{1,95}$), обжигались в оксидном состоянии при температуре 1300 °С с последующей часовой выдержкой на воздухе. Затем проводилось их восстановление при 900 °С с часовой изотермической выдержкой в увлажненном водороде. Эксперименты по напылению пленок электролита проводились на вакуумной установке, оснащенной несбалансированной магнетронной распылительной системой с дисковым катодом выполненным из $Zr_{0,86}Y_{0,14}$ сплава. [3]. Результаты измерения нагрузочных характеристик данного топливного элемента представлены на рис.4. Из представленных графиков видно что U_{max} при 750°С составляет 1,05В, а P_{max} =315 мВт.

По полученным результатам можно сделать вывод, что твердооксидные элементы с тонкопленочным электролитом более эффективны. Мощностные характеристики в интервале температур 750°С-550°С на порядок лучше, в отличие от элементов с несущим электролитом. К тому же уменьшение толщины электролита позволяет снизить рабочую температуру до 650–800 °С. Поэтому надо активно развивать наиболее рациональные методы нанесения тонкопленочного электролита.

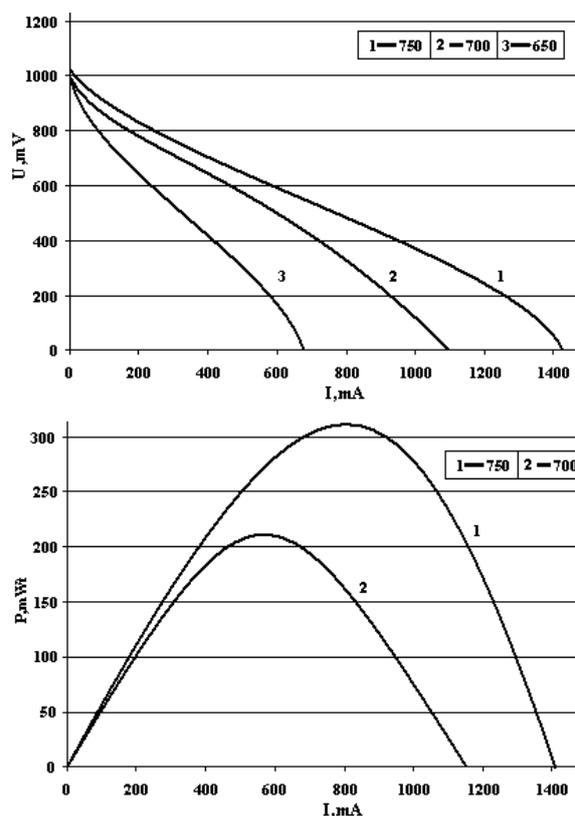


Рис.4. Вольтамперные (вверху) и мощностные (внизу) характеристики твердооксидного топливного элемента с тонкопленочным электролитом.

Список литературы

1. А.Н. Петрова, Формирование целевых свойств перспективных материалов. Теория и приложение. – Екатеринбург: кафедра физической химии- 2008.-118.
2. Предтеченский М. Р., Бобренок О. Ф., Гельфонд Н. В. ТОТЭ с тонкопленочным электролитом// XIII Росс. конф. по физической электрохимии расплавленных и твердых электролитов. Екатеринбург, 2004. С. 54—55.
3. Ширинкина А. В., Работник С.В., Соловьев А.А., Сочугов Н.С., Оскомов К.В., Формирование бездефектной пленки электролита ТОТЭ методом реактивного магнетронного распыления//Водородная энергетика и транспорт – 2006-№9.- С.78-85.

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ЗОЛЕЙ СЕРЕБРА НА УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ЭЛЕКТРОДАХ

Коновчук Т.В.

Научный руководитель: Коршунов А.В., к.х.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Konovchuk2008@yandex.ru

Наночастицы благородных металлов, в том числе серебра, в последнее время являются объектом интенсивного изучения в связи с их особыми свойствами (электрическими, оптическими, каталитическими), зачастую отличающимися от свойств компактных металлов. Известно большое число способов получения наночастиц серебра, среди которых получили распространение химические, фотохимические и электрохимические. Вместе с тем, состояние наночастиц серебра в среде растворов изучено недостаточно, электрохимия золей является малоизученной областью [1]. В связи с этим, целью настоящей работы являлось изучение электрохимического поведения наночастиц Ag в составе гидрозолей на твердых углеродсодержащих электродах.

Золи серебра, используемые в работе, были получены путем химического восстановления в растворах нитрата серебра с использованием следующих восстановителей: борогидрида натрия (БГ), цитрата натрия, глюкозы и формальдегида. Раствор нитрата серебра смешивали с растворами восстановителей в мольных соотношениях от 1:1 до 1:5 таким образом, чтобы концентрация AgNO_3 в смеси составляла $1 \cdot 10^{-4}$ М. Приготовление золей проводили при нагревании растворов в интервале температур от 50 до 100°C в течение 5-10 мин. Полученные золи охлаждали до комнатной температуры и хранили в закрытой посуде. Все золи являлись устойчивыми системами, поэтому стабилизаторы не применяли.

Характеристики золей Ag определяли с использованием методов просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ, JEM-3010), спектрофотометрии (СФ-256), рН-метрии (рН-150 М), кондуктометрии (АНИОН 4100). Электрохимическое поведение золей изучали с использованием методов циклической и инверсионной вольтамперометрии. В работе использовали 3-х электродную ячейку, в которой рабочим электродом являлся твердый углеродсодержащий электрод [2] (графитовый, стеклоуглеродный (СУ), электродом сравнения служил насыщенный х.с.э., вспомогательный электрод – Pt. Циклические вольтамперограммы регистрировали при помощи потенциостата ПИ-50-1 при линейной развертке потенциала в интервале $+0,8 \div -0,8$ В со скоростью 30-100 мВ/с. Эксперимент проводили при естественной аэрации и при деаэрировании растворов азотом. В качестве фонового электролита использовали 0,01-0,1 М NaClO_4 . В режиме инверсионной вольтамперометрии (ИВА) роста (рис.2): с течением времени величина оптической плотности одного и того же золя сначала

предварительное накопление на рабочем электроде проводили при потенциале $-0,8$ В, далее регистрировали анодную вольтамперную кривую при линейно возрастающем потенциале электрода до $+0,8$ В. В контрольном эксперименте использовали 0,1 мМ раствор AgNO_3 .

Исследуемые золи серебра представляют собой окрашенные высокодисперсные системы. В зависимости от мольного соотношения Ag^+ и восстановителя в исходной смеси окраска золей изменялась от светло-желтой (золи, приготовленные с использованием (БГ) до коричневого (золи, приготовленные с использованием цитрата натрия). Из данных ПЭМ следует, что размеры частиц Ag в золях составляли 20-80 нм, форма частиц близка к сферической. рН полученных золей был равен 7-9 в зависимости от типа и концентрации восстановителя.

Для спектров золей Ag характерен максимум поглощения в области 400-420 нм, обусловленный эффектом плазмонного резонанса (рис.1). Положение и форма этого максимума зависит от размеров и формы частиц дисперсной фазы [3].

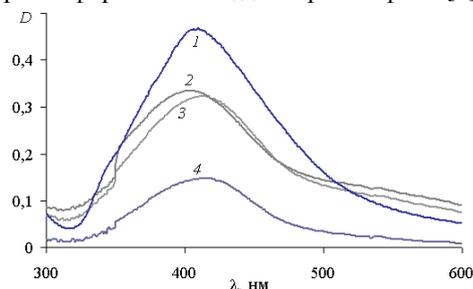


Рис.1. Спектры поглощения золей серебра ($c_0(\text{Ag}^+) = 0,1$ мМ), приготовленных с использованием: 1 – цитрата натрия ($c_0 = 0,1$ мМ); 2-4 – борогидрида натрия ($c_0 = 0,5, 0,3$ и $0,1$ мМ соответственно)

Максимум поглощения в спектре цитратного золя симметричен, $\lambda_{\text{max}} = 410$ нм (рис.1). Максимумы для БГ-золей менее симметричны, при большей исходной концентрации NaBH_4 на спектрах наблюдается плечо в области 500-550 нм (рис.1, спектры 2,3), обусловленное присутствием в золе агломератов. Увеличение концентрации NaBH_4 в исходной смеси приводит к увеличению оптической плотности золя до определенного предела (рис.1, спектры 2,3). При длительном хранении золей в них происходит изменение содержания металлических частиц за счет агломерации

возрастала, затем уменьшалась. Об укрупнении частиц дисперсной фазы также свидетельствует смещение λ_{max} в длинноволновую область.

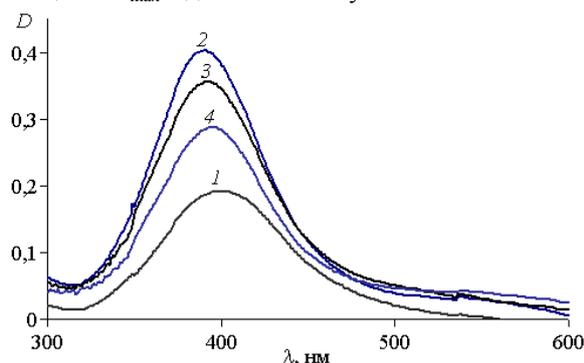


Рис.2. Спектры поглощения золя серебра ($c_0(\text{Ag}^+)=0,1$ мМ, $c_0(\text{NaBH}_4)=0,5$ мМ), хранившегося в течение: 1 – 2 ч, 2 – 19 сут, 3 – 33 сут, 4 – 37 сут.

Найдено, что среди изученных в работе зольей большей электрохимической активностью обладают золи, полученные с использованием NaBH_4 и $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$. Вольтамперограммы, полученные с использованием метода ИВА, имеют пик тока анодного растворения серебра в области $+0,3\pm 0,4$ В (рис.3). В табл.1 приведены параметры процесса анодного растворения серебра, осажденного при различных условиях предварительного накопления из растворов с добавками 1 мМ AgNO_3 и БГ-зольей №№ 1-3 ($c_0(\text{NaBH}_4)=0,1, 0,3$ и $0,5$ мМ соответственно).

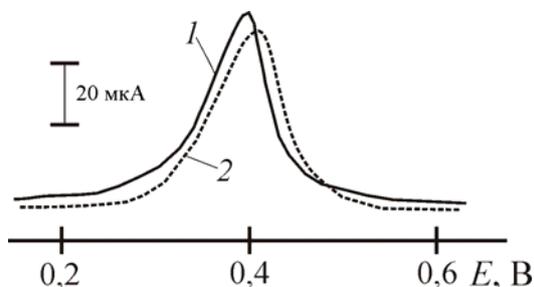


Рис.3. Вольтамперограммы анодного растворения Ag после накопления на СУ-электрод в деаэрированных растворах (15 мл), содержащих 2 мл добавок: 1 – стандартного раствора AgNO_3 ; 2 – БГ-золя № 3 ($E_3=-0,8$ В, $\tau=3$ мин, $\nu=50$ мВ/с, фон – $0,1$ М NaClO_4)

Из полученных данных следует, что электрохимические параметры процесса мало зависят от соотношения реагентов, взятых при приготовлении золя. Незначительные отличия проявляются в отношении формы пика анодного тока и значениях E_p . Близкие значения параметров анодного процесса в случае золя являются неожиданными, поскольку принято считать, что металлы в составе

золей находятся в восстановленной форме (в виде металлических частиц), что не позволяет исполь-

зовать ИВА для их изучения. Очевидно, что относительное содержание частиц металлического Ag с уменьшением концентрации восстановителя в исходной смеси должно резко уменьшаться (рис.1, спектр 4), что обусловлено неполным восстановлением ионов Ag^+ до металла в ходе приготовления золя.

Таблица 1. Параметры процесса анодного растворения Ag после накопления на СУ-электрод в деаэрированных растворах (15 мл), содержащих добавки AgNO_3 и БГ-зольей ($E_3=-0,8$ В, $\tau=3$ мин, $\nu=50$ мВ/с, фон – $0,1$ М NaClO_4)

Раствор	$V_{\text{добавки}}$, мл	I_a , мкА	E_p , В
0,1 мМ AgNO_3	2	38	0,25
	5	76	0,25
БГ-золя № 1	2	36	0,25
	5	72	0,25
БГ-золя № 2	2	30	0,27
	5	60	0,27
БГ-золя № 3	2	34	0,30
	5	38	0,30

Вместе с тем, разное соотношение ионной и металлической форм Ag в золях одного типа не приводит к существенному изменению их электрохимического поведения. Как видно из табл.1, токи анодного окисления для БГ-зольей №№ 1-3 не коррелируют с содержанием в них ионной формы серебра: величины анодного тока как в случае контрольного раствора AgNO_3 , так и для зольей при прочих равных условиях близки. Как следует из полученных результатов, общее количество осажденного за время накопления серебра практически не зависит от соотношения ионной и металлической форм в золе, что свидетельствует о совместном разряде на поверхности электрода ионов Ag^+ и наночастиц серебра, несущих заряд вследствие наличия на их поверхности адсорбированных ионов.

Необходимо отметить, что электрохимическая активность зольей Ag, приготовленных с использованием глюкозы и формальдегида, незначительна. Очевидно, этот эффект обусловлен стабилизирующим действием самого восстановителя (глюкоза), а также значительно большими размерами частиц Ag в таких золях.

Список литературы

1. Korshunov A.V., Heyrovsky M. // *Electrochim. Acta.* – 2009. – V.54. – N 26. – Pp.6264-6268.
2. Выдра Ф., Штулик К., Юлакова Э. Инверсионная вольтамперометрия. – М.: Мир, 1980. – 278 с.
3. Munro C.H., Smith W.E., Garner M., et al. // *Langmuir.* – 1995. – V.11. – Pp.3712-3720.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ SiCl_4 НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ РАЗМЕР SiO_2 ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ

Кочкоров Б.Ш., Холодная Г.Е., Пономарев Д.В.

Научный руководитель: к.т.н. Пономарев Д.В.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: kochkorov_b@mail.ru

Экспериментально исследовано влияние начальной концентрации тетрахлорида кремния (SiCl_4) на геометрический размер частиц диоксида кремния (SiO_2) при импульсном плазмохимическом синтезе в условиях постоянного парциального давления кислорода и водорода.

Диоксид кремния обладает очень высокой химической стойкостью и низкой себестоимостью сырья для производства. В настоящее время известны следующие области его применения: клеи, герметики, фармакология, косметика и пищевая промышленность, тонеры и проявители, пластмассы, лаки и краски, резинотехническая промышленность, каучуки общего назначения, силиконовые эластомеры, силиконовые пасты

Существует много методов синтеза диоксида кремния. Один из ведущих методов синтеза - это пламенный гидролиз SiCl_4 .

Процесс пламенного гидролиза осуществляется в газовой фазе плазмы воздушно-водородного пламени при температуре 1400 – 1700 К. Формула реакции $\text{SiCl}_4 + 2\text{H}_2 + \text{O}_2 = \text{SiO}_2 + 4\text{HCl}$.

С целью определения влияния начальной концентрации SiCl_4 на наноразмерный SiO_2 были выполнены экспериментальные исследования на базе импульсного электронного ускорителя (ИЭУ) ТЭУ-500 [1]. На рисунке 1 показано принципиальная схема ИЭУ ТЭУ-500

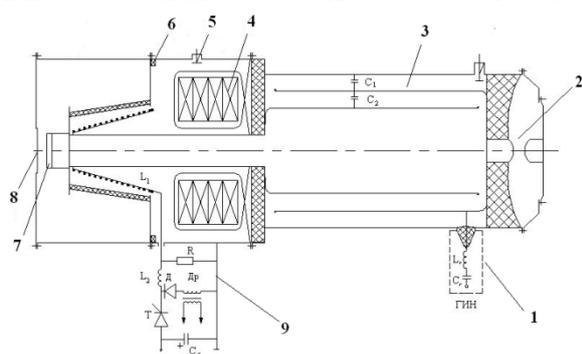


Рис. 1. Принципиальная схема ИЭУ ТЭУ-500
1 – ГИН, 2 – основной газовый разрядник, 3 – водяная двойная формирующая линия, 4 – автотрансформатор, 5 – емкостной датчик 6 – пояс Роговского, 7 – катод диода (графит диаметр 60 мм), 8 – анод (разделительная фольга на опорной решетке)

Основные параметры ускорителя: энергия электронов: до 550 кэВ; выведенный ток электронов: 6.5 кА; длительность импульса (на полувывоте): 60 нс; частота следования импульсов: до 5 имп/с; энергия в импульсе: до 200 Дж.

Наноразмерный диоксид кремния синтезировался при инжекции импульсного электронного пучка в газофазную смесь тетрахлорида кремния, кислорода и водорода. Для исследований использовали химически чистый тетрахлорид кремния, технический кислород и водород [2]. Импульсный электронный пучок инициировал реакцию горения водорода, которая сопровождалась выделением значительного количества энергии и наработкой радикалов, а также диссоциацию тетрахлорида кремния с образованием атомарного хлора (который вступал в экзотермическую реакцию с водородом). Для синтеза SiO_2 использовался плазмохимический реактор (ПХР) представляющий собой цилиндр из кварцевого стекла с внутренним диаметром 140 мм и объемом 6 литров. На переходной трубе ПХР имеется ряд патрубков, используемых для подключения образцового манометра, подключения дифференциального датчика давления, напуска реagentной смеси и откачки реактора перед напуском газа. Схема эксперимента приведена на рисунке 2.

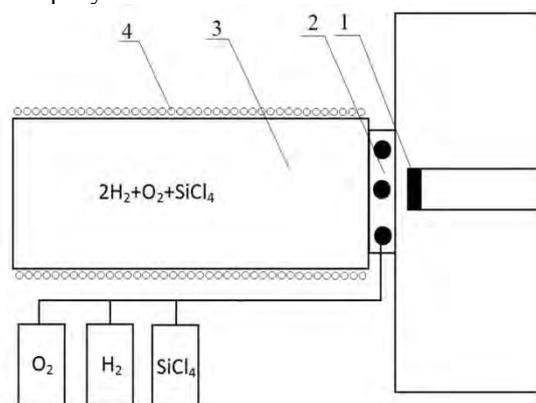


Рис. 2. Схема эксперимента
1 – катод, 2 – переходная камера, 3 – камера ПХР, 4 – нагрев камеры ПХР

На рисунке 3 представлена ПЭМ - фотография и гистограмма распределения частиц диоксида кремния. Из гистограммы видно, что средний размер синтезируемых частиц равен 11,7 нм.

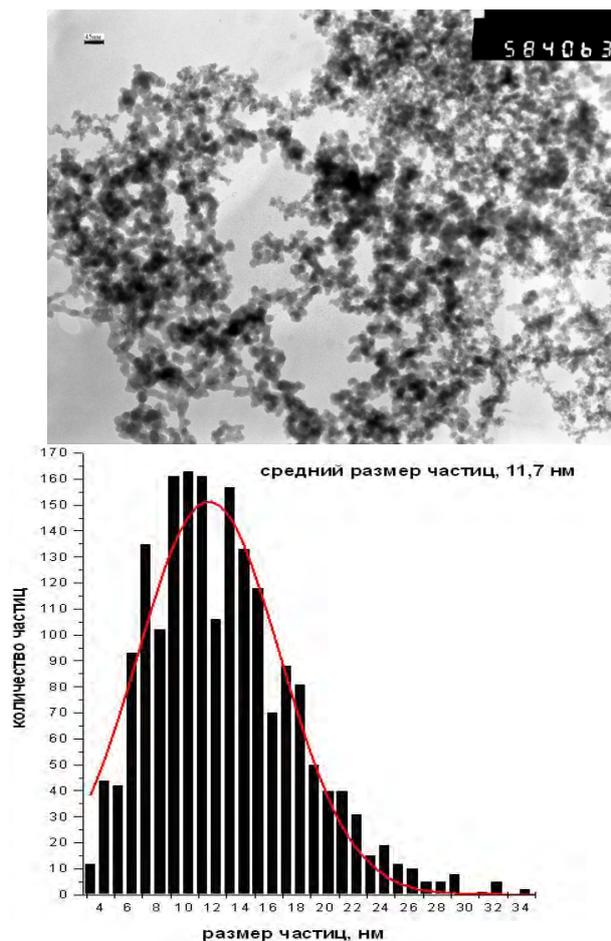


Рис. 3. ПЭМ-фотография порошка диоксида кремния и гистограмма распределения частиц по геометрическому размеру. Исходная смесь O_2 - 48,1 ммоль, H_2 - 96,2 ммоль, $SiCl_4$ - 117 ммоль

Уменьшение содержания тетрахлорида кремния в исходной смеси приводит к уменьшению геометрического размера синтезируемых частиц. На рисунке 4 представлена ПЭМ - фотография и гистограмма распределения частиц по их геометрическому размеру при составе исходной смеси: O_2 - 48,1 ммоль, H_2 - 96,2 ммоль, $SiCl_4$ - 51 ммоль.

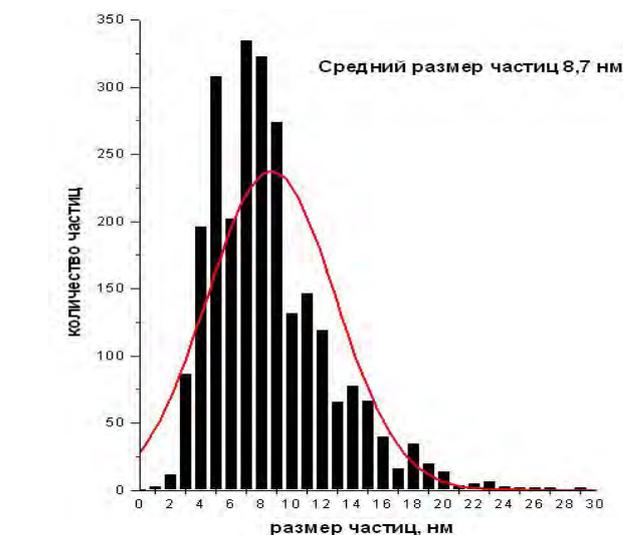
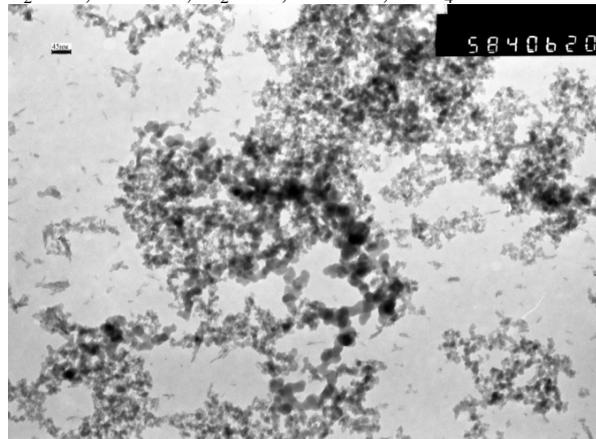


Рис.4. Фотография порошка диоксида кремния и гистограмма распределения частиц по геометрическому размеру

Из гистограммы видно, что средний размер синтезируемого порошка уменьшился и составлял 8,7 нм.

На рисунке 5 показано зависимость размера наночастиц SiO_2 от начальной концентрации $SiCl_4$.

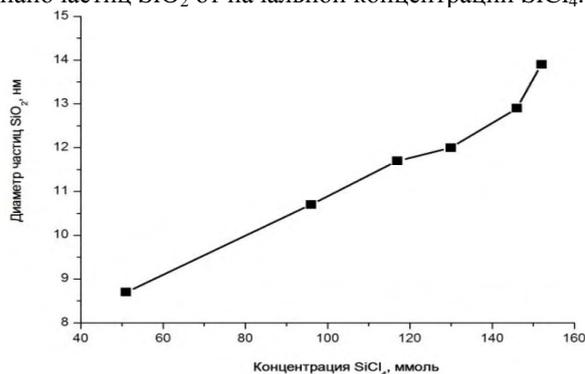


Рис. 5. Зависимость размера наночастиц SiO_2 от начальной концентрации $SiCl_4$

Выполненные экспериментальные исследования показали, что плазмохимический синтез наноразмерных частиц SiO_2 в зависимости от вводимой концентрации $SiCl_4$ лежит в области от 8 нм до 14 нм.

Литература

- [1] Ремнев, Э. Г. Фурман, А. И. Пушкарев, С. Б. Карпузов, Н. А. Кондратьев, Д. В. Гончаров. Импульсный сильноточный ускоритель с согласующим трансформатором // Приборы и техника эксперимента. – 2004. – № 3. – С.130-134.
- [2] Патент № 2264888 Россия. МПК 7 B22F 9/12; C01B 33/18; B03C 3/00 Способ получения нанодисперсных порошков оксидов / Д.В. Пономарев, А.И. Пушкарев, Г.Е. Ремнев. Заявлено 24.12.2003, Опубл. 07.20.2005, Бюл. №Г. Е.

НАНОСТРУКТУРНЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ТОНКИЕ ПОКРЫТИЯ TiAlN С ПОВЫШЕННОЙ ТВЕРДОСТЬЮ, ПОЛУЧЕННЫЕ ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ В ВАКУУМЕ

Крипакова М.В., Гончаренко И.М.

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

Нанокompозитные покрытия представляют новое поколение материалов, которые благодаря очень маленьким (~10 нм) зернам фаз, из которых они состоят, и существенной роли областей межзеренных границ, демонстрируют уникальные свойства по сравнению с традиционными материалами, у которых зерна более чем 100 нм. Твердость нанокompозитных покрытий может быть более чем в 2-3 раза выше, чем твердость их компонент. Хорошо известны две группы твердых и сверхтвердых нанокompозитов на основе нитридов: nc-MeN/(твердая фаза) и nc-MeN/(аморфная фаза). Новые уникальные физические и функциональные свойства нанокompозитных покрытий являются основной движущей силой стимулирующей развитие этих материалов [1-3]. Среди методов получения нанокристаллических покрытий особый интерес представляют PVD-способы при помощи дугового или магнетронного разряда, для которых характерна высокая степень ионизации распыленного с катода материала (40% - 90 %) и высокая концентрация плазмы (до 10^{13} см⁻³). Эти методы не требуют использования дорогостоящих высокочистых химических реагентов (TiCl, NH₃ и т.д.) по сравнению с CVD-процессами.

Структуру и адгезию нанокристаллических покрытий, а также их эксплуатационные характеристики определяет, наряду с многочисленными факторами режимов нанесения, особенности строения межфазной границы «покрытие – подложка». Высокотвердые нанокристаллические покрытия имеют два серьезных недостатка: очень высокий уровень внутренних напряжений, приводящий к охрупчиванию и отслаиванию при контактных нагрузках; низкую теплопроводность – приводящую к высоким градиентам температур в локальных микрообъемах поверхности, что при разных коэффициентах линейного расширения различных материалов также приводит к срыву покрытия с подложки.

В настоящей работе представлены экспериментальные результаты формирования наноструктурных покрытий системы Ti-Al-N при распылении порошкового спеченного катода Ti-Al дуговым разрядом. Повышение эффективности и очистки плазменного потока от макрочастиц, генерируемых с холодного катода электрического дугового разряда, реализовывалось путем пропускания его через криволинейный плазмодод по прототипу изложенному в [4, 5]. Исследовались твердость, скорость роста и адгезия нанокристаллических

пленок в зависимости от энергии ионного потока, определяемой величиной отрицательного смещения, прикладываемого к обрабатываемым экспериментальным образцам.

Синтез тонких покрытий TiAlN осуществлялся на специализированной вакуумной установке в среде ионизированного газа. Формирование металлической плазмы реализовали распылением системы композиционного катода состава Ti-60%,Al-40%. Для проведения эксперимента были взяты образцы, выполненные из двух типов материалов- твердого сплава ВК-8 и нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Напыление проходило при следующих параметрах: давление в камере $P=1,8 \times 10^{-3}$ Торр; рабочий газ $P_N=0,8 \times 10^{-3}$ Торр; ток дугового разряда $I_D=50$ А; время напыления $t=30$ мин.; величина отрицательного смещения $U=0$ В; 100 В; 200 В; 300 В. После проведения эксперимента с помощью калотеста было выявлено, что толщина покрытия меняется в зависимости от величины отрицательного смещения. Кроме того, был проведен тест на адгезию нанокристаллического покрытия, а также измерена микро и нанотвердость.

Все покрытия, образованные с использованием криволинейного плазмодода, однородны по структуре без инородных включений, трещин и пор, точно повторяют микрорельеф подложки. Покрытия, полученные на традиционных источниках без отсеки макрочастиц, имеют поры и в разной степени запылены макрокаплями – продуктами эрозии катода (рис. 1.).

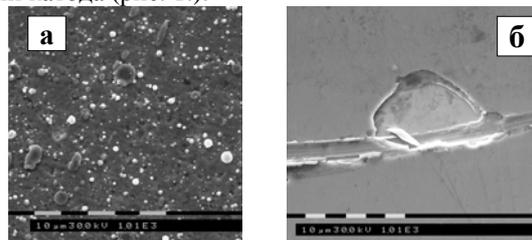


Рис.1. Изображения поверхности, снятые с помощью растровой электронной микроскопии при увеличении ~ 1000х, после осаждения покрытий вакуумно-дуговым методом:

(а) TiAlN без криволинейного плазмодода;

(б) TiAlN с криволинейным плазмододом;

Измерения шероховатости с помощью высокоточной измерительной установки для получения 3D-микрофотографий высокого разрешения “Micro Measure 3D station” показали, что в случае напыления без фильтрации макрочастиц увеличение параметра Ra может достигать 10 раза. В то время

как с использованием плазменного фильтра размер микронеровностей практически повторяет рельеф подложки (0,02 мкм) и не изменяет геометрию поверхности с высоким классом чистоты.

Измерения микротвердости ($L_N=50\text{гр}; 100\text{гр}$), показали, что вариация значением величины смещения не влияет существенно на изменение твердости для всех образцов. Кроме того, значения твердости не высокие (таб.1). Причиной таких результатов послужила низкая величина толщины пленок (таб.2), не превышающая в среднем 1 мкм. При нагрузках 50 и 100 грамм алмазный индентор твердомера проникал глубже, чем области распространения покрытия.

Таблица 1

$U_{\text{см}}, \text{В}$	Микротвердость, HV, кГ/мм^2	
	ВК-8	12Х18Н10Т
0	2344,2	485,8
100	2416,4	378
200	2499	364,5
300	2438,6	477,1

Таблица 2

$U_{\text{см}}, \text{В}$	Толщина покрытия, мкм	
	ВК-8	12Х18Н10Т
0	0,856	0,856
100	0,783	0,783
200	0,595	0,595
300	1,100	1,100

Корректное измерение твердости было проведено с помощью динамического нанотвердомера "Nano Hardness Tester" фирмы CSEM при вдавливающей нагрузке $L_N=1\text{гр}$. В итоге оказалось, что данные покрытия, имеют повышенную твердость (таб.3) значительно превышающие значения по данным измерения при высоких испытательных нагрузках.

Таблица 3

$U_{\text{см}}, \text{В}$	Твердость ($L_N=1\text{гр}$), HV, кГ/мм^2	
	ВК-8	12Х18Н10Т
0	3563,75	3122,37
100	3268,29	3152,52
200	3015,27	1523,51
300	3231,25	2216,68

С увеличением напряжения смещения адгезия нитридной пленки уменьшается, о чем свидетельствуют значения критической нагрузки в процессе тестирования с помощью скрэтч-теста (рис.2). Отличие наблюдается также в том, что она зависит от типа материала подложки (таб.4).

Таблица 4

$U_{\text{см}}, \text{В}$	Критическая нагрузка, L_C , Н	
	12Х18Н10Т	ВК-8
0	0,9	0,8
100	0,3	0,7

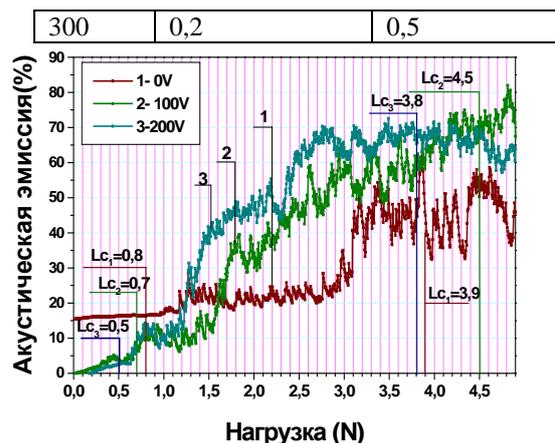


Рис.2. Определение адгезионной прочности покрытия TiAlN (подложка – твердый сплав ВК8) по данным акустической эмиссии.

Структурно-фазовый анализ покрытий, проведенный при помощи просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), показал, что в покрытиях Ti-Al-N, полученных данным методом, была обнаружена только фаза нитрида титана с кубической решеткой. Покрытие состоит из фрагментов с размерами ~100-200 нм, без ярко выраженной текстуры, которые делятся в свою очередь на кристаллиты с размерами в диапазоне от 3 до 14 нм, большую долю объема занимают кристаллиты с размерами ~5-6 нм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изменение параметров напыления при PVD-методе, а именно смещение отрицательного напряжения, влияет на толщину получаемого покрытия. Также использование криволинейного плазмоведа улучшает качество обрабатываемой поверхности. Не смотря на хорошие физико-механические показатели, такие как твердость, остаются проблемы с адгезией из-за упруго-напряженного состояния материала конденсата. В связи с этим, проводятся дальнейшие исследования.

Литература

1. I.A. J Perry: Scratch Adhesion Testing: A Critique, 107, 167.
2. A Thomas: Microhardness Measurement as a quality control technique for thin, hard coatings.
3. М.И. Петржик, Д.В Штанский, Е.А Левашов „ Современные методы оценки механических и трибологических свойств функциональных поверхностей “, Москва, ОАО ЦНИТИ „ Техномаш” 9-11 сент. 2004г.
4. Anders A. Cathodic arcs. From fractal spots to energetic condensation.//Springer, 2008, 542p
5. Патент на изобретение RU № 2173911, C2, 04.04.1997/

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА КАТАЛИТИЧЕСКИМ ПИРОЛИЗОМ ПРОПАНА НА БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ Ni-СОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРАХ

Ласуков В.В.

Научный руководитель: Соловьев Е.А., к.т.н.
Новосибирский государственный технический университет,
630092, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20
E-mail: snake21@pochta.ru

Водород является востребованным сырьем в различных областях промышленности и перспективным энергоносителем. Получение водорода должно быть экономически оправданным, чтобы стоимость энергетического эквивалента этого энергоносителя была соизмерима со стоимостью традиционных энергоносителей и того энергоносителя, что использовали для производства водорода. Существует несколько способов производства водорода из различного сырья с использованием разнообразных источников энергии. На сегодняшний день основным промышленным способом производства водорода является паровой риформинг метана (природного газа). Водород, полученный методом парового риформинга, необходимо подвергать дополнительной очистке от примесей оксидов углерода, наличие которых губительно сказывается на работе твердополимерных топливных элементов. Многостадийность и высокая энергоемкость данного способа получения водорода существенно увеличивает себестоимость продукта. Альтернативным способом получения водорода является каталитический пиролиз углеводородов при 500–800°C с использованием катализаторов на основе металлов VIII группы, преимущественно Ni. В результате реакции образуется газовая смесь с высоким содержанием водорода, без оксидов углерода.

Применение катализаторов позволяет значительно снизить температуру процесса пиролиза (до 500–800°C). В общем виде, данный процесс описывается уравнением:



Необходимо отметить, что углерод при осуществлении данного процесса образуется только на катализаторе в виде нановолокон или нанотрубок графитоподобной структуры и представляет собой ценный побочный продукт. Обладая уникальными физико-химическими свойствами, нановолокнистый углерод может применяться в различных областях науки и техники: как наполнитель композитных материалов, адсорбент, основа катализатора и т.д. Поэтому, в случае эффективного использования НВУ, себестоимость водорода может быть существенно снижена.

Одной из наиболее часто рассматриваемых реакций является реакция разложения $C H_4$ на нанесенных катализаторах, содержащих в качестве активного катализатора наночастицы Ni. Известно, что Ni катализаторы наиболее эффективны при

разложении метана в диапазоне температур 400–600°C, но они быстро дезактивируются при температурах выше 600°C и не позволяют получать высокие концентрации водорода. В отличие от катализаторов содержащих Ni, системы на основе Fe позволяют эффективно разлагать метан на водород и углерод при 650–800°C, но при этом время «жизни» катализатора очень мало (не более 16 часов), поэтому суммарные выходы как водорода, так и углерода за период реакции до полной дезактивации катализатора оказываются невысокими. Добавление второго металла к Ni, позволяет улучшить характеристики катализатора, включая его активность и ресурс. При этом возрастает степень превращения метана и, соответственно, концентрация водорода в продуктах реакции. Наиболее часто используемыми металлами являются Ni, Fe, Co, Pd и их сплавы.

В качестве сырья для получения водорода и углерода могут быть использованы углеводороды тяжелее метана (C_2-C_4). Разложение углеводородов C_2-C_4 на Ni содержащих катализаторах с получением высоких выходов водорода и НВУ происходит при более низких температурах (500–650°C) по сравнению с разложением метана. Для получения максимального выхода необходимо знать оптимальные условия проведения процесса.

Была проведена серия экспериментов, цель которых: определить оптимальные условия проведения процесса каталитического пиролиза пропана, для увеличения отношения $H_2:C H_4$ в продуктах реакции. Необходимость увеличения отношения $H_2:C H_4$ обусловлена сложностью разделения этих газов, так как их молекулы близки по размерам. Варьируемыми параметрами процесса являлись: температура и катализатор. Опыты проводились по двум методикам: проведение реакции при постоянной температуре и термопрограммируемые реакции. В экспериментах использовались катализаторы, содержащие в качестве активной фазы сплав 50 вес.% Ni и 40 вес.% Me, где Me = Cu, Co, Fe, с текстурным промотором в виде $Si O_2$ (10 вес.%). Катализаторы были приготовлены методом гетерофазного золь-геля синтеза.

В результате экспериментов установлен ряд зависимостей концентраций продуктов каталитического пиролиза от условий проведения процесса. Для установления оптимальной температуры процесса разложения пропана на катализаторе 50Ni-40Fe, провели эксперимент с термопрограммируе-

мой реакций. Полученные зависимости представлены на рисунке 1:

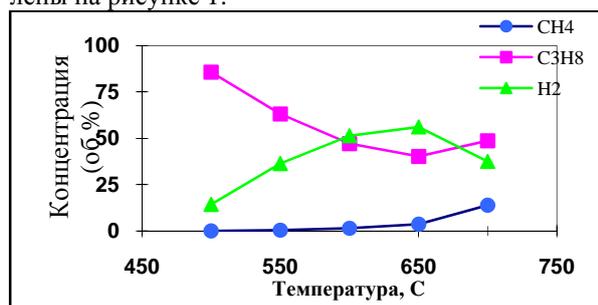


Рисунок 1. Зависимости концентраций метана, водорода и пропана от температуры на катализаторе 50Ni-40Fe.

Из графиков на рисунке 1 видно, что температура каталитического пиролиза пропана на катализаторе 50Ni-40Fe, при которой достигается наибольший выход водорода составляет 650°C. Проведя эксперимент при данной температуре получили зависимость, рисунок 2:

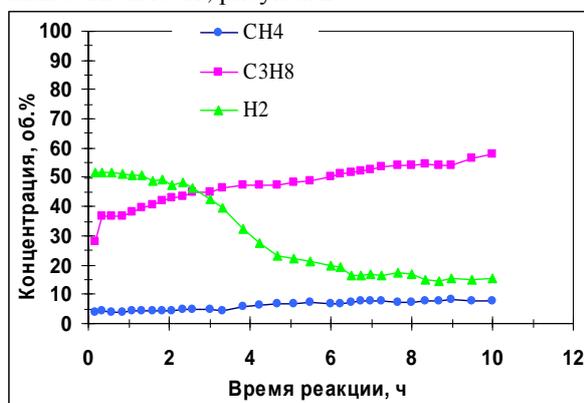


Рисунок 2. Зависимости концентраций метана, водорода и пропана от времени проведения процесса на катализаторе 50Ni-40Fe при 650 °С.

Из графиков на рисунке 2 следует, что объёмная концентрация водорода в первые три часа составляла около 50%, при концентрации метана всего около 4%. Однако, уже после четырёх часов работы катализатора эти показатели резко ухудшились. Произошла дезактивация катализатора.

На этом же катализаторе (50Ni-40Fe) при температуре 600 °С, были получены следующие зависимости, рисунок 3.

Из графиков на рисунке 3 следует, что при незначительно меньших объёмных концентрациях водорода, получили концентрацию метана меньше 1 % и время «жизни» катализатора увеличилось в 2 раза по сравнению с проведением процесса при 650 °С.

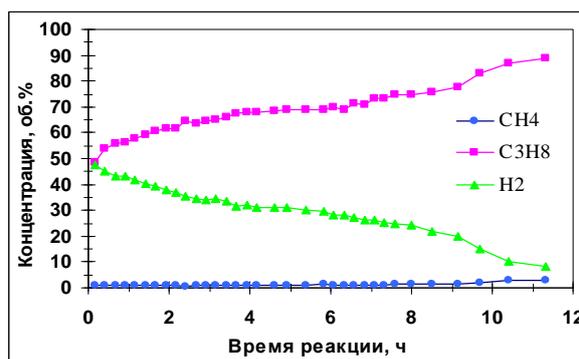


Рисунок 3. Зависимость концентраций метана, водорода и пропана от времени проведения процесса на катализаторе 50Ni-40Fe при 600 °С.

При замене второго металла катализатора на Co и Cu были получены следующие зависимости, рисунок 4:

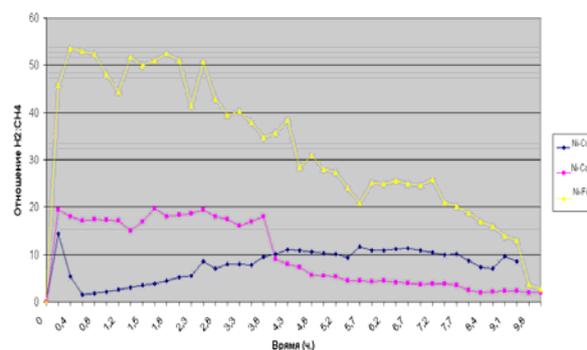


Рисунок 4. Зависимость отношения H₂:CH₄ от времени процесса каталитического пиролиза пропана на катализаторах 50Ni-40Cu, 50Ni-40Co, 50Ni-40Fe при 600 °С

Как это видно из рисунка 4, наибольшее отношение H₂:CH₄ достигается у 50Ni-40Fe катализатора. Дезактивация на 50Ni-40Co происходит очень быстро (около четырёх часов), это может быть связано с неподходящими условиями проведения процесса. Катализатор 50Ni-40Cu работает длительное время, но с низкой селективностью по водороду.

Таким образом, установлено, что наибольшее отношение H₂:CH₄ в продуктах реакции достигается на катализаторе 50Ni-40Fe. По-видимому это обусловлено различиями в структуре активных центров на поверхности каталитических частиц, которая, вероятно, зависит от кристаллической решетки того или иного сплава. Механизм разложения пропана на данных катализаторах пока не изучен и причины изменения селективности в зависимости от состава катализатора и температуры пока не ясны. Эту задачу планируется решать на дальнейших этапах работы.

Литература:

1. Solovyev, E.A., Kuvshinov, D.G., Ermakov, D.Yu., Kuvshinov, G.G. 2009 International Journal of Hydrogen Energy 34 (3), pp. 1310-1323, cited in Scopus 0.

ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ДВОЙНЫХ ОКСИДОВ ТАНТАЛА (V) И ЛАНТАНА (III)

Лисенко О.В.

Научный руководитель: Козик В.В., д.т.н., профессор

Томский государственный университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36

E-mail: ovlisenko@rambler.ru

Интенсивное развитие научного направления, связанного с получением и изучением наноматериалов, обусловлено тем, что данные вещества обладают особыми механическими, оптическими, электрическими и магнитными свойствами отличными от свойств аналогичных макрочастиц [1]. К наноматериалам относят наносистемы на основе тонких неорганических оксидных пленок. Тонкие пленки являются структурами, в которых два размера на порядок превышают третий размер, лежащий в нанодиапазоне. В настоящее время среди тонкопленочных наносистем материалы, полученные на основе сложных оксидов тантала и лантана, являются перспективными, поскольку находят практическое применение в электронной и светотехнической промышленности.

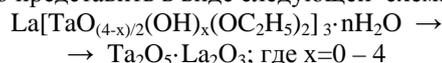
Целью настоящей работы являлось получение тонких пленок на основе двойных оксидов тантала и лантана, с соотношением 1:1, нанометровых размеров на разных подложках и изучение физико-химических свойств.

В качестве метода синтеза пленок выбран золь-гель метод, который позволяет получать двухкомпонентные системы, обладающие высокой химической однородностью на молекулярном уровне. Для получения пленок $Ta_2O_5 \cdot La_2O_3$, пленкообразующие растворы (ПОР) готовили на основе абсолютного спирта и хлоридов тантала и лантана. Пленки получали методом центрифугирования с последующей термообработкой в две стадии: термостатирование при 333 – 423 К и последующий отжиг. В качестве подложек использовали стекло, плавленый кварц, полированные монокристаллические пластины кремния и поликора.

Полученные оксидные пленки обладают высокой степенью равномерности по толщине, о чем свидетельствует их однородная интерференционная окраска по всей поверхности подложек. Проверка пленок на химическую устойчивость, показала, что тонкие пленки (устойчивы к действию агрессивных сред) способны противостоять разрушающему действию кислот и щелочей и сохраняют свои физико-химические свойства прежними.

Важным параметром, с технологической точки, является установление оптимальной температуры синтеза тонких пленок, при которой происходит образование качественного покрытия с заданными свойствами. С этой целью была исследована зависимость показателя преломления (n) пленок $Ta_2O_5 \cdot La_2O_3$ от температуры отжига (T). Согласно литературным данным [2] в не отожженной пленке танталат лантана находится в виде рентгеноа-

морфного соединения имеющего непостоянный состав, который условно можно выразить как $La[TaO_{3-x/2}(OC_2H_5)_y(OH)_z]_3 \cdot nH_2O$. При нагревании из сырой пленки удаляются влага и газообразные продукты разложения исходных пленкообразующих частицы. Процесс формирования $Ta_2O_5 \cdot La_2O_3$ можно представить в виде следующей схемы:



На рисунке 1 приведен график зависимости $T = f(n)$, из которого видно, что с повышением температуры наблюдается увеличение показателя преломления, это связано с уплотнением пленки при формировании оксидов тантала (V) и лантана (III). С дальнейшим увеличением температуры формирования наблюдается более быстрое увеличение показателя преломления пленки.

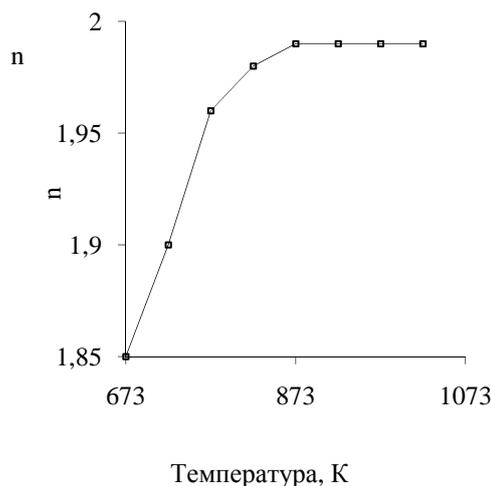


Рис. 1. Зависимость показателя преломления пленки $Ta_2O_5 \cdot La_2O_3$ от температуры отжига

Результаты рентгенофазового анализа тонкой пленки показали, что присутствующая фаза является ортотанталатом лантана $LaTaO_4$, который кристаллизуется в пленке при 873 К без образования промежуточных соединений, минуя стадию образования свободных оксидов. В связи с этим прослеживается резкое увеличение показателя преломления (1,99). В интервале температур 973 – 1023 К наблюдается стабилизация значений показателей преломления, поскольку, в области температур 923 – 973 К заканчивается формирование двойных оксидов.

В работе изучена зависимость фундаментальных свойств пленок от физико-химических свойств материала подложки. Результаты приведены в таблице 1. Пленки, полученные на поли-

кристаллических подложках (поликор) обладают высокими показателями преломления, поскольку образуется поликристаллическая пленка, вследствие существования ориентирующего влияния поверхности подложки. Близкий к пленкам на поликоре, показатель преломления имеют пленки на монокристаллах кремния. Приведенное на рисунке 2 изображение показывает морфологию поверхности пленки на кремниевой подложке в трехмерном изображении. Для пленки $Ta_2O_5 \cdot La_2O_3$ характерна малая пористость и большая монолитность в тонких слоях. Средний размер кристаллитов 10 нм. На аморфных подложках (стекло, плавленый кварц) образуется пленка, имеющая аморфную структуру (толщина пленки 42,29 нм), поэтому величина показателя преломления таких пленок ниже. Однако при последовательном получении трех слоев (нанесение ПОР; сушка; отжиг) (толщина пленки 67,70 нм) значения показателя преломления увеличиваются. Таким образом, полученные результаты подтверждают, применительно к тонким слоям, зависимость физико-химических свойств от толщины [3]. Для пленок на стекле характерна высокая адгезия, что вероятно связанного с высоким координационным числом тантала и лантана и с особой легкостью гидролиза пленкообразующих частиц вещества с поверхностным слоем стекла, состоящим из гидроксильных групп.

Таблица 1. Показатель преломления пленки $Ta_2O_5 \cdot La_2O_3$ на разных подложках.

Материал подложки	Показатель преломления
Поликор	2,10
Монокристаллический кремний	1,99
Плавленый кварц	1,97
Стекло (1 слой)	1,78
Стекло (3 слоя)	1,85

Тонкие пленки $Ta_2O_5 \cdot La_2O_3$ обладают высоким коэффициентом пропускания около 88 % и прозрачны до 275 нм. Значение оптической ширины запрещенной зоны полученных материалов равно 4,59 эВ. В таблице 2 представлены оптические и электрофизические свойства пленок $Ta_2O_5 \cdot La_2O_3$, полученных на кремниевых подложках.

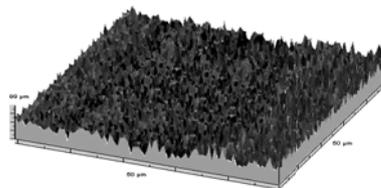


Рис. 2. Изображение рельефа поверхности для пленки $Ta_2O_5 \cdot La_2O_3$

Таблица 2. Свойства тонкой пленки $Ta_2O_5 \cdot La_2O_3$

Параметр	Значение
Толщина d, нм	31,30
Показатель преломления n	1,99
Адгезия F, кг/мм ²	0,85
Диэлектрическая проницаемость ε	16,7
Поверхностное сопротивление ρ, Ом·см	1,0·10 ¹⁴
Тангенс угла потерь tg δ	0,07

Таким образом, проведено комплексное изучение физико-химических свойств синтезированных тонкопленочных материалов в зависимости от условий получения. Тонкопленочные наноматериалы могут найти применение для производства ультрафиолетовых облучателей, в качестве покрытия на лампах, отсекающих жесткое ультрафиолетовое излучение. Тонкие пленки ортотанталата лантана обладают высокой термохимической и механической устойчивостью, что обуславливает их применение в качестве защитных покрытий в оптических фильтрах, повышая стабильность светотехнических параметров и защищая от влаги. Полученные оксидные пленки представляют собой сплошные бездефектные покрытия с относительно малой пористостью и высоким поверхностным сопротивлением, это позволяет использовать их в электронной технике в качестве тонкопленочных конденсаторов.

Список литературы:

1. Мелихов В.И. Физикохимия наносистем: Успехи и проблемы // Вестник Российской Академии наук. – 2002. – Т. 72, № 10. – С. 900 – 909.
2. Соединения редкоземельных элементов. Цирконаты, гафнаты, ниобаты, танталаты, антимонаты. / Арсеньев П. А., Глушкова В. Б., Евдокимова А. А. и др. – М.: Наука, 1985. – 261 с.
3. Борило Л.П. Тонкопленочные неорганические наносистемы. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2003. – 134 с.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЙ ЖИДКОСТЕЙ В МИКРОКАНАЛАХ

Лобасов А.С.

Научный руководитель: Минаков А.В. к.ф.-м.н.

Сибирский федеральный университет, ИИФирЭ, 660074, Россия, г. Красноярск, ул. Киренского, 26

E-mail: perpetuityrs@mail.ru

В последние годы развиваются новые направления в гидромеханике, связанные с нанотехнологиями. В традиционной гидродинамике изучается движение газов и жидкостей в макроскопических размерах. Возникает вопрос о микро- и наногидродинамике в области размеров, условно относящихся к области нанотехнологий (менее $100 \text{ нм} = 0,1 \text{ мкм}$).

В данной работе были проведены расчёты ламинарного течения жидкостей в микроканалах различного сечения: круглого, квадратного, треугольного и кольцевого канала.

Математическая модель

Для исследования поставленной задачи был применён аппарат математического моделирования, основанный на численном решении уравнения Навье-Стокса в стационарной постановке, дополненный уравнениями переноса и диффузии концентрации. Моделирование многокомпонентного потока выполняется в рамках односкоростного приближения. Ламинарное течение несжимаемой жидкости описывается уравнениями Навье-Стокса:

уравнение неразрывности

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho \mathbf{v}) = 0, \quad (1.1)$$

где ρ – плотность, кг/м^3 ; \mathbf{v} – вектор скорости, м/с ; t – время, с .

уравнение переноса импульса

$$\frac{\partial \rho \mathbf{v}}{\partial t} + \nabla(\rho \mathbf{v} \cdot \mathbf{v}) = -\nabla p + \nabla \boldsymbol{\tau}, \quad (1.2)$$

где p – давление, Па ; тензор вязких напряжений:

$$\tau_{ij} = \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right),$$

где μ – молекулярная вязкость, $\text{Па}\cdot\text{с}$

Плотность смеси выражается через массовые доли отдельных компонент потока следующим образом:

$$\rho = \left(\sum_i \frac{f_i}{\rho_i} \right)^{-1},$$

где f – массовая доля компонента смеси, кг/кг и суммирование ведётся по всем компонентам среды.

Уравнения переноса компонентов потока, записанные для массовых долей, в условиях отсутствия объемных источников имеет следующий вид:

$$\frac{\partial \rho f_i}{\partial t} + \nabla(\rho \mathbf{v} \cdot f_i) = \nabla(\rho D_i \cdot \nabla f_i), \quad (1.3)$$

где D_i – коэффициент молекулярной диффузии i -го компонента [$\text{м}^2/\text{с}$].

Разностный аналог конвективно-диффузионных уравнений (1.1, 1.3) находится с помощью метода конечного объема для структурированных многоблочных сеток, при применении которого автоматически выполняется консервативность полученной схемы. Суть метода заключается в разбиении расчетной области на контрольные объемы и интегрировании исходных уравнений сохранения по каждому контрольному объему для получения конечно-разностных соотношений. Для аппроксимации конвективных членов уравнений гидродинамики (1.2) и уравнения переноса массовых долей компонент среды (1.3) используются противоточные схемы второго порядка – QUICK и TVD схемы соответственно. Для аппроксимации нестационарных слагаемых уравнений гидродинамики используется неявная схема второго порядка. Диффузионные потоки и источники членов аппроксимируются конечно-объемными аналогами центрально-разностных соотношений со вторым порядком точности. Связь между полями скорости и давления, обеспечивающая выполнение уравнения неразрывности (1.1), реализуется при помощи SIMPLEC процедуры на совмещенных сетках. Для устранения осцилляций поля давления используется подход Рхи-Чоу, заключающийся во введении монотонизатора в уравнения для поправки давления. Полученные в результате дискретизации исходной системы дифференциальных уравнений разностные уравнения решаются итерационным способом с применением алгебраического многосеточного решателя.

Установившееся ламинарное течение жидкости в микроканалах различного поперечного сечения.

На рисунке 1 представлены расчётные сетки для моделируемых микроканалов. Длина каждого из них – 1000 мкм , число Рейнольдса равно единице.

Задачи о установившемся ламинарном течении жидкости в прямолинейных трубах имеют аналитические решения, которые описаны в литературе [1]. Эти решения были сопоставлены с численными расчётами и получено хорошее согласование по величине перепадов давления, представленных

в таблице 1, и по форме профилей скорости, представленных на рисунке 2.

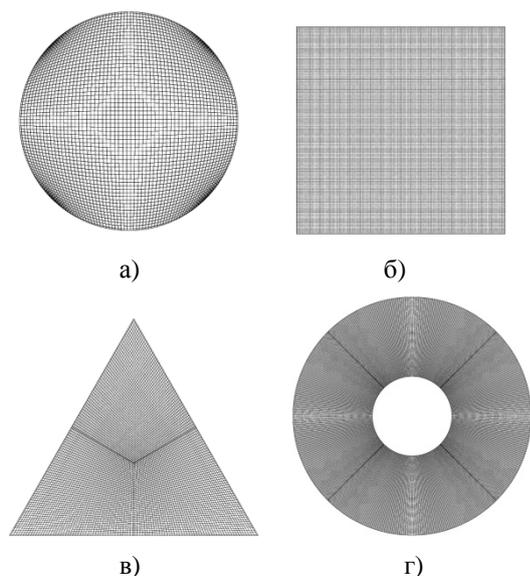


Рисунок 1 – Расчетные сетки. а) круглый микроканал, 100×100×10 узлов, диаметр – 100 мкм; б) квадратный микроканал, 100×100×6 узлов, длина стороны – 100 мкм; в) треугольный микроканал, 50×50×5 узлов, длина стороны – 100 мкм; г) кольцевой микроканал, 100×100×5 узлов, внутренний диаметр – 50 мкм, внешний диаметр – 150 мкм

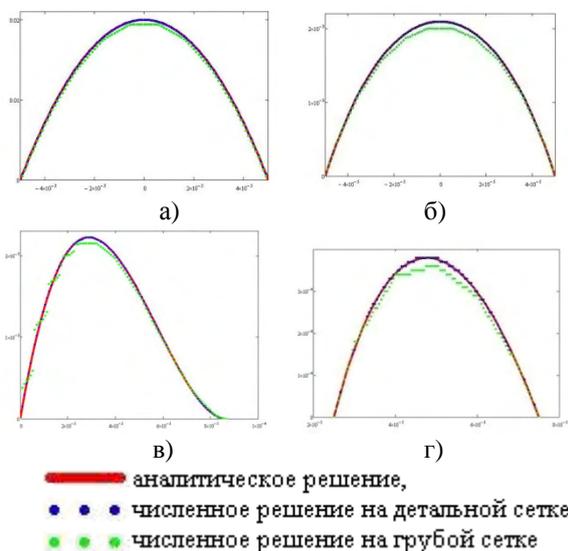


Рисунок 2 – Профиль скорости, а) круглый микроканал; б) квадратный микроканал; в) треугольный микроканал; г) кольцевой микроканал

Таблица 1 – Сравнение аналитического решения и расчёта

Re	$\Delta p_{ан}$, Па	$\Delta p_{рас}$, Па	ϵ , %
Круглый микроканал			
1	3,2	3,199	0,018
10	32	31,995	0,017
100	320	319,994	0,018
Квадратный микроканал			
1	2,841	2,846	0,16
10	28,41	28,446	0,13
100	284,1	284,577	0,17
Треугольный микроканал			
1	8	7,997	0,036
10	80	79,968	0,039
100	800	799,68	0,04
Кольцевой микроканал			
1	1,177	1,1767	0,022
10	11,77	11,768	0,019
100	117,7	117,675	0,021

Течение жидкости в круглой трубе с начальным перепадом давлений 0,01 Па

Расчётная сетка для моделируемой трубы содержала 20×20×50 узлов. Диаметр трубы – 0,1 м, длина трубы – 2,5 м, число Рейнольдса равно единице.

Аналитическое решение этой задачи приведено в [1]. Сравнение численного решения с аналитическим проведено по форме профиля скорости в и расхода жидкости в различные моменты времени. Результаты сравнения представлены на рисунке 3.

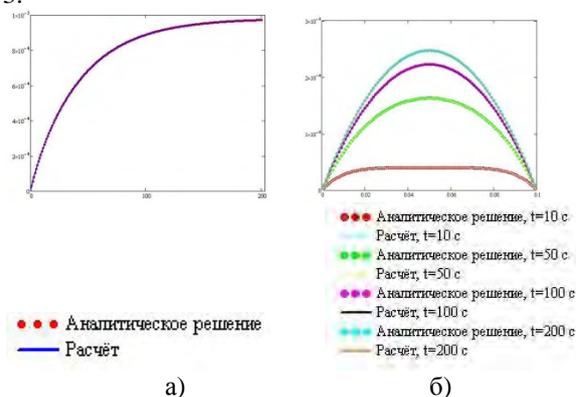


Рисунок 3 – Сравнение аналитического решения и расчёта, а) зависимость расхода жидкости от времени; б) профиль скорости в моменты времени $t = 10, 50, 100$ и 200 секунд

Список литературы

1. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа / Л. Г. Лойцянский. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987.– 840 с.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СМЕШЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ В МИКРОКАНАЛАХ

Лобасов А.С.

Научный руководитель: Минаков А.В. к.ф.-м.н.

Сибирский Федеральный Университет, ИИФиРЭ, 660074, Россия, г. Красноярск, ул. Киренского, 26

E-mail: perpetuityrs@mail.ru

Перемешивание микроскопических количеств жидкости имеет важное значение во многих приложениях: химические микрореакторы, анализаторы химических и биологических веществ и многие другие. Поскольку характерное значение числа Рейнольдса для микроканалов меньше 1, то скорость перемешивания в них определяется в основном молекулярной диффузией. А это очень медленный процесс, поэтому применяются различные способы улучшения смешения.

Одним из способов интенсификации смешения в микроканалах является применение различных вставок. В данной работе рассмотрено смешение в Т-образном микроканале с Г-образными вставками. Геометрия микроканала: толщина микроканала – 0,28 мм; ширина входов – 0,25 мм; длина довставочной зоны – 0,5 мм; длина зоны смешения – 2 мм; ширина зоны смешения, вставочной и довставочной зон – 0,1 мм; толщина вставки – 0,07 мм; длина каждой из сторон (направляющих) вставки – 0,3 мм; малый зазор между вставкой и стенкой – 0,05 мм; большой зазор между вставкой и стенкой – 0,15 мм; расстояние между соседними вставками – 0,1 мм.

В данной серии численных экспериментов фиксировались числа Рейнольдса и Пекле и варьировалось количество вставок. На рис. 1а-1в показана качественная картина смешения жидкостей в канале без вставок, с четырьмя и семью вставками. Число Рейнольдса в данной серии расчетов равнялось 2, число Пекле – 5000. Количественные результаты расчётов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты численного моделирования смешения двух жидкостей в Т-образном микроканале с различным количеством Г-образных вставок

Число вставок	Перепад давл., Па	Смешение, %	Эффектив. смещ, I_n/I_0
0	8,905	4,264	1
2	22,057	20,922	4,907
3	29,869	22,811	5,350
4	37,686	24,816	5,820
5	45,503	26,693	6,260
7	61,136	30,876	7,241

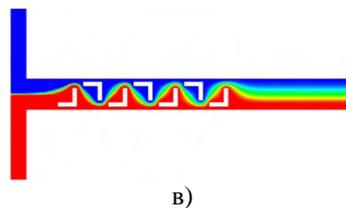
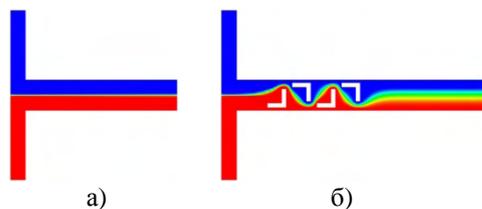


Рис. 1. Смешение двух жидкостей в Т-образном микроканале: а) без Г-образных вставок; б) с четырьмя Г-образными вставками; в) с семью Г-образными вставками

Во второй серии расчетов число вставок было фиксировано, а варьировались числа Рейнольдса и Пекле. На рис. 2а-2г показана качественная картина смешения жидкостей в Т-образном микроканале с четырьмя и пятью вставками для различных чисел Рейнольдса и Пекле.

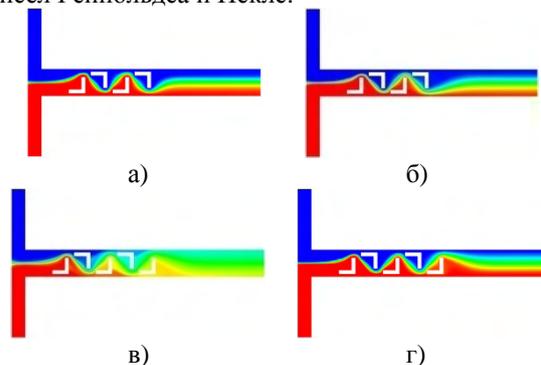


Рис. 2. Смешение двух жидкостей в Т-образном микроканале: а) с четырьмя Г-образными вставками, $Re = 2$ и $Pe = 500$; б) с четырьмя Г-образными вставками, $Re = 10$ и $Pe = 500$; в) с пятью Г-образными вставками, $Re = 10$ и $Pe = 100$; г) с пятью Г-образными вставками, $Re = 10$ и $Pe = 20000$;

В результате численного моделирования было установлено, что с увеличением числа Рейнольдса растёт как смешение, так и перепад давления, но от числа Пекле зависит только эффективность смешения, а перепад давлений остаётся постоянным.

Другой вариант интенсификации – это смешение жидкостей в микромиксере S-типа прямоугольного сечения.

Геометрия канала с тремя секциями и качественная картина смешения в данном канале показаны на рис. 3. Расчётная сетка содержала около 150000 узлов. Число Рейнольдса задавалось равным 4, число Пекле – 5000.

Расчёты для микромиксера S-типа с одной, двумя, тремя, четырьмя и восемью секциями. Результаты расчетов сопоставлялись результатами смешения в прямом канале прямоугольного сечения аналогичной длины. Результаты расчётов приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты численного моделирования смешения двух жидкостей в искривлённом микроканале прямоугольного сечения

Секц	Перепад давл, Па		Смешение, %	
	искр	прям	искр	прям
1	283,6	355,5	24,40	8,26
2	402,9	546,7	32,44	10,26
3	522,0	737,7	37,39	11,95
4	641,3	930,3	43,70	13,43
8	1118	1693	58,74	18,23

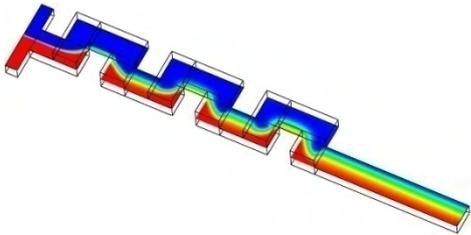
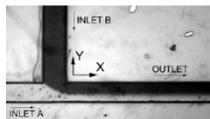


Рис. 3 – Качественная картина смешения в микромиксере S-типа прямоугольного сечения

Как видно из таблицы смешение в микромиксере S-типа намного лучше, а перепад давлений даже меньше, чем в прямом канале. Это объясняется тем, что в местах изгиба микромиксера площадь сечения в два раза больше, чем на прямых его участках.

Кроме пассивных методов смешения, где процесс интенсифицируется за счёт особенностей геометрии канала, существует и активные методы смешения, где интенсификация происходит под действием внешних факторов (электромагнитных, акустических). В данной работе был рассмотрен способ интенсификации связанный с периодическими изменениями расхода жидкости на входе в микроканал. Было проведено сравнение пассивного и активного метода смешения жидкостей в микромиксере T-типа.

Геометрия канала показана на рис. 4, ширина микроканала – 200 мкм, толщина – 100 мкм. Левый и правый вход имеют одинаковую длину – 500 мкм. Длина канала смешения – 2000 мкм. При пассивном смешении на верхний вход в микроканал подается подкрашенная жидкость со среднерасходной скоростью 1 мм/с, через левый вход с такой же скоростью подается чистая жидкость со следующими физическими свойствами: плотность – 1000 кг/м³, вязкость – 0.000667 Па·с, коэффициент диффузии краски в чистой жидкости – 7×10⁻¹¹ м²/с.



а)



б)

Рис. 4. Геометрия канала: а) эксперимент; б) расчёт

Видно, что перемешивание здесь очень плохое. Эффективность смешения при стационарном течении на выходе из смесителя (на расстоянии 2000 мкм от места слияния потоков) составляет 9,9%. Перепад давления между верхним входом и выходом равен $\Delta P = 5,149$ Па.

При активном смешении на левом входе среднерасходная скорость жидкости задавалась постоянной и равной 1 мм/с. Среднерасходная скорость на верхнем входе задавалась следующим образом:

$V = 1 \text{ мм/с} + A \times \sin(2\pi f \times t)$, где f – частота пульсаций скорости на входе, A – амплитуда пульсаций.

В расчетах варьировались частота и амплитуда пульсаций скорости следующим образом:

$A = 1, 2, 5, 10$ мм/с.

$f = 0.05, 0.1, 1, 2, 5, 10$ Гц.

На рис. 5а-5г изображены результаты расчёта – изолинии осреднённой по времени концентрации краски.

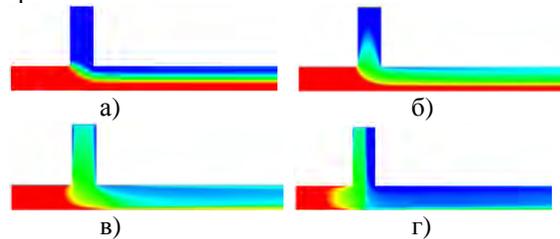


Рис. 5. Изолинии осредненной по времени концентрации краски: а) $f = 1$ Гц, $A = 1$ мм/с; б) $f = 1$ Гц, $A = 2$ мм/с; в) $f = 1$ Гц, $A = 5$ мм/с; г) $f = 1$ Гц, $A = 10$ мм/с;

Зависимость осредненной эффективности смешения от частоты и амплитуды пульсаций скорости на входе приведена на рис. 6. Как видно, с ростом частоты пульсаций скорости эффективность смешения растет, достигая своего максимума в районе 1-2 Гц, затем медленно падает. С ростом амплитуду пульсаций скорости эффективность смешения также растет, достигая максимума при амплитуде 5 мм/с, и затем уменьшается.

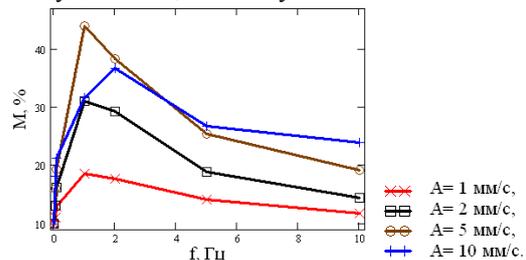


Рис. 6. Зависимость осредненной эффективности смешения от частоты и амплитуды пульсаций скорости на входе

Список литературы

1. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа / Л. Г. Лойцянский. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 840 с.

К ВОПРОСУ СВЕТОРАССЕЯНИЯ В ПОРОШКАХ

Лучшев М.А.

Научный руководитель: Яковлев А.Н., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: luch@tpu.ru

На сегодняшний день существует множество теории пространственного распределения света в диффузно – рассеивающих средах [1], но ни одна из них не имеет твердого научного подтверждения. Поэтому вопрос светорассеяния в ДРС является мало изученным и актуальным. Так как для правильного применения воздействия света на ДРС очень важно представлять физику процесса внутри ДРС, особенно важные значения приобретает этот вопрос, когда он касается безопасности людей, в тех случаях, когда ДРС являются взрывчатые вещества, такие как азиды свинца и т.п.

Основной целью данной работы является определение оптических характеристик ДРС.

В работе проводились исследования оптических характеристик порошков, полученных в результате дробления цветных стекол (светофильтров) марок ТС-2, ЖС-4, НС-7, СС-1 с известным показателем поглощения μ на длине волны λ 500 нм [2], измерения оптических характеристик и компьютерного моделирования светорассеяния в ДРС.

Измерения выполнялись на лейкометре фирмы Carlziess, предназначенным для измерения интегральных коэффициентов отражения слабоокрашенных образцов (1..100, погрешность ~0,2%), затем с использованием компьютерного моделирования, рассчитывалось альбеда Λ (вероятность выживания). Компьютерное моделирование выполнялось с помощью метода Монте-Карло [3], который основан на проведении большого числа испытаний в формировании случайного процесса светорассеяния в ДРС, с учетом известных оптико – физических величин.

В результате эксперимента определены коэффициенты отражения ρ каждого порошка, рассчитано Λ , показатель рассеяния β и показатели поглощения μ порошков. [4]

Как сказано выше, в качестве образцов для исследования взяты цветные стекла (светофильтры) с известным μ в аморфном состоянии на $\lambda=500$ нм ТС-2 ($\mu=1,2$ мм⁻¹); ЖС-4 ($\mu=0,009$ мм⁻¹); НС-7 ($\mu=0,111$ мм⁻¹); СС-1 ($\mu=0,08$ мм⁻¹), с последующим размельчением за одинаковое время до порошкового состояния и просеянием через сито с размером ячейки 600 мкм. С помощью лейкометра измерены интегральные коэффициенты отражения ρ полученных порошков, так как зависимость μ от λ для этих светофильтров является примерно одинаковой для спектрального рабочего диапазона лейкометра.

Компьютерная программа по расчету излучения в ДРС моделирует полубесконечную ДРС,

каждый слой которой состоит из множества ячеек размером τ (τ – является оптической толщиной среды), фотон попадая в каждую ячейку испытывает либо поглощение, либо рассеяние, вероятность каждого действия зависит от заданных параметров среды. Входными данными являются количество фотонов запускаемых в среду, показатель преломления среды и альбеда Λ (вероятность рассеяния). Как было сказано выше, программа основана на методе Монте – Карло, то есть вероятность поглощения или рассеяния фотона определяется случайно, альбеда Λ (вероятность рассеяния) рассчитываемое по формуле $\Lambda = \frac{\beta}{\mu+\beta}$ (где

μ – показатель поглощения, β – показатель рассеяния), выводится из формулы вероятности $V=S/P$, где P – общее число событий, S – число интересующих нас событий. Выходными данными программы являются: число актов рассеяния, количество отраженных фотонов от передней границе среды и количество поглощенных фотонов, так же их распределение внутри ДРС. Экспериментально полученные ρ позволили с помощью данной компьютерной программы, определить альбеда порошка Λ . Из формулы $\Lambda = \frac{\beta}{\mu+\beta}$ для стекла с максимальным μ (ТС-2 $\mu=1,2$ мм⁻¹), зная Λ , рассчитан $\beta_{\text{диф}}$ диффузное [4] и считаем, что $\beta_{\text{диф}}$ для всех светофильтров одинаков. Далее для других порошков по этой же формуле рассчитываем $\mu_{\text{диф}}$ диффузное, зная $\beta_{\text{диф}}$ и Λ . Полученные результаты представлены в Таблице 1.

Из результатов расчетов видно, что диффузный показатель поглощения $\mu_{\text{диф}}$ порошка больше всего отличается от показателя поглощения μ стекол светофильтров, у которых он изначально был низкий. То есть существует постоянная долевая прибавка μ у порошка, что говорит о том, что график распространения будет не линейным – это показано на Рис.1.

Таким образом, данные исследования приоткрывают завесу в изучении процессов светорассеяния внутри ДРС. В дальнейшем планируется провести эксперимент с более мелкодисперсным порошком с измерением спектрального коэффициента отражения на современном спектрофотометре и учетом Френелевского отражения.

Литература:

1. Иванов А.П. Оптика рассеивающих сред. – Мн.: Наука и техника, 1969. – 592 с.
2. Каталог цветного стекла. М: «Машиностроение», 1967, 153 с.
3. Соболев И.М. «Метод Монте – Карло», М: «Наука», 1978, 346 с.

4. Александров Е.И., Ципилев В.П. Особенности светового режима в объеме полубесконечного слоя ДРС при освещении направленным пуч-

ком конечной апертуры // Известия ВУЗов. Сер. физич. – 1988. – Т. 31, № 10.

Рис.1 Зависимость показателей поглощения порошков и светофильтров

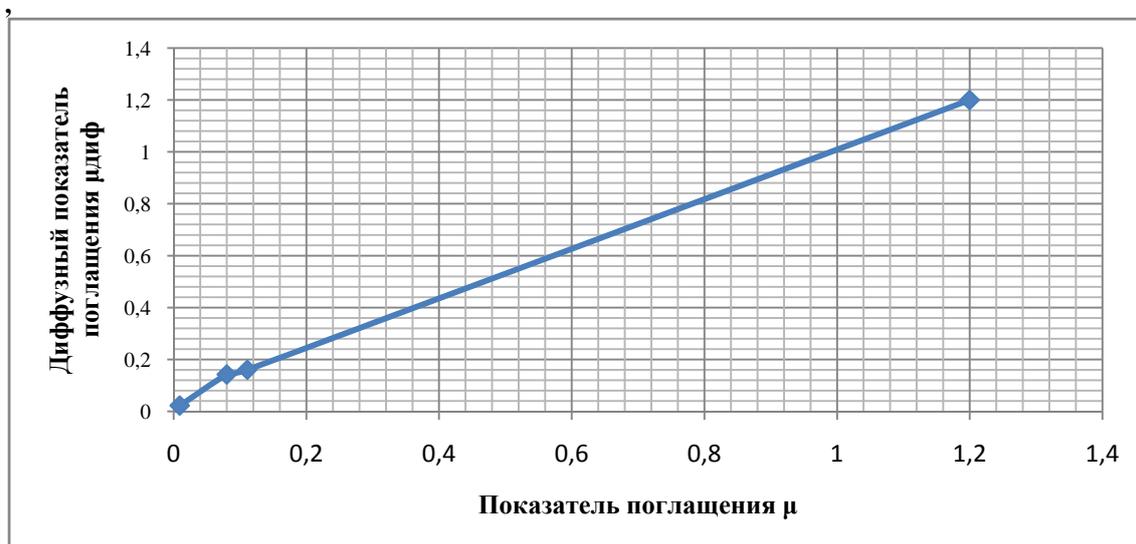


Таблица 1 Результаты эксперимента

Свето-фильтры	Λ	μ	$\beta_{диф}$	$\mu_{диф}$	$\Delta\mu\text{-}\mu_{диф}\%$
ЖС-4 P=86,396%	0,99973	0,009	83,01053	0,022418896	149,098847
СС-1 P=70,608%	0,99829	0,08	83,01053	0,142191153	77,7389415
НС-7 P=69,031%	0,99807	0,111	83,01053	0,160520127	44,6127268
ТС-2 P=41,695%	0,98575	1,2	83,01053	1,200000053	4,4382E-06

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВНЕКАРКАСНЫХ КАТИОНОВ И МОЛЕКУЛ ВОДЫ В СТРУКТУРЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ПАУЛИНГИТА

Магдысюк О.В.

Научный руководитель: Лапшин А.Е., д.х.н.

Институт химии силикатов им. И.В.Гребенщикова РАН,

199034, Санкт-Петербург, Россия, наб. Макарова, д.2,

E-mail: MagdysyukOksana@gmail.com

Цеолиты со структурой паулингита являются объектами интенсивных структурных исследований [1-4]. Паулингит обладает наиболее сложной структурой среди цеолитов и одной из самых

сложных среди неорганических соединений. Среди цеолитов паулингит имеет самую большую элементарную ячейку, которая содержит 672 позиции, статистически занятые атомами кремния и

алюминия, находящихся в тетраэдрической координации. В структуре паулингита можно выделить семь топологических типов полостей grc (2a), gsm (12d), org (6b, 12e), oto (24h, 48k), rau (12e), phi (24h), plg (16f) (по классификации [2]). Наличие в паулингите большого свободного объема делает его использование привлекательным в тех областях, где требуется высокая пористость, например, в катализе, для очистки воды и газов, в качестве наноконтейнеров и нанореакторов. Природные месторождения паулингита крайне невелики, причем химический состав и соотношение внекаркасных атомов в них заметно меняется в зависимости от месторождения. Детального исследования структуры синтетического паулингита и распределения катионов по полостям до сих пор никем не проводилось.

Целью работы было изучение структуры синтетического паулингита методом рентгеноструктурного анализа порошка.

По данным химического анализа молярное отношение Si/Al=3.85. Исследованный паулинцит оказался самым высококремнеземным по сравнению как с природными паулингитами (в которых отношение Si/Al варьируется в диапазоне 2.7-3.7), так и синтетическим ECR-18 (Si/Al=3.2 и 3.6). Рентгеноструктурные исследования распределения внекаркасных катионов и молекул воды были проведены ранее только для двух (Na, K, Ca, Ba)-природных цеолитов [3], [4].

Образец синтетического паулингита исследовался на порошковом рентгеновском дифрактометре D8-Advance (Bruker), (CuK α -излучение, позиционно-чувствительный счетчик Vantec-1, θ - θ геометрия, диапазон 2θ : 5-110° (шаг 2θ = 0.0224°), интенсивность максимального пика составляла ~ 145000 имп.). Полнопрофильное уточнение структуры методом Ритвельда проводилось по программе Rietan-2000. На первом этапе задавались позиции только атомов каркаса цеолита паулингита, взятые из работы [3]. Соотношение Si/Al задавалось из данных химического анализа. Исходные факторы расходимости равнялись: R_{wp} =18.65%, R_p =13.22%, R_t =31.39%. Затем значения экспериментальных интенсивностей дифракционных отражений и рассчитанные фазы использовались в методе максимальной энтропии, применяемом для локализации позиций внекаркасных атомов катионов и молекул воды. Позиции пиков, локализованных на полученном трехмерном распределении электронной плотности, включались в структуру и снова уточнялись методом Ритвельда. Итерационный процесс повторялся несколько раз, при этом уточнялись только координаты и коэффициенты заполнения найденных внекаркасных атомов. Идентификация пиков проводилась с учетом кристаллохимических соображений в предположении электронной-тральности структуры. Включение в структуру новых внекаркасных атомов понизило R-фактор до значений: R_{wp} =7.89%,

R_p =6.13%, R_t =4.89%. Параметр элементарной ячейки a =35.054(1) Å.

Заполнение полостей в структуре паулингита внекаркасными катионами и молекулами воды представлено на рис. 1.

Имеющиеся в паулингите полости объединяются между собой в трехмерную систему каналов посредством 8-членных окон, свободный диаметр которых равен 3.8 Å. По результатам анализа получено, что катионы K⁺ и Na⁺ располагаются в пяти из семи типов полостей, имеющихся в паулингите. В седлообразной полости oto-24h в позиции K1 локализуются 24 симметрично-эквивалентных катиона в элементарной ячейке. В топологически такой же, но менее симметричной полости oto-48k в позиции K2 находятся 36 симметрично-эквивалентных катиона. Каждый атом калия в позиции K1 координирован 6 атомами кислорода каркаса и молекулами воды, а в позиции K2 – только 6 атомами кислорода каркаса на расстояниях 2.90(1)-3.24(1) Å. В phi-полости напротив 8-членных колец, связывающих ее с oto-48k-полостями, в позиции K3 находятся 19 катионов, каждый из которых координирован 5 атомами кислорода каркаса и одной молекулой воды на расстояниях 2.83(3)-3.25(1) Å. В позиции K4, которая также расположена в phi-полостях, но напротив 8-членных окон, связывающих ее с gsm-полостями, находится 21 атом калия; каждый из них координирован тремя атомами кислорода каркаса на расстояниях 3.03(1)-3.26(1) Å и одной молекулой воды. В gsm-полости локализовано 14 атомов калия в позиции K5; каждый атом калия координирован четырьмя атомами кислорода каркаса на расстояниях 2.95(1)-3.18(1) Å. Вблизи центра plg-полости в позиции K6 на тройной оси находятся 12 атомов, каждый из которых координирован четырьмя молекулами воды на расстояниях 2.92(4)-2.98(2) Å. Почти в центре rau-полостей локализованы 12 атомов натрия в позиции на 4-ой оси. Каждый атом натрия координирован четырьмя молекулами воды на расстояниях 2.21(4) Å. В grc(альфа)-полостях, самых больших в структуре по свободному объему (~800 Å³) локализуются только молекулы воды, слабо связанные с атомами кислорода каркаса.

Хорошее совпадение положительного заряда найденных катионов и отрицательного заряда анионного каркаса, также как разумные длины химических связей K-O и Na-O позволяют считать, что найденное распределение внекаркасных катионов близко к действительности. Об этом же свидетельствует и достаточно хорошая корреляция коэффициентов заполнения позиций катионов и координирующих их молекул воды.

Таким образом, впервые по данным рентгеноструктурного анализа порошков синтетического паулингита определены позиции внекаркасных атомов катионов и молекул воды в синтетическом (K, Na) – цеолите типа паулингита и найдены ко-

эффиценты их заполнения. Определена его структурная формула- $\text{Na}_{12}\text{K}_{126}\text{Al}_{138}\text{Si}_{538}\text{O}_{1344}\times 207 \text{H}_2\text{O}$.

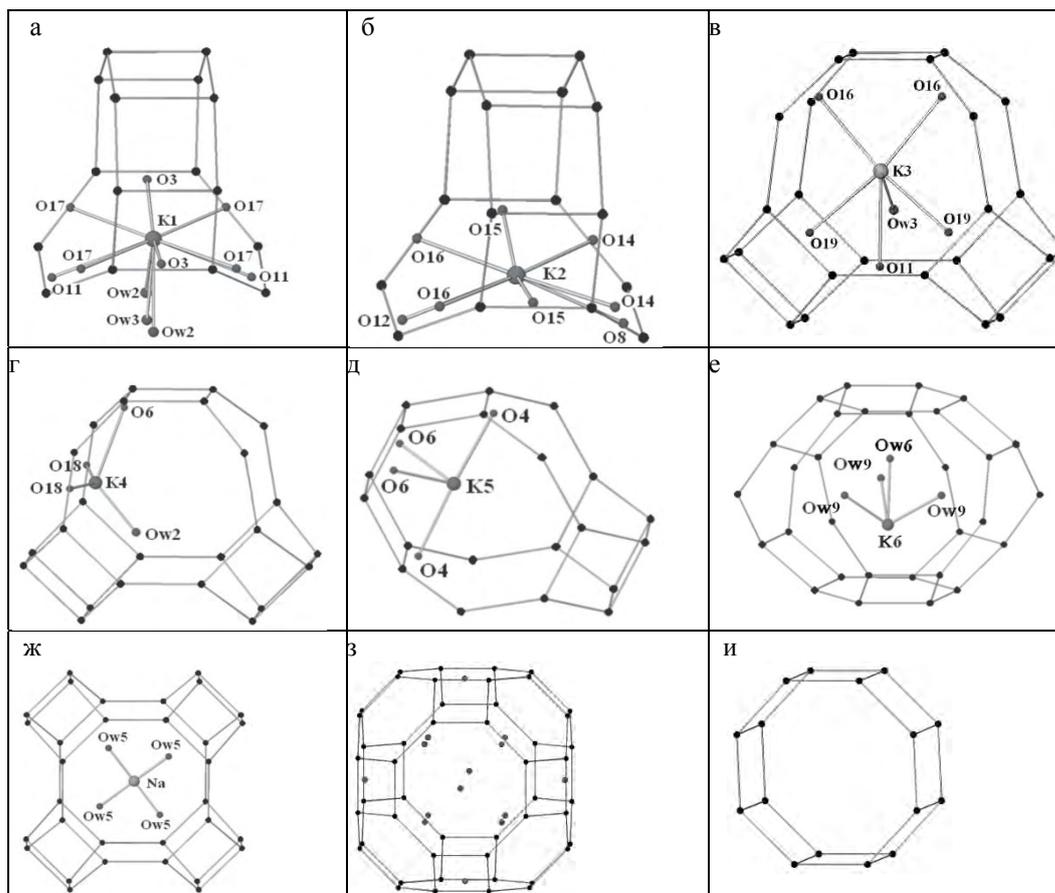


Рис. 1. Распределение внекаркасных атомов и молекул воды в полостях синтетического паулингита. Атомы заданы сферами произвольного размера. Каркас представлен связями Si-Si. а) oto-24h – содержит 24 катиона К. б) oto-48k – 30 К; в) phi – 19 К; г) phi – 21К; д) gsm – 14 К; е) plg – 12 К; ж) рау – 12 катионов Na. Полости grs (з) содержат только молекулы воды, полости opr (и) остаются пустыми.

Литература

1. Shevchenko V. Ya., Krivovichev S. V. Where are genes in paulingite? Mathematical principles of inorganic genes // Struct. Chem. — 2008. — V. 19. N 4. P. 571-577
2. Smith J.V. Topochemistry of zeolites and related materials. 1. Topology and geometry // Chem. Rev. — 1988. N. 1. V. 88. P. 149.

3. Gordon E. K., Samson S., Kamb W. B. Crystal structure of the zeolite paulingite // Science. — 1966. — V. 154. N. 3752, pp.1004-1007.
- Lengauer C.L., Giester G., Tillmanns E. Mineralogical characterization of paulingite from Vinaricka Hora, Czech Republic // Mineralogical magazine. — 1997. — V. 61. N. 4. P. 591-606.

ЭЛЕКТРОДЫ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ КОЛЛОИДНЫМ ЗОЛОТОММиронец Е.В.

Научный руководитель Перевезенцева Д.О., к.х.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр.Ленина, 30
E-mail:dop@anchem.chtd.tpu.ru

Особое внимание в последние годы уделяют электрокаталитическим свойствам модифицированных электродов, способствующих повышению чувствительности, селективности и воспроизводимости определения органических соединений, среди которых особое значение имеют биологически активные [1]. Электрокатализ на модифицированных электродах проявляется за счет поверхностного или объемного модифицирования электрода редокс-медиатором. Несмотря на широкий круг материалов, используемых в качестве медиаторов, использование платиновых металлов и золота предпочтительнее. Каталитические свойства благородных металлов зависят от размеров и формы частиц металла, степени дисперсности, природы носителя, способа их нанесения на поверхность электрода [2]. В связи с этим целью работы было исследование условий модифицирования углеродсодержащих электродов наночастицами золота.

Золи золота, используемые в работе для модифицирования поверхности углеродсодержащих электродов, были получены путем химического восстановления в растворах HAuCl_4 с использованием в качестве восстановителя цитрата натрия [3]. Особенность этого метода состоит в том, что цитрат-ион выступает одновременно в роли восстановителя и стабилизатора, поэтому концентрация этого иона играет определяющую роль: её изменение одновременно влияет на скорость восстановления и на процессы роста частиц. В качестве исходного раствора для получения золей использовали 10^{-3} М HAuCl_4 , который смешивали с раствором цитрата натрия в мольных соотношениях 1:1, 1:4, 1:15. Приготовление золей проводили при нагревании растворов в интервале температур от 50 до 100 °С в течение 5-10 мин. Полученные золи охлаждали до комнатной температуры и хранили в закрытом сосуде.

Определение характеристик золей золота проводили при помощи методов растровой электронной микроскопии (JSM-5500), спектрофотометрии (СФ-256), рН-метрии (рН-150М). Вольтамперограммы регистрировали с помощью вольтамперометрического анализатора СТА (Томск) в трехэлектродной ячейке в режиме инверсионной вольтамперометрии (ИВА). В качестве рабочего электрода использовали твердые углеродсодержащие электроды: графитовый электрод (ГЭ) и стеклоуглеродный (СУЭ), в качестве вспомогательного электрода и электрода сравнения использовали хлорид серебряные электроды (ХСЭ). Очистку поверхности ГЭ и СУЭ проводили электрохимическим способом. В качестве фоновых электролитов

использовали 0,1 М растворы HCl , H_2SO_4 , KCl , ацетатный и фосфатный буферные растворы. Модифицирование поверхности электродов в среде золей и HAuCl_4 проводили методом электролиза на фоне 0.1 М раствора HCl при потенциалах электролиза от -0,4 до -1,4 В и времени от 30 с до 8 мин.

Известно, что электрохимические свойства золей золота определяются размерами частиц золота, используемых для модифицирования поверхности углеродсодержащих электродов, что в следовательно, зависит от мольного соотношения $[\text{AuCl}_4^-]$ и восстановителя. Воспроизводимость электрохимических сигналов золей золота определяется стабильностью полученного золя. В качестве метода контроля стабильности золей использовали спектрофотометрический метод. Положение максимума поглощения в спектре золей определяется размером частиц золота. Оптические спектры полученных золей золота регистрировали при комнатной температуре в области 300-700 нм. В спектрах золей золота при мольных соотношениях HAuCl_4 и цитрата натрия 1:15 (рубиново-красный золь) наблюдался максимум поглощения в области 510-560 нм, что свидетельствует о присутствии в растворе наночастиц золота размером 15-40 нм. В рубиново-красном золе размер частиц меньше 20 нм. Полученные данные согласуются с данными электронной микроскопии. В оптических спектрах коллоидного золота при мольных соотношениях

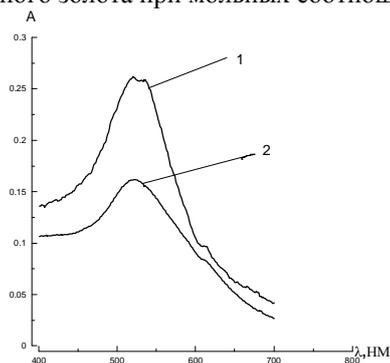


Рис.1. Оптические спектры рубиново-красного золя Au: 1- $t_{\text{хранен}} = 1$ день, 2- $t_{\text{хранен}} = 2$ месяца

HAuCl_4 и $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ 1:1 и 1:4 (синий золь) наблюдаются полосы поглощения с максимумами при $\lambda = 630$ нм, что соответствует размеру частиц Au порядка 120 нм.

Оптическая плотность свежеприготовленного рубиново-красного золя больше его интенсивности после хранения, что может быть вызвано наличием аморфных структур, образующихся сразу после получения золя, которые по мере старения кристаллизуются [4].

В течение двух месяцев положение максимума спектра золя Au, полученного при мольном соотношении HAuCl_4 и цитрата натрия 1:15, практически не изменяется ($\lambda=521$ нм), его оптическая плотность понижается (рис.1), что свидетельствует об агломерации частиц.

Электрохимический сигнал растворения золота на ГЭ после накопления в золе Au наблюдается при потенциале $E = 0,55$ В (рис. 2), на СУЭ – при $E = 0,55$ В на фоне HCl (рис. 3), синий золь не дает электрохимического сигнала.

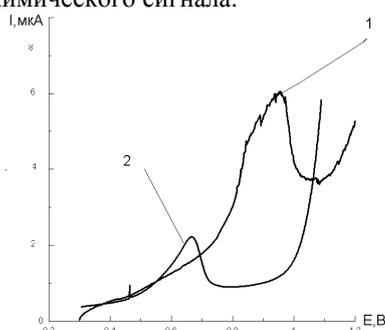


Рис. 2. Вольтамперограммы золя Au и HAuCl_4 на графитовом электроде. Условия: $0,1$ М HCl , $w = 50$ мВ/с, $E_n = -1$ В, $t_n = 60$ с, концентрация $3 \cdot 10^{-5}$ М

Величина анодного тока золота на ГЭ, полученного после накопления из золя золота в 2 раза меньше, чем после накопления из раствора HAuCl_4 . Наблюдается смещение потенциала начала растворения золота в анодную область на 200 мВ на ГЭ, полученного после накопления из золя золота. Величина анодного тока на СУЭ, полученного после накопления из золя золота меньше в $1,6$ раз, чем после накопления из раствора HAuCl_4 , его потенциал не смещается. Показано, что электрохимический сигнал максимума анодного тока золота, полученного из рубиново-красного золя уменьшается во времени на ГЭ, что также свидетельствует об укрупнении частиц золота.

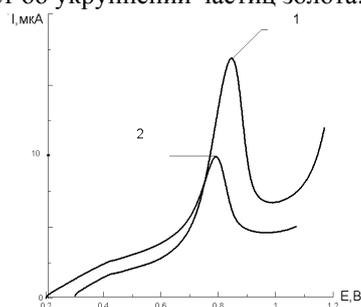


Рис.3. Вольтамперограммы ионов и золя золота на стеклогуглеродном электроде. Условия: $0,1$ М HCl , $w = 50$ мВ/с, $E_n = -1$ В, $t_n = 60$ с, концентрация $3 \cdot 10^{-5}$ М

Для выбора оптимальных условий модифицирования поверхности электрода золотом, полученных из золя золота были исследованы факторы, определяющие величину максимума анодного тока растворения золота, полученного при накоплении золя золота: природа фонового электролита, потенциал и время накопления, концентрация исходного раствора. Показано, что лучшие значения максимумов анодного тока растворения золота, полученного при накоплении золя золота регистрируются в кислых средах H_2SO_4 , HCl , в то время как в нейтральном фоне KCl и фосфатном буфере электрохимические сигналы не получены ни на ГЭ, ни на СУЭ. Показано, что при увеличении времени накопления от 50 до 180 с величина максимума анодного тока растворения золота из золя золота как на ГЭ, так и на СУЭ не изменяется. Выбраны оптимальные условия модифицирования углеродсодержащих электродов: $E_n = -1$ В, $t_n = 60$ с.

Выводы

Отработана методика получения золей золота с размером частиц $20-60$ нм методом химического восстановления из раствора HAuCl_4 . На основании постоянства положения максимума спектра золя золота после хранения в течение 2-месяцев установлено, что размер частиц рубиново-красного золя золота не изменяется, однако его интенсивность уменьшается, следовательно, частицы золя золота со временем укрупняются.

Получены электрохимические сигналы растворения золота, приготовленные из золя золота при накоплении.

Исследованы условия модифицирования твердых углеродсодержащих электродов. Выбраны оптимальные условия модифицирования поверхности ГЭ и СУЭ, потенциал накопления $-1,0$ В и время 60 с, фон $0,1$ М HCl .

Литература

1. Вертелов Г.К., Оленин А.Ю., Лесичкин Г.В.// Журн. аналит. химии. 2007. Т.62. № 9. С. 903-915
2. Шайдарова Л.Г. Модифицированные электроды с каталитическими свойствами в органической вольтамперометрии. Автореферат на соискание д.х.н. Казань 2008, 48 с.
3. Богатырев В.А., Дыкман Л.А., Хлебцов Н.Г. Методы синтеза наночастиц с плазмонным резонансом, Саратов 2009, 35 с.

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАГНИТОУПРАВЛЯЕМЫХ ЛИОЗОЛОЕЙ ЖЕЛЕЗА И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИХ С ДОКСОРУБИЦИНОМ И ПЛАЗМОЙ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ КРОВИ

Митькина В.А.

Научные руководители: Юрмазова Т.А., доцент, к.х.н. Галанов А.И., доцент, к.х.н.
Томский политехнический университет НИИ ВН, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: mva09@sibmail.com

В последние годы все чаще в химиотерапии предлагается использование магнитоуправляемых лекарственных форм и доставка их с помощью внешнего магнитного поля к органу-мишени [1,2]. Это связано, прежде всего, с цитотоксическим воздействием препаратов не только на опухолевые, но и на нормальные клетки организма. Использование магнитоуправляемых лекарственных форм позволяет создать оптимальную концентрацию лекарственных препаратов в зоне реализации лечебного эффекта и существенно снизить системную токсичность, как за счет уменьшения общей дозы, так и продолжительного удержания в очаге поражения [1].

Работы по созданию магнитных носителей лекарственных препаратов проводятся в настоящее время по нескольким направлениям [2], одно из которых связано с «прямой посадкой», то есть с адсорбцией, лекарственного вещества на поверхность магнитного носителя [1,2]. Это направление обладает рядом преимуществ, связанных, прежде всего, с простотой и высокой скоростью получения, возможностью приготовления магнитоуправляемого препарата непосредственно на месте применения.

В настоящее время магнитные порошки получают различными способами: золь-гель, механохимические и различные плазмохимические технологии. В большинстве работ приводятся данные по использованию магнетита, полученного химическим путем по реакции совместного щелочного гидролиза солей двух- и трехвалентного железа. Следует отметить, что для придания необходимых сорбционных характеристик требуется либо химическая модификация поверхности, либо ее активация с помощью физико-химических методов [3,4].

Ранее нами в работе [5] магнитные порошки получали диспергированием железных стружек при их обработке импульсными электрическими разрядами (ИЭР), при этом жидкой средой служили: вода(А), раствор фосфорной кислоты(В), этиловый спирт(С) и гексан(Д). Было показано, что препарат, полученный в среде гексана обладает не только наибольшей адсорбционной способностью по отношению к противоопухолевому препарату цитостатического действия доксорубицину (ДР), но и сам имеет заметную противоопухолевую активность, которая существенно усиливается при адсорбции ДР. Причем для системы «наночастица-адсорбированный доксорубицин» меняется характер действия лекарственного средства с ци-

тостатического на цитолитический, что несомненно связано с изменением химической природы доксорубицина при его адсорбции на магнитный носитель. В связи с перспективностью использования этого препарата возникает необходимость исследований механизма сорбции и способности к растворению и выводу из организма.

Для полученных порошков была изучена эффективность сорбции доксорубицина. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1. Зависимость эффективности сорбции доксорубицина от среды диспергирования, мг/г

Образец	А	В	С	Д
A_{∞} , мг/г	8,2	17,0	20,9	44,3

Согласно полученным результатам, наиболее перспективным с точки зрения медико-биологических свойств наибольший интерес представляет система, полученная в гексане. В связи с этим в настоящей работе, все исследования проводили на образце Д, на данном образце была получена изотерма сорбции

Также мы исследовали влияние температуры прогрева на химический состав образца и соответственно его сорбционные свойства. Результаты экспериментов представлены в табл. 2., как видно из полученных результатов, что при прогреве меняется химический состав образца.

Таблица 2. Химический состав и сорбционные свойства образца полученного импульсным электродиспергированием в углеводородах прокаленных при различных температурах

Температура прокаливания, °С	60	150	400	600	Акт. уголь	
Содержание железа, %	Fe(0)	34,0	29,4	10,5	0	0
	Fe(II)	20,1	21,7	37,5	0	
	Fe(III)	9,6	17,5	34,8	71,0	
Сорбционная емкость, мг/г	36,4	23,0	12,3	2,8	80,0	

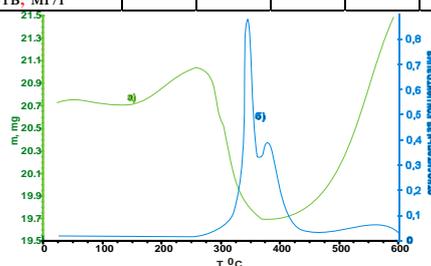


Рис 1. Зависимость изменения массы (а) образца и масс-спектр газообразных продуктов реакции (б) при линейном нагреве (20 град./мин) в воздухе.

Так при увеличении температуры уменьшается содержание металлического железа и увеличивается доля оксидов трех валентного железа. Сорбционная емкость также уменьшается с увеличением содержания оксидной фазы в составе образцов. Кроме того, для изучения физико-химических свойств образца мы использовали метод термогравиметрии с масс-спектрометрическим анализом газовой фазы. Как видно из рис.1, при температуре 180 °С происходит вскрытие углеродной оболочки покрывающей металлическую частицу с образованием диоксида углерода и одновременным окислением металлического ядра с образованием оксидов двух и трехвалентного железа. Формирование оксидной фазы подтверждается также данными ИК-спектроскопии. Таким образом, на основании исследований сорбционных свойств и физико-химических свойств показано, что лучшим образцом для адсорбции доксорубина является система с металлическим ядром, закрытая углеродной оболочкой. Доксорубин эффективно сорбируется на углеродной оболочке, что также подтверждается адсорбцией препарата на активированном угле. При окислении углерода происходит формирование оксидного слоя и уменьшение сорбционных свойств синтезированных образцов

Для решения задач, связанных с выведением порошков железа из организма, необходимо, прежде всего, иметь четкое представление о биотрансформации порошка железа, которая может играть также важную роль при десорбции лекарственных препаратов в организме человека.

Эксперимент проводили, выдерживая порошки железа в модельных растворах: фосфатном буфере, растворе 0,9% хлорида натрия, растворах аминокислот (аминоплазма, нутрифлекс) и плазме человеческой крови при температуре 37 °С в течение 3 суток. Полученные данные показали, что порошки почти не взаимодействуют с фосфатным буфером и раствором 0,9% хлорида натрия, и довольно хорошо переходят в раствор нутрифлекса, аминокислот и ещё лучше – в плазму крови. При этом изменялся цвет плазмы - от светло-желтого до интенсивно коричневого, а аминокислоты и нутрифлекс до светло-желтого. Высокая растворимость в трех случаях можно связать с образованием комплексных соединений между железом и аминокислотами или аминокислотными радикалами в составе белка.

Были получены кинетики растворения данного порошка в плазме крови, аминокислоте, нутрифлексе. (рис.2.)

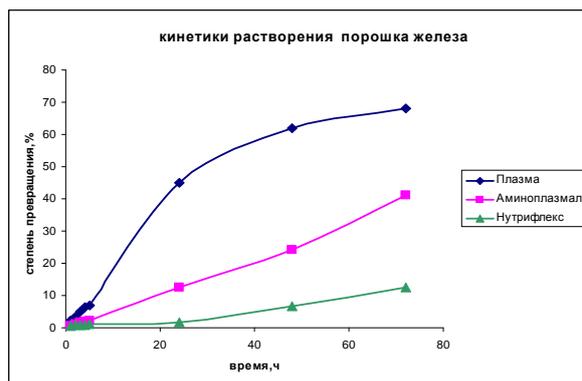


Рис.2. Кинетики растворения порошка в биологических жидкостях.

При обработке кинетики растворения порошка в плазме крови, было определено время его полного растворения – оно составляет около 10 суток, что вполне приемлемо для лечения подобными препаратами .

Работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России в 2009-2013 гг», реализация мероприятия 1.2.2. «Проведение научных исследований научными группами под руководством кандидатов наук.» (ГК №270 от 23.07.2009г)

Литература

1. Arruebo M., Galan M., Navascues N., Tellez C., Marquina C., Ricardo Ibarra M., Santamaria J. Development of magnetic nanostructured silica-based materials as potential vectors for drug-delivery application//Chemical Materials. – 2006. - V.18. - P. 1911-1919
2. Беликов В.Г., Курегян А.Г. Получение продуктов взаимодействия магнетита с лекарственными веществами // Химико-фармацевтический журнал. – 2004. – Т. 38. – № 3. – С. 35–38.
3. Duran J.D.G., Arias J.L., Gallardo V., Delgado A.V. Magnetic Colloids as Drug Vehicles. Journal of Pharmaceutical Sciences.- 2008, - v. 97, № 8, p. 2948-2983.
4. Lu J., Liong M., Zink J.I., Tamanoi F. Mesoporous Silica Nanoparticles as a Delivery System for Hydrophobic Anticancer Drugs. Small. 2007, v. 3, № 8, p. 1341–1346.
5. Францина Е.В., Митькина В.А. Сорбционные возможности наноразмерных магнитных порошков на основе железа с модифицированной поверхностью. // XIV Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии» - 2008 – Т.2.С.116-117.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ И ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ С НАНОСТРУКТУРОЙ

Морева Н.А.

Научный руководитель: Тушинский Л.И., д.т.н., профессор
Новосибирский государственный технический университет,
630092, Россия, г. Новосибирск, пр. Маркса, 20
E-mail: monray@ngs.ru

Известно, что каждый материал обладает некоторым рядом свойств, многие из которых качественно противоположны друг другу (например, прочность и пластичность). Создание материалов с необходимым спектром свойств является очень важной, но чрезвычайно сложной задачей. Простейшее решение данной проблемы – создание композиции «основной металл – покрытие», обладающей оптимальным сочетанием свойств, значительно улучшающих функциональные качества изделий.

Основные требования, предъявляемые к покрытиям – это их коррозионная стойкость и износостойкость. В настоящее время существует множество методов нанесения покрытий, отвечающие этим требованиям. К основным методам нанесения покрытий относятся: электрофизические, электролитические, химические и диффузионные, а также наплавка, плакирование, напыление [1].

Среди перечисленных методов нанесения защитных покрытий, особый интерес представляют холодное газодинамическое напыление (ХГН), ионно-плазменный и детонационно-газовый методы; а также гальванический метод.

Покрытие методом ХГН (рис. 1, а) формируется при воздействии газопорошковой смеси, движущейся в сверхзвуковом потоке воздуха или иного газа с температурой, существенно меньшей температуры плавления материала частиц, на напыляемую поверхность. В результате ударного взаимодействия частиц с преградой на поверхности формируется покрытие из пластически деформированных частиц напыляемого порошка [2].

При ионно-плазменном методе (рис. 1, б) наносимый материал переводится из твердой фазы в газовую с распылением мишени энергетическими ионами. Распыленные частицы, осаждаясь на поверхности основного материала, формируют пленку материала покрытия [3].

Детонационные покрытия (рис. 1, в) формируются в результате взаимодействия двух- или многофазных потоков с основным материалом, состоящих из продуктов детонации и частиц напыляемого материала; продукты детонации нагревают и ускоряют напыляемые частицы [1,4].

Процесс получения покрытия гальваническим методом (рис. 1, г) состоит в осаждении металла или сплава из водных растворов их солей при пропускании электрического тока через электролит; покрываемое изделие в электролизере служит катодом, тогда как анод — это пластины осаждаемого материала [1,5].

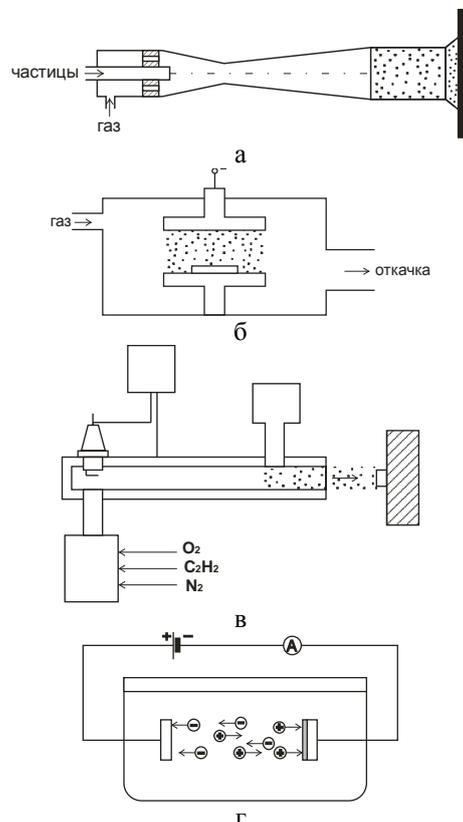


Рис. 1. Методы нанесения покрытий с наноструктурой: а – ХГН [2], б – ионно-плазменный [3], в – детонационный [4], г – гальванический [5].

Исследования показали, что с помощью выше перечисленных методов нанесения можно получить покрытия с нанокристаллической структурой [2, 3, 4, 5].

Интерес к «нано» обусловлен наблюдаемым и теоретическим изменением основных характеристик механического поведения материалов с нанозерном. Известно, что уменьшение размера зерна ведёт к увеличению прочности материала. Согласно Структурной теории конструктивной прочности [6] это модель упрочнения структурными барьерами, которая выражается зависимостью Холла-Петча. Многочисленные исследования показали, что свойства наноструктурированных материалов существенно зависят от способа получения нанокристаллической структуры [7].

Традиционными методами изменения фазово-структурного состояния материалов являются изменение температуры, элементного состава, скорости охлаждения и различных внешних воздействий в технологических процессах получения материалов. Характерная особенность описанных покрытий – высокая неравновесность процессов их

формирования. Именно она определяет возможность реализации в них новых структурно-фазовых состояний, недоступных традиционным технологиям, в частности это относится к возможности создания наноразмерных зерен [8]. Интересно, что высокая неравновесность процессов является условием формирования наноструктуры не только в покрытиях, но и в объеме материала. Например, нанозернистость достигается путём интенсивной пластической деформации и регулируемого термопластического упрочнения [9].

Первое условие получения нанокристаллических покрытий – наноразмерность напыляемых частиц, остальные же технологические параметры направлены на сохранение размерности структурных составляющих покрытия.

Анализ литературных данных показал, что общими приёмами, препятствующими росту структурных составляющих, в отмеченных методах нанесения покрытий являются: уменьшение температуры и увеличение скорости формирования покрытия (для методов напыления – увеличение скорости движения напыляемых частиц; для гальванического метода – увеличение скорости образования зародышей относительно скорости их роста) [2,4,5]. Немаловажную роль в формировании наноструктуры играет и химический состав будущего покрытия, который может препятствовать росту зерна [8]. Кроме того, он во многом определяет коррозионные свойства покрытия.

Эксплуатационные свойства напыленных покрытий в большой степени зависят от состояния зоны сцепления материала покрытия с основным материалом и способа её формирования. Именно прочность сцепления определяет износостойкость и коррозионную стойкость композиции «основной материал – покрытие» [4]. Как показали многочисленные исследования, шероховатость, получаемая после пескоструйной обработки, обеспечивает наилучшую адгезию покрытия с основным материалом [5].

Ещё одним важным технологическим параметром большинства рассмотренных методов является высокая скорость напыляемых частиц, вызывающая деформацию материала основы, в связи с чем улучшается прочность сцепления. Но высокая внутренняя энергия частиц может приводить к образованию трещин [4], поэтому, по закону сохранения энергии, увеличение скорости движения частиц возможно при уменьшении их размеров.

Для конструкционных и инструментальных материалов прочность сцепления растёт с увеличением температуры, т.к. при этом возрастает скорость образования химических связей [2]. Если увеличивать скорость движения напыляемых частиц, то температура повышается только в зоне контакта частицы с материалом основы, то есть без полного оплавления частиц, в связи с чем сохраняется мелкозернистая структура покрытия.

Таким образом, основными технологическими параметрами, изменяя которые возможно управлять структурой покрытий, являются размер напыляемых частиц и скорость их движения.

На сегодняшний день большая часть исследований, описанных в литературе, направлена не на изучение причин эффективности нанозерна, а на использование обнаруженного превосходства нанозернистости над микрозернистостью и разработку эффективных способов получения материалов и покрытий с нанозерном.

В этой связи, безусловно, важными задачами представляются исследование структуры и свойств наноструктурированных покрытий, моделирование и объяснение процессов, участвующих в упрочнении наноструктурированного материала покрытия, а также процессов, связанных с коррозией и износом таких покрытий.

Библиографический список:

1. Методы исследований материалов: Структура, свойства и процессы нанесения неорганических покрытий. / Л.И. Тушинский, А.В. Плохов, А.О. Токарев, В.И. Синдеев.- М.: Мир, 2004.- 384 с.
2. Алхимов А.П. Научные основы холодного газодинамического напыления (ХГН) и свойства напыленных материалов: монография. / А.П. Алхимов, В.Ф. Косарев, А.В. Плохов.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006.- 279 с.
3. Ивановский Г.Ф. Ионно-плазменная обработка материалов. / Г.Ф. Ивановский, В.И. Петров.- М.: Радио и связь, 1986.- 230 с.
4. Бартенев С.С. Детонационные покрытия в машиностроении. / С.С. Бартенев, Ю.П. Фёдко, А.И. Григоров.- Л.: Машиностроение, 1982.- 214 с.
5. Ковенский И.М. Металловедение покрытий: учебник для вузов по спец. «Материаловедение в машиностроении». / И.М. Ковенский.- М.: СП Интермет Инжиниринг, 1999.- 296 с.
6. Тушинский Л.И. Структурная теория конструктивной прочности материалов: Монография. / Л.И. Тушинский.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004.- 400 с.
7. Noskova N. I. Structural Features, and Mechanisms of Deformation of Nanocrystalline Material / N.I. Noskova // J. Phys. Metals and Metallography. - 94 Suppl. (2002). – С. 119–130.
8. Наноинженерия поверхности. Формирование неравновесных состояний в поверхностных слоях материалов методами электронно-ионно-плазменных технологий / А.И. Лотков и др.; отв. ред. Н.З. Ляхов, С.Г. Псахье; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т физики прочности и материаловедения.- Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – 276 с.
9. Тушинский Л.И. Теория и технология упрочнения металлических сплавов / Л.И. Тушинский. – Новосибирск: Изд-во Наука, 1990. – 303 с.

МОБИЛЬНЫЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Мостовщиков А.В., Толбанова Л.О., Русанов М.П.

Научный руководитель: Ильин А.П., д.ф.м.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30.
E-mail: genchem@mail.ru

Потребность в мобильных нагревательных устройствах связана с работой в зимний период, особенно при освоении малонаселенных территорий. Отсутствие централизованного электроснабжения и устойчивой топливной базы обуславливает необходимость в разработке устройств, обеспечивающих нагрев воздуха, и его использование, в свою очередь, для обогрева помещений, сушки одежды и обуви, для запуска двигателей автомобилей, двигателей дизель-генераторов и др. В качестве топлива предлагается термитная смесь, при сгорании которой выделяется порядка 30 МДж/кг тепловой энергии [1].

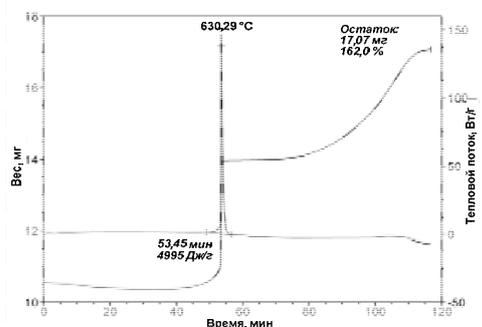


Рис. 1. Термограмма нанопорошка алюминия (скорость нагрева 10 °/мин, атмосфера – воздух, навеска 50 мг)

В работе использовали устройство для дистанционного инициирования процесса горения порошка алюминия и смесей. На рис. 2 представлена схема такого устройства.

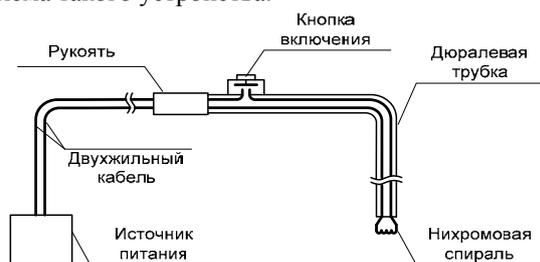


Рис.2. Устройство для дистанционного инициирования процесса горения

Устройство состоит из корпуса, выполненного из алюминиевой или титановой трубы, источника питания – аккумулятора, нихромового проводника, закрепленного на керамическом изоляторе, подводящих проводов и выключателя.

После инициирования процесса горения новых термитных составов было установлено, что конечные продукты горения кроме образовавшегося оксида алюминия содержали нитрид и оксинитрид алюминия, которые при нагревании не образуют

жидкой фазы [3]. Действительно, продукты сгорания не прилипали к металлу, из которого изготовлено дно (Сталь 3), и легко разрушались при слабом механическом воздействии на них. На рис. 3 представлена микрофотография продуктов сгорания смесей нанопорошка алюминия с нанопорошком оксида алюминия.

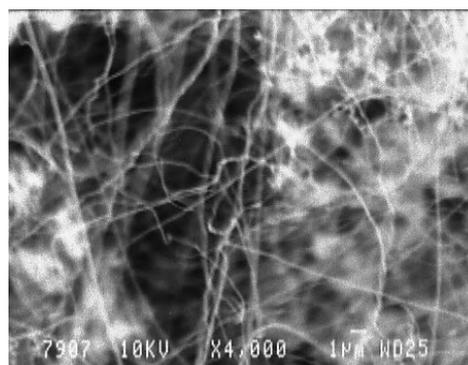


Рис. 3. Фотография продуктов сгорания термитной смеси НП Al + Al₂O₃

Согласно микрофотографии, продукты сгорания представляют собой пористые спеки округлой формы, между которыми расположены нитевидные кристаллы (вискеры), микроанализ которых (РФЭС) показал, что они состоят из нитрида алюминия.

При механическом дезагрегировании продукты сгорания легко разрушаются и на 95% состоят из частиц, условный диаметр которых не превышает 1 мкм.



Рис. 4. Распределение частиц продуктов сгорания в зависимости от их условного (среднеповерхностного) диаметра

Сгорание термита происходит в специально разработанном устройстве, состоящем из камеры сгорания, футерованной термостойким материалом. Устройство оборудовано вентилятором, который подает в камеру сгорания воздух снаружи. Привод вентилятора при запуске осуществляется от аккумулятора. Нагретый воздух поступает через

трубу – расширитель. При запуске автомобилей, в холодное время, поток подогретого воздуха направляется на водяной и/или масляный радиатор.

Известные термитные смеси на основе алюминия и оксидов железа при разработке нагревательных устройств оказались не пригодны из-за образования жидкой фазы железа [3], что приводило к разрушению днища установки, в худшем случае, или к прилипанию расплава в лучшем случае. По этой причине мы отказались от идеи модернизировать известные термитные составы, и провели экспериментальные исследования по поиску термитных составов, не образующих жидкой фазы и не образующих прочных спеков. Также известно, что классический термит при горении выделяет не так много энергии – 3,9 МДж/кг исходной смеси. Для исследования были приготовлены смеси нанопорошка алюминия с нанопорошком оксида алюминия, а также смеси алюминиевой пудры с нанопорошком оксида алюминия.

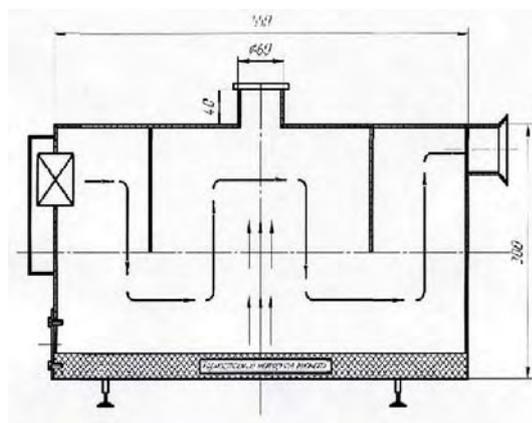


Рис. 5. Мобильное нагревательное устройство для подогрева воздуха (МНУ-3)

Габариты устройства «МНУ-3» составляют $400 \times 550 \times 300 \text{ мм}^3$, а масса – 13 кг в не снаряженном состоянии (рис. 5).

Масса загрузки термитной смеси в зависимости от поставленной задачи равна 0,5 – 2,5 кг, что соответствует количеству выделяемой энергии 15 – 75 МДж. Продукты сгорания термитных смесей не содержат токсичных веществ, и могут использоваться для борьбы с гололедными явлениями. «МНУ-3» предназначено для разогрева двигателей внутреннего сгорания путем направленного нагрева водяного или масляного радиатора потоком горячего воздуха.

Устройство «МНУ-4» имеет следующие габариты: $700 \times 1200 \times 300 \text{ мм}^3$ и представляет собой

прямоугольную емкость, разделенную на отдельные секции (рис. 6).

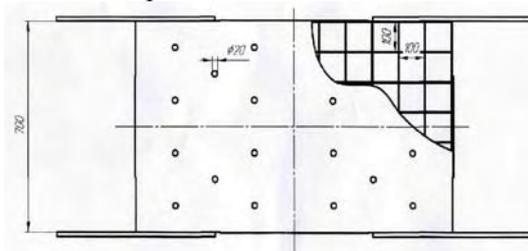


Рис. 6. Мобильное нагревательное устройство для удаления льда с поверхности (МНУ-4)

Для транспортирования емкости она снабжена 4 ручками. Масса устройства составляет 22 кг. Масса загрузки термитной смеси зависит от поставленной задачи и равна 0,5 – 5 кг, что соответствует выделяемой при сгорании энергии 15 – 150 МДж. Площадь обрабатываемой поверхности $700 \times 1200 \text{ мм}^2$. Устройство работает следующим образом. Секции заполняют термитной смесью, при этом необязательно заполнять все секции, инициируют процесс горения с помощью разработанного устройства. Сверху закрывают крышкой, в которой имеются отверстия для подвода воздуха. Устройство устанавливают на участок, с которого необходимо удалить лед за определенное время. При плавлении льда и достижении устройством дорожного покрытия или бетона устройство перемещают на соседний участок, а поверхность, с которой был удален лед, обрабатывают специальным реагентом, делающим поверхность не гладкой. При полном сгорании термитной смеси устройство опрокидывают и удаляют продукты сгорания постукиванием по днищу деревянным молотком. После возвращения в исходное состояние устройство вновь заполняют термитной смесью.

Список литературы

1. Толбанова Л.О. Синтез керамических нитридсодержащих материалов сжиганием в воздухе смесей нанопорошка алюминия с нанопорошками вольфрама и молибдена и порошком хрома. Дисс. на соиск. уч. степ. к.т.н. Томск. 2007. 175 с.
2. Амелькович Ю.А. Синтез керамических прекурсоров сжиганием в воздухе смесей нанопорошков, активированных нанопорошками алюминия, железа и меди. Дисс. на соиск. уч. степ. к.т.н. Томск. 2009. 162 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта «Глобальная энергия» проект № МГ2008/04/0

ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ЦЕОЛИТА И НАНОРАЗМЕРНЫХ ПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ В ПРОЦЕССЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА ТЯЖЕЛОЙ УСИНСКОЙ НЕФТИ

Мурзагалеев Т. М., Козлов В.В., Головки А.К.

Научный руководитель: Восмерилов А.В., д.х.н.

Учреждение Российской академии наук Институт химии нефти Сибирского отделения РАН
(ИХН СО РАН), 634021, Россия, Томск, пр. Академический, 4

E-mail: tmurzagaleev@yandex.ru

В последние годы в мире наблюдается закономерная тенденция сокращения запасов легких нефтей и увеличения доли добычи тяжелых нефтей. В связи с растущими потребностями в моторном топливе, тяжелая нефть, как один из перспективных источников углеводородов, привлекает повышенный интерес исследователей во всем мире. Вовлечение в переработку тяжелых нефтей влечет за собой необходимость поиска новых эффективных нетрадиционных технологий переработки тяжелых нефтяных компонентов.

Традиционными методами получения легких углеводородов из тяжелых нефтяных компонентов являются гидрокрекинг, термический и каталитический крекинг. При термическом крекинге – наиболее простом и дешевом способе переработки тяжелых нефтяных фракций – не происходит, к сожалению, значительного образования легких и средних дистиллятов, поэтому требуется использование различных активирующих добавок. Процессы гидрокрекинга характеризуются высокой гибкостью и хорошим качеством получаемых продуктов, но имеют также некоторые недостатки, включая повышенное коксообразование и быструю дезактивацию катализаторов, высокую стоимость оборудования, а также обслуживание процесса (дороговизна водородсодержащего газа, высокое давление). Каталитический крекинг в сравнении с гидрокрекингом относительно про-

стой и дешевый процесс, не требует высокого давления и водорода, катализаторы характеризуются относительно невысокой стоимостью, однако недостаток процесса состоит в том, что при использовании тяжелого сырья с высоким содержанием смол и асфальтенов, катализатор быстро закоксуывается и теряет свою активность [1-5].

Целью работы явилась разработка эффективного катализатора для процесса каталитического крекинга тяжелых нефтей.

В работе исследована активность различных типов катализаторов в процессе превращения тяжелой усинской нефти (УН).

Процесс крекинга проводили в стальном реакторе объемом 10 см³ в периодическом режиме в среде азота. Эксперименты вели при температуре 450 °С, давлении 5-7 атм., в течение 1 ч. В качестве катализаторов использовались цеолит НУ и нанопорошок никеля (НП), а также их механическая смесь. Эффективность работы катализаторов оценивали по увеличению выхода светлых фракций (выкипающих до 350 °С), определяемого по потере массы образцов на дериватографе-С фирмы MOM (Венгрия). Состав газообразных продуктов крекинга нефтяного сырья исследовали методом газовой хроматографии.

В таблице приведены данные по фракционному составу продуктов термического и каталитического крекинга усинской нефти.

Таблица 1 – Выход продуктов крекинга усинской нефти в присутствии различных катализаторов

Образец	Количество катализатора, % мас.	Выход продуктов, % мас.				
		газ	кокс	фракция, °С		
				н.к.-180	180-350	>350 °С
Исходная нефть	–	–		9,2	33,8	58,0
Термического крекинга нефти	–	6,7	4,0	14,0	34,5	44,8
Крекинга нефти с НУ	10	4,0	0	17,0	37,2	41,8
Крекинга нефти с НУ и НП Ni	5	4,0	0	29,0	37,0	30,0
Крекинга нефти с НП Ni	1	4,3	0	43,0	27,0	25,7
Крекинга нефти с НП Ni	5	5,0	0	48,0	25,0	22,0

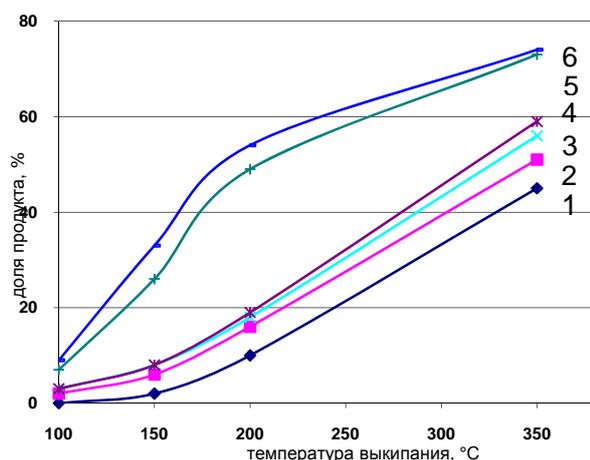


Рис. Выход продуктов термолитза нефти в отсутствии и присутствии катализаторов:

1-исходная УН 2-после термолитза без

Из данных таблицы 1 видно, что в результате термолитза нефти в отсутствии и в присутствии различных катализаторов образуются газообразные и жидкие продукты (легкий и средний дистиллят), а также остаток (фракция >350 °C).

Исследование состава газообразных УВ показало, что продукты, образующиеся в процессе термического и каталитического крекинга нефти, различаются: в продуктах термокрекинга содержится большое количество метана, этана и алканов C₃-C₅, а в продуктах каталитического крекинга присутствует большое количество низших олефинов – этилена, пропилена и бутенов, и содержится существенно меньше алканов C₁-C₅.

Из представленных на рисунке данных видно, что наибольшее количество легких и средних дистиллятов образуется при крекинге нефти с добавкой различного количества нанопорошка никеля

(кривые 5, 6), а также цеолита НУ, модифицированного нанопорошком никеля (кривая 4) и составляет ~72, 73 и 66 %, соответственно. Таким образом, проведенные исследования показали, что наиболее эффективными катализаторами каталитического крекинга тяжелой усинской нефти является цеолит типа НУ и катализатор содержащий нанопорошок никеля. Это объясняется, по-видимому тем, что цеолит НУ имеет относительно большой диаметр пор, что отличает его от других цеолитов, а никель характеризуется удельной дегидрирующей способностью вследствие малых размеров частиц. Кроме этого нанопорошок никеля оказывает существенное влияние на процесс крекинга тяжелых нефтяных компонентов даже при его незначительном содержании в сырье, что говорит о перспективности использования данного катализатора.

Литература

1. Горлов Е.Г., Котов А.С., Горлова Е.Е. // Химия твердого топлива. 2009. № 1. С.31.
2. Нефедов Б.К. // Катализ в промышленности. 2007. № 4. С. 31; № 1. С. 33.
3. Тамбурано Ф. // Нефтегазовые технологии. 1995. № 6. С. 47.
4. Мурзагалеев Т.М., Козлов В.В., Восмерилов А.В., Головки А.К. Термический и каталитический крекинг тяжелой усинской нефти.// Седьмая международная конференция. Химия нефти и газа. 21-26 сентября 2009г., Томск. С. 720-722.
5. Мурзагалеев Т.М., Козлов В.В., Восмерилов А.В., Головки А.К. Исследование процесса каталитического крекинга тяжелой усинской нефти.// Материалы IV всероссийской конференции молодых ученых. Материаловедение, технологии и экология в 3-м тысячелетии. 19-21 октября 2009г., Томск. С. 537-539.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПЕНОСТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Мухортова А.В., Поплетнева Ю.В.

Научный руководитель: Казьмина О.В.

Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: an.net@sibmail.com

К эффективной экологически- и пожаробезопасной теплоизоляции, с практически неограниченным сроком службы относятся неорганические пористые материалы, такие как пеностекло. Качество теплоизоляционных материалов во многом определяется фазовым составом и структурой, которая должна быть оптимальной с точки зрения основных эксплуатационных свойств.

Актуальной исследовательской задачей в области формирования пористого материала с желаемыми характеристиками является анализ структуры, позволяющий регулировать его свойства в силу существования корреляции «состав – структура – свойства».

Разработанная на кафедре силикатов и наноматериалов ТПУ технология получения пеностек-

локристаллических материалов (ПСКМ) позволяет организовать производственный процесс в условиях низкотемпературного синтеза стеклогранулята при температурах, не превышающих 950 °С, исключая энергоемкие стадии стекловарения. Данный промежуточный продукт выступает исходным сырьем для последующего вспенивания и получения пеностекольных изделий с заданными характеристиками.

Объектом исследования является пеностеклокристаллический материал имеющий аморфную структуру, включающую микро- и наноразмерные кристаллические образования. Цель работы – исследовать структуру данного материала.

Химический состав исходных шихт и характеристика полученного на их основе стеклогранулята с обоснованием выбранных составов и режимов термообработки отражены в работах ранее [1, 2].

Исследование структуры полученных пористых образцов проводили с помощью ИК-спектроскопии, рентгенофазового анализа, а также сканирующей электронной микроскопии высокого разрешения.

По фазовому составу стеклогранулят представляет стекловидный продукт, с присутствующими в нем остаточными кристаллами, количество и размер которых определяют плотность и прочность готовых изделий. Расшифровка данных рентгенофазового анализа проводили с помощью программы «Crystallographica Search-Match», количественное определение соотношения кристаллической и стекловидной фаз в материале с помощью графического редактора и анализатора дифрактограмм – программы «Repex». Установлено, что остаточная кристаллическая фаза представлена кварцем, ее количество изменяется для разных составов от 1 до 23 %, минимальные значения стеклофазы наблюдаются в продуктах, полученных на основе песка, максимальные – на основе маршаллита, что объясняется различным температурным режимом обработки шихт. Максимальная температура обработки шихт, в состав которых входит аморфная порода, ниже, по сравнению с шихтами с применением кристаллических пород.

По данным высокотемпературного РФА установлено, что интенсивность дифракционных максимумов отражения, соответствующих кварцу ($d = 3,35; 4,25$ нм), с ростом температуры уменьшается, а для некоторых составов полностью исчезает, что соответствует переходу материала в аморфное состояние.

Таким образом, в процессе повторной термической обработки стеклогранулята на стадии вспенивания остаточный кварц может практически раствориться, что подтверждается данными РФА готового пеностеклокристаллического материала (рис. 1).

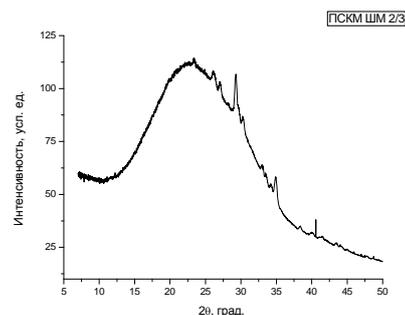


Рис. 1. Дифрактограмма ПСКМ

ИК-спектроскопия обладает высокой чувствительностью к состоянию химических связей и позволяет с помощью колебательных спектров молекул исследовать межатомные взаимодействия [3]. С целью исследования структурных изменений и химических связей изучены спектры пеностеклокристаллических материалов в сравнении со спектрами пеностекла, полученные на ИК-Фурье спектрометре Nicolet 5700 в средней области диапазона 400 – 4000 см⁻¹.

Полосы поглощения в низкочастотной области 400–550 см⁻¹ связаны с деформационными колебаниями концевых связей O–Si–O. Группа полос, располагающаяся области волновых чисел 550–750 см⁻¹, отнесена к симметричным колебаниям мостиковых связей Si–O–Si в тетраэдрах. В этой области спектра значительных отличий данных образцов не наблюдается.

Особое внимание заслуживает область 1250 – 800 см⁻¹, являющаяся характерной для группы SiO⁴. Интенсивная полоса с максимумом ~ 1100 см⁻¹ обусловлена несимметричными валентными колебаниями мостиковых связей Si – O – Si, а в интервале 900 – 1000 см⁻¹ – полоса связана с колебаниями немостиковых связей [4]. По полученным данным установлено, что доля немостиковой связи увеличивается при переходе от пеностекла к ПСКМ с уменьшением интенсивности поглощения пиков от 80 до 60. Данное обстоятельство связано с более высоким содержанием в составе стеклофазы ПСКМ Na₂O, по сравнению с составом образца пеностекла, что приводит к уменьшению степени полимеризации сетки стекла.

Новые полосы поглощения появляются также в области волновых чисел 2103 – 3620 см⁻¹, которые очевидно могут быть приписаны неассоциированным группам OH, либо комплексам типа Si – OH...O – Si. Наличие воды и силанольных групп на поверхности материала можно обнаружить по двум характеристическим полосам поглощения 3200 см⁻¹ и 1650 см⁻¹.

Для изучения размерных характеристик и морфологии структурных элементов ПСКМ использована растровая электронная микроскопия высокого разрешения (JSM-7500FA JEOL, Япония), позволяющая различать участки изучаемых объектов размером до 5 – 10 нм. На рис. представлена об-

ласть аморфной составляющей межпоровой перегородки ПСКМ.

Анализ электронно-микроскопических изображений показал, что материал характеризуется гетерогенной структурой. Пространственная неоднородность стекловидной фазы вызвана процессами дорастворения остаточного кварца при повторном повышении температуры на стадии вспенивания с образованием агрегатов из частиц размером 100 нм. Относительно высокое количество распределенных в объеме агрегатов, отличающихся по химическим или физическим характеристикам, от окружающей аморфной матрицы может стать исходной точкой для проявления склонности расплава к кристаллизации.

Макроструктура полученных образцов представлена герметичными ячейками гексагональной и сферической формы. Размер пор, межпоровой перегородки меняется в зависимости от режима вспенивания, состава шихты и в среднем составляет 1,2 мм и 40 мкм соответственно. Образцы полученных материалов имеют высокооднородную мелкопористую структуру и достаточно равномерное распределение пор по всему объему. Формирование в аморфной матрице нано- и микроразмерных структурных элементов повышает прочностные характеристики образцов в 1,5 – 3 раза по сравнению с традиционным пеностеклом (табл.1).

Из представленных данных следует, что полученные пеностеклокристаллические материалы отличаются от пеностекла на основе стеклосырья повышенной прочностью 1,5 – 3,5 МПа, от керамзита меньшей плотностью 187-370 кг/м³ (керамзит 400-600 кг/м³) и более низким водопоглощением не более 7 мас. % (керамзит 8-12 мас. %).

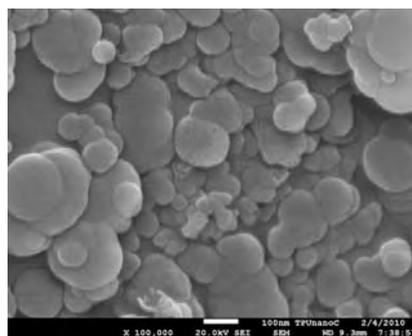


Рис. 2. Микроэлектронный снимок ПСКМ
Таблица 1. Характеристика пеностекловых материалов

Свойства материала	Вид материала	
	пеностекло	ПСКМ
плотность, кг/м ³	100 – 250	100 – 300
прочность, МПа	1,0	1,5 – 3,5
теплопроводность, Вт/м ⁰ С	0,06 – 0,08	0,06 – 0,09
водопоглощение, масс. %	не более 5	не более 7

Таким образом, управляя формированием микро- и наноразмерных структур стекловидной матрицы при переходах «порядок-беспорядок» и «беспорядок-порядок», обеспечивается 3 кратное увеличение прочности пеноматериала.

Литература

1. Казьмина О.В., Верещагин В.И., Семухин Б.С., Абияка А.Н. Низкотемпературный синтез стеклогранулята из шихт на основе кремнеземсодержащих компонентов для получения пеноматериалов // Стекло и керамика, 2009. № 10. – С. 5 – 8.
2. Казьмина О.В., Верещагин В.И., Абияка А.Н., Мухортова А.В., Поплетнева Ю.В. Температурные режимы получения гранулята для пеностеклокристаллических материалов в зависимости от состава шихты // Стекло и керамика. – 2009. - № 5. – С. 26 – 29.
3. Зубехин А.П., Страхов В.И., Чеховский В.Г. Физико-химические методы исследования тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. СПб: «Синтез», 1995, 190 с.
4. Анфилогов В.Н., Быков В.Н, Осипов А.А. Силикатные расплавы. – М.: Наука, 2005. – 357 с.

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ОБРАЗОВАНИЯ И СИНТЕЗ ЦЕОЛИТА ПАУЛИНГИТА

Николаева Е.А.

Научный руководитель: Голубева О.Ю., к.х.н.

Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН, 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, дом 2
E-mail: e1ena_nikolaeva@mail.ru

Цеолиты - группа минералов вулканическо-осадочного происхождения, каркасные алюмосиликаты щелочных и щелочноземельных металлов. Особенностью структуры цеолитов является их нано-пористое внутреннее строение (рис.1). Нанопористая структура, содержащая активные обменные катионы, определяет уникальные адсорбционные, катионообменные и каталитические свойства этих минералов, которые одновременно обладают высокой кислотоустойчивостью и термостабильностью. Цеолиты способны сорбировать катионы и молекулы различных веществ. Благодаря наличию свободного объема и высокой пористости цеолиты могут быть использованы в качестве наноконтейнеров и нанореакторов.

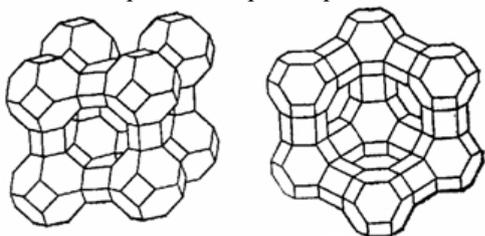


Рис.1. Типичные структуры цеолитов

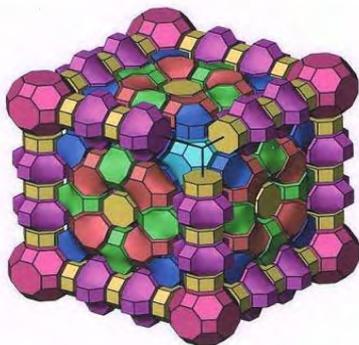


Рис.2. кристаллическая ячейка минерала паулингита.

Синтетические цеолиты типа Y используют в каталитическом крекинге и гидрокрекинговых процессах благодаря своим уникальным каталитическим свойствам. Также они нашли применение как осушители газов и сред, очистке газовых выбросов, в очистке питьевых и технических вод (извлечение аммонийных и фосфатных ионов, извлечение тяжелых металлов (свинца, хрома, кадмия, стронция), в очистке воды от взвешенных веществ, в извлечении радионуклидов из сточных вод атомных электростанций).

К цеолитам типа Y относятся паулингит $(K_2Ca)_{76}[Al_{152}Si_{520}O_{1344}] \sim 700H_2O$, открытый в 60-х годах, содержащий 2016 атомов элементарной

ячейки, образующих 7 различных нанополостей (рис.2). Он отличается самой сложной из всех цеолитов структурой каркаса и близок биологическим объектам, например к структуре протеина.

В структуре паулингита содержатся семь топологических типов полостей gfc (2a), gsm (12d), opr (6b,12e), oto (24h, 48k), pau (12e), phi (24h), plg (16f) по классификации Смита [1]. Паулингит характеризуется очень большим значением доли свободного объема (около $0.5 \text{ см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$), а величина свободного диаметра 8-членных колец, посредством которых полости в паулингите объединяются в систему каналов, составляет 3.6 \AA .

Сложность строения паулингита представляет перспективность его применения в различных областях, что вызывает большой интерес для их изучения. В настоящее время структура и свойства паулингита остаются практически не исследованными, детального исследования по изучению полей его кристаллизации не проводилось.

Структурный ряд цеолитов, родственных паулингиту, состоит из пяти цеолитов. Это LTA, RHO, KFi, Cloverite, паулингит. На основании топологического анализа и расчетов по модели клеточного автомата было сделано предположение о существовании нового цеолита в этом ряду [2,3]. Предсказанная фаза получила название ИХС1. Элементарная ячейка ИХС1 содержит 5 полостей, которые есть и в ячейке паулингита, с кубической решеткой и размером элементарной ячейки 25 \AA . Аналогичный результат был получен при расчетах методом микрокластерного анализа. По результатам расчета методом клеточного автомата, ИХС1 располагается между цеолитами RHO и паулингитом, рис.3.

Можно предположить, что структура ИХС1 состоит из кластера решетки цеолита RHO и еще двух оболочек. На основе послонного роста микрокластеров, ИХС1, RHO и паулингит, есть три шага роста иерархической структуры. Это явилось основанием, что ИХС1 промежуточная стадия образования паулингита.

Целью данной работы являлось изучение кинетики образования, условий синтеза и полей кристаллизации синтетического паулингита, а также поиск нового цеолита ИХС1.

Синтез паулингита проводили с использованием реактивов фирмы Sigma-Aldrich высокой степени чистоты. Исходные реагенты вводили: оксид кремния в виде золя, алюминатную фазу в виде гидроксида и сульфата алюминия, катионы в

виде растворов гидроксидов соответствующих металлов и тетраэтиламмония.

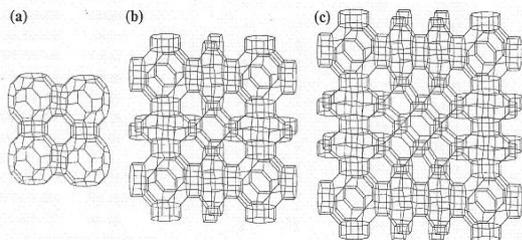


Рис.3. Элементарная ячейка цеолита а- Rho, б- IXC1, с- паулингита.

Приготовленный гель состава $0.4K_2O-0.6Na_2O-1.4(TEA)_2O-Al_2O_3-9SiO_2-0.3Na_2SO_4-140H_2O$, где катион TEA- тетраэтил-аммония, оставляли стареть двое суток при комнатной температуре. Синтез паулингита осуществлялся в гидротермальных условиях, оптимальная температура для наилучшей кристаллизации изучаемого цеолита- $120^{\circ}C$, время синтеза 14-17 суток.

На рисунке 4 представлена кинетика образования паулингита, которую изучали в течении 17 дней синтеза. Синтезированные образцы исследовали на рентгеновском дифрактометре типа D-8 Advance «Bruker». Полученные результаты показывают, что на десятые сутки синтеза образуется цеолит Beta, а затем постепенный его переход в паулингита. Уже на двенадцатые сутки синтеза весь Beta переходит в паулингит. Экспериментально цеолиты RHO и IXC1 не были найдены, поэтому высказанное ранее мнение, скорее всего ошибочное.

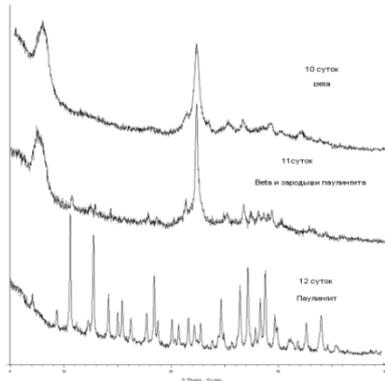


Рис.4. Кинетика образования паулингита.

По данным химического анализа отношение $SiO_2:Al_2O_3$ в исследованном рентгеноструктурным методом порошке составляло 60.80(40):13.38(40) масс.%, что соответствует молярному отношению $Si/Al=3.85$. Поскольку синтезированный паулингит оказался наиболее высококремнеземным по сравнению как с природными паулингитами (в которых отношение Si/Al варьируется в диапазоне 2.7 - 3.7, так и синтетическим ECR-18 ($Si/Al=3.2$ и 3.6), нами был проведен химический анализ других образцов из 4-х различ-

ных синтезов, причем один образец был дополнительно отмыт посредством обработки в NaOH-щелочи, чтобы избежать возможного вклада аморфной кремнеземной фазы, по методике, описанной в. Все полученные отношения Si/Al близко совпадали между собой, т.е. синтезированные паулингиты были наиболее высококремнеземные по сравнению с известными.

Исследования полей кристаллизации синтетического паулингита и поиск IXC1 проводили в системе $SiO_2-Al_2O_3-Na_2O-K_2O-TEA$ в диапазоне отношений $SiO_2:Al_2O_3$ от 6 до 19, K_2O-TEA от 0 до 1 при температуре $120^{\circ}C$. При расчете шихты использовали следующие соотношения: $(TEA_2O+K_2O)/SiO_2=0.02$, $Na_2O/SiO_2=0.067$, $H_2O/SiO_2=15$.

Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что паулингит синтезируется во всей исследуемой области, оптимальным соотношением является $SiO_2:Al_2O_3=9$, $K_2O-TEA=0.4$. Также во всей области образуются такие цеолиты как мерлионит и Beta, при отношении $SiO_2:Al_2O_3=12-16$ и $TEA=1$ кристаллизуется гарронит. (рис. 5)

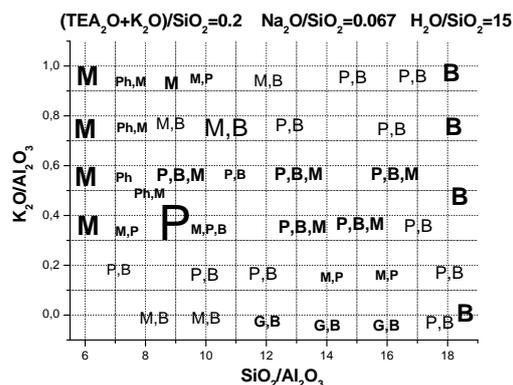


Рис.5. Поля кристаллизации в системе $SiO_2-Al_2O_3-Na_2O-K_2O-TEA$, все М- мерлионит, Ph-филлипсит, В- Beta, G- гарронит, P- паулингит.

Анализ полученных результатов будет использован для поиска новых цеолитов.

Литература

1. J.V.Smith. Topochemistry of zeolites and related materials. 1. Topology and geometry // Chem. Rev. 1988. N. 1. V. 88. P. 149.
2. Shevchenko V., Krivovichev S. Where are genes in paulingite? Mathematical principles of formation of inorganic materials on the atomic Level // Struct Chem. 2008. v.19. N.4. p. 571-577
3. Vaughan D., Strohmaier K. Synthesis of ECR-18 – a synthetic analog of paulingite // Microporous and Mesoporous Materials. 1999. № 28. p. 233-239

МОДИФИКАЦИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА РЕМОНТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НАНОДИСПЕРСНЫМ ОКСИДОМ ЖЕЛЕЗА

Новоселова С.Н., Углова Т.К., Ишматов А.Н.

Научный руководитель: Татаринцева О.С., д.т.н., доцент

Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения
РАН (ИПХЭТ СО РАН)

659322, г. Бийск, Алтайский край, ул. Социалистическая, 1

E-mail: labmineral@mail.ru

Основная тенденция промышленности полимерных композиционных материалов в настоящее время заключается не столько в разработке новых составов, сколько в модификации ранее известных, позволяющей целенаправленно регулировать структуру и свойства композитов (растекаемость, деформационно-прочностные свойства, атмосферостойкость и др.). Одним из наиболее распространенных и эффективных способов модификации при получении полимерных композитов с улучшенными характеристиками является введение в них наноструктурирующих добавок, в основном порошков металлов высокой дисперсности.

В работе представлены результаты исследований по влиянию нанодисперсного оксида железа (II) на характеристики ранее разработанного композиционного материала (К-1, К-2), предназначенного для ремонта и восстановления инженерных сооружений и горных массивов, в т.ч. мраморных [1]. Композит состоит из многокомпонентной полимерной матрицы, включающей эпоксидный олигомер, низкомолекулярный синтетический каучук, пластификатор и технологические добавки, наполнителя и низкотемпературного аминного отвердителя АФ-2. В качестве наполнителя использовался высокодисперсный мраморный порошок (микрокальцит) с размером частиц менее 50 мкм.

Нанопорошок оксида железа (II) (изготовитель MACH I, Inc., США) имеет частицы в виде игольчатых кристаллов средним размером 4 нм и удельную поверхность 237,9 м²/г. Он достаточно однороден по размеру частиц, а образованные из них агломераты имеют рыхлую структуру и легко разрушаются. Согласно информации производителя продукта, его особенностью является стойкость к ультрафиолетовому излучению. Поэтому можно предположить, что введение его в состав композиции позволит увеличить срок эксплуатации ремонтного материала.

Одним из условий получения модифицированных нанопорошками наполненных полимерных композиций с высокими техническими характеристиками является равномерное распределение структурирующей добавки в полимерной матрице, которое достигается различными технологическими приемами. Проведенные на начальном этапе работ исследования, когда наномодификатор

вводили в эпоксидную смолу, показали, что перемешивание с помощью высокоскоростного механического устройства не обеспечивает равномерного диспергирования в ней частиц наполнителя, а достичь хорошего его распределения возможно при дополнительном воздействии ультразвукового поля.

Аналогичные результаты получены и при введении наномодификатора в полимерную матрицу с микрокальцитом. Длительность применения ультразвука составляла 30 минут. Высокий уровень однородности полученной смеси косвенно подтверждается сохранением ею седиментационной устойчивости в течение 7 суток.

Для низковязких ремонтных составов, предназначенных для восстановления монолитности природных материалов, особенно важными являются высокая растекаемость, определяющая способность заполнять трещины малой раскрытости, и стабильность прочностных характеристик в течение длительного времени.

Предел прочности при сжатии ($\sigma_{сж}$) определяли на предварительно подготовленных к испытаниям образцах отвержденного компаунда (отшлифованные грани образцов, к которым прикладывается нагрузка, должны быть параллельными) кубической формы с длиной ребра 3,00±0,05 см. Сжатие проводили на прессе МС-1000. Момент разрушения образца устанавливали по началу обратного движения указательной стрелки силоизмерителя при работающем нагружающем устройстве и при появлении трещин.

Предел прочности при сжатии, МПа, рассчитывали по формуле: $\sigma_{сж} = F_{max}/S$, где F_{max} – разрушающая нагрузка, Н; S – площадь грани образца, подвергаемой сжатию, м².

Текучесть неотвержденной массы (растекаемость) определяли по разработанной в лаборатории методике [2], в соответствии с которой навеску композиции массой (1,50±0,01) г помещали между двумя стеклянными пластинами и по центру устанавливали груз массой 50,0 г на 1 мин. Диаметр растекшегося пятна измеряли с точностью 0,01 см в четырех направлениях и среднеарифметическое значение принимали за результат испытаний.

Экспериментальные результаты исследований представлены на рисунках 1-4.

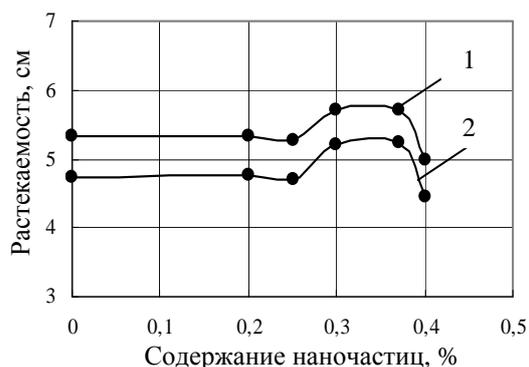


Рисунок 1 – Зависимость величины растекаемости неотвержденного композита от содержания в нем наночастиц оксида железа (II): 1 – без отвердителя; 2 – с отвердителем

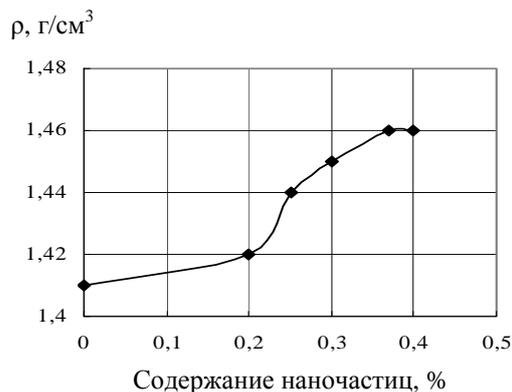


Рисунок 2 – Зависимость плотности отвержденных образцов композита от содержания в нем наночастиц оксида железа (II)

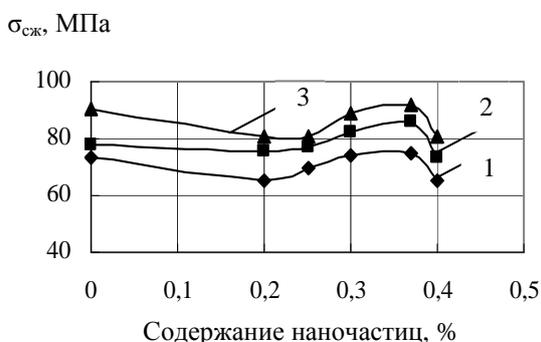


Рисунок 3 – Зависимость прочности композита от содержания в нем наночастиц оксида железа (II) и времени отверждения: 1– 10 сут.; 2 – 20 сут.; 3 – 30 сут.

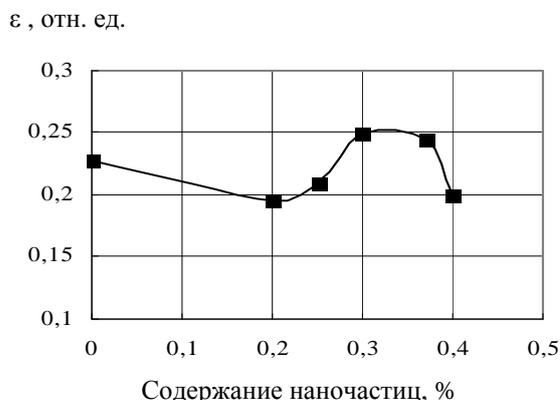


Рисунок 4 – Зависимость деформации образцов композита от содержания в нем наночастиц оксида железа (II) после 20 сут. отверждения

Исследования показали, что положительное влияние ультрадисперсного модификатора проявляется в диапазоне 0,30-0,37 % его содержания в составе. При этих количествах обеспечиваются максимальные значения растекаемости и механических характеристик.

Необходимо отметить, что повышение растекаемости в узком диапазоне процентного содержания модификатора является важным положительным эффектом для таких материалов, как ремонтные компаунды, клеи и др., применяемых для ликвидации трещин малой раскрытости.

Закономерное повышение плотности образцов (рисунок 2) говорит об оптимальности созданной упаковки и снижении пористости композиционного материала, что является важным при использовании композиции в условиях повышенной влажности.

Введение нанопорошка практически не влияет на кинетику отверждения композита (рисунок 3).

Разработанные композиции экологически безопасны, негорючи, устойчивы к тепловым, вибрационным и длительным нагрузкам и могут применяться для выполнения ремонтных работ в таких областях как строительство, коммунальное хозяйство, камнедобывающая и камнеобрабатывающая промышленность, архитектура и электроника.

Литература

1. Новоселова С.Н., Углова Т.К., Татаринцева О.С. Использование отходов мрамора Дуковского месторождения в производстве композиционных материалов //Сб. трудов XII научно-практической конференции «Химия XXI век: новые технологии, новые продукты», г. Кемерово, 21-22 апреля, Кемерово. – 2009. – С. 67-69.
2. Методика определения растекаемости наполненных полимерных композиций МИ 10018691.25106.07. 00021. – Бийск. – 2010. – 9 с.

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ПОЛИМЕРЫ С НАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА.

Абрамов Г. В., Гаврилов А. Н., Положно Е. А.

Научный руководитель: Абрамов Г. В., д.т.н., профессор

Воронежская государственная технологическая академия, 394002, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, 19.

E-mail: katyap1986@yandex.ru

На сегодняшний день индустрия нанотехнологий переживает стремительное развитие. Динамика сектора по разным оценкам составляет 15-20% в год.

Из всего спектра продуктов нанотехнологии наиболее коммерчески перспективными считаются наноматериалы, к которым относятся и полимерные нанокompозиты.

Полимерные композиты представляют собой многокомпонентные материалы, состоящие из полимерной матрицы и наполнителя, которые образуют поверхность раздела фаз, влияющую на конечные свойства материала (рис.1). Особый класс материалов – наноструктурированные полимерные композиты. Данные материалы обладают целым комплексом уникальных характеристик.

Полимерные нанокompозитные материалы формируются путем смешивания наполнителей, имеющих наноразмерные частицы, и термореактивных или термопластических полимеров. Для них характерен размер частиц наполнителя в пределах 100 нм. При уменьшении до столь малых размеров частиц наполнителя резко возрастает их удельная площадь поверхности, а следовательно и площадь поверхности раздела фаз, которая влияет на свойства материала, возрастает на порядки. Это позволяет при минимальном количестве наполнения получить нанокompозитный продукт с характеристиками, превосходящими традиционные высоконаполненные полимерные композиты.



Рис.1 Компоненты полимерного композита

Свойства полимерных нанокompозитов выгодно отличаются от свойств обычных материалов. К таким свойствам относятся: повышенные прочность и жесткость, деформационная теплоустойчивость, устойчивость к ультрафиолетовому излучению, барьерные характеристики мембран и покрытий, а также тепловая и электрическая проводимость.

Основными областями применения нанокompозитных пластмасс в настоящее время являются автомобилестроение и производство упаковочных материалов, но результаты исследований и научных разработок расширяют масштабы их применения (рис. 2). Ряд компаний уже наладили промышленное производство полимерных нанокompозитов.

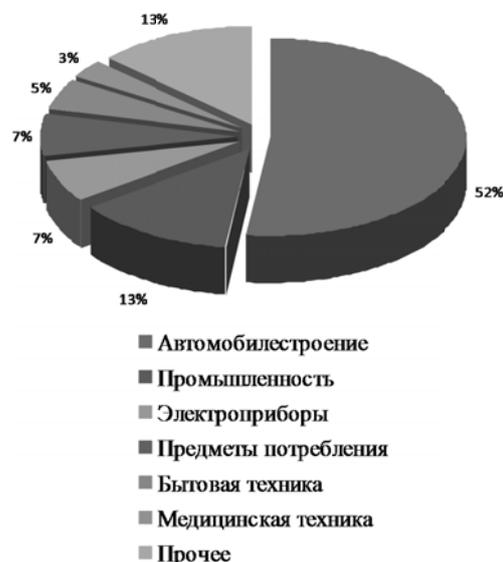


Рис.2 Области применения наноструктурированных полимеров.

Таким образом, в мире началось промышленное освоение полимерных наноструктурированных материалов, темпы которого растут с каждым годом. Интенсификация этого процесса во многом зависит от решения сопутствующих проблем, связанных с получением и удешевлением нанонаполнителей (особенно показательно для углеродных нанотрубок), разработкой эффективных технологий диспергирования наночастиц в полимерную матрицу, а также снижением себестоимости конечной продукции.

Первыми коммерческое применение нашли нанокompозиты с углеродными нанотрубками.

Согласно различным исследованиям последних лет углеродные нанотрубки (УНТ) выделяют как наиболее перспективный вид наполнителя, позволяющий создавать материалы с принципиально новыми или значительно улучшенными свойствами.

Открытые в 90-х годах прошлого века УНТ сами по себе обладают уникальными характеристиками.

ками: большой прочностью в сочетании с высокими значениями упругой деформации, хорошей электропроводностью и адсорбционными свойствами, способностью к холодной эмиссии электронов и аккумулярованию газов, химической и термической стабильностью и т. д.

Углеродная нанотрубка представляет собой протяженную цилиндрическую структуру, состоящую из одного или нескольких вложенных друг в друга свернутых графитовых слоев. Нанотрубки подразделяются на многослойные, состоящие из двух и более слоев, расстояние между которыми соответствует расстоянию между графитовыми слоями (0,34–0,39 нм) и однослойные – из одного графитового слоя, свернутого в цилиндр с диаметром 0,7–2,0 нм и длиной до 100 мкм. УНТ имеют высокую прочность и эластичность и способны выдерживать большие напряжения, не переламываясь [2].

Различные модификации УНТ, отличающихся количеством слоев, размерами, формой каркасной структуры, различаются и свойствами. Высокая стоимость УНТ (для однослойных нанотрубок она составляет несколько десятков и даже сотен долларов за грамм) диктует выбор тех наноматериалов, которые наряду с присущими высокими качественными показателями, доступны промышленным производителям нанокompозитов как с точки зрения объемов производства, так и в плане коммерческих перспектив реализации продукта.

Внедренные в полимерную матрицу УНТ обеспечивают ее электро- и теплопроводность, их можно рассматривать, как нанопроводники. УНТ увеличивают проводимость в сотни раз сильнее обычных добавок, используемых для повышения проводимости материалов. Благодаря этому УНТ формируют объемную электропроводную структуру при введении даже в очень малых количествах, что позволяет добиться проводимости полимеров при значительно меньшей доле УНТ по сравнению с традиционными сажевыми добавками.

Использование углеродных нанотрубок для придания полимерам антистатических и проводящих свойств является на сегодняшний день коммерческой практикой и распространяется в таких отраслях, как электроника и автомобильная промышленность.

Применение углеродных наноуполннителей позволяет одновременно улучшить такие свойства как:

- огнестойкость (температуростойкость);
- ударопрочность;
- хим. стойкость;
- барьерные свойства (снижение газопроницаемости), а также позволяет получить ряд новых свойств, например теплопроводность.

Плюс к этому, практически отсутствует увеличение веса полимера и физико-механические свойства не ухудшаются как при обычных наполнениях, а существенно улучшаются [1].

Российский рынок наномодификаторов практически отсутствует. Большинство компаний сейчас находятся на этапе НИОКР в области наноматериалов и не реализует свою продукцию в промышленном масштабе. Большая часть производимых наноматериалов (нанотрубки, фуллерены и др.), как правило, используется для собственных исследовательских нужд или под определенные заказы и не поступают на рынок.

Производители (разработчики) наночастиц, углеродных нанотрубок, нанопорошков, фуллеренов и др. продукции сталкиваются с двоякой ситуацией: с одной стороны – их высокая стоимость и незначительные возможности производства ограничивают возможность их исследования и применения большинством потенциальных потребителей; с другой – низкие показатели спроса не позволяют значительно снизить цену и не приводят к формированию предпосылок для увеличения объемов их изготовления.

В целом же потенциал рынка нанокompозитов во многом определяется наличием возможности по снижению себестоимости наномодификаторов, а соответственно и конечной продукции. Это будет способствовать повышению конкурентоспособности нанокompозитов перед их аналогами без наномодификаторов.

Литература

1. Пологно Е.А., Малиенко И.С. «Разработка наноструктурированных полимеров с наполнителем из углеродных нанотрубок.» Материалы «Все-российской науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых» / Воронеж : ВГТА. – 2009. – С. 143-145
2. Абрамов Г.В., Гаврилов А.Н., Пологно Е.А., Татаркин Е.С. Математическое моделирование распространения тепла в аноде при электродуговом синтезе углеродных нанотрубок» Материалы X междунар. науч.-тех. конф. «Кибернетика и высокие технологии XXI века» / Воронеж, ВГУ, 2009 – т.2 - с. 791 – 796.
3. . «Свойства полимерных нанокompозитов», Беданокв А.Ю, Борисов В.А., Микитаев А.К. и др., «Пластические массы», №5, 2007.
4. «Polymer/Silicate Nanocomposites Based on Organomodified Clays», Polymers, Polymer Blends, Polymer Composites and Filled Polymers. Synthesis, Properties, Application. Nova Science Publishers. New York, Mikitaev A.K., Bedanokov A.Yu., Mikitaev M.A., 2006

КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОРОШКА АЛЮМИНИЯ С ВОДОЙ

Пономарёва М.Ю., Кабардин А.Г., Дитц А.А.

Научный руководитель: Громов А.А., д.т.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: ponomarewamy@tpu.ru

Введение

Исследования, направленные на разработку компактных источников водорода для питания водородно-воздушных топливных элементов, относятся к актуальным задачам, решаемым в рамках проблемы создания источников тока нового поколения [1]. Один из наиболее удобных методов генерации водорода связан с окислением металлического алюминия водой. При этом 1 г металла выделяет 1,244 л водорода. Эта реакция из-за образования на поверхности металла прочной оксидной пленки при комнатной температуре не протекает [2].

В работах [3-5] исследовалось взаимодействие нанопорошков алюминия с водой при нагревании, активирование процесса происходило за счет использования 30% водного раствора NaOH и интенсивного перемешивания суспензии, за счет которого создаются турбулентные потоки, затрудняющие осаждение продуктов реакции (малорастворимые гидроксидные формы алюминия с различной степенью гидратации) на поверхности сферических частиц алюминия в виде пористого осадка. Осаждение продуктов реакции ведет к образованию на поверхности частиц труднорастворимых продуктов реакции, вследствие чего превращение металла происходит менее чем на 50% [3, 5-6].

Для создания мобильных компактных источников водорода необходимо изучить кинетику выделения водорода в реакции алюминия с водой.

Целью данной работы было изучение кинетических зависимостей взаимодействия промышленного порошка алюминия марки АСД-1 с водным раствором NaOH концентрацией 3...5%.

Методика эксперимента

В работе исследовался промышленный порошок алюминия марки АСД-1 (табл. 1) (диаметр частиц ~100 мкм) содержание оксидов 0,5 мас. %, как и массивный алюминий, он покрыт защитной оксидно-гидроксидной пленкой, для данной марки порошка алюминия средняя толщина ее составляет более 14 мкм. Эта пленка значительно затормаживает процесс окисления, а именно за счет уменьшения скорости диффузии окислителя к поверхности металлического алюминия, поэтому для ее разрушения использовали водные растворы щелочи. Степень превращения и скорость реакции взаимодействия АСД-1 с водными 3...5% растворами NaOH при температурах 30...65 °С с шагом 5 °С и времени от 0 до 60 минут изучали волюмометрическим методом.

Табл. 1. Физико-химические характеристики грубодисперсного порошка Al марки АСД-1

Форма частиц	Насыпная плотность, кг/м ³	Удельная поверхность, S _{уд.} , м ² /г	Содержание основного вещества, %	Пикнометрическая плотность, кг/м ³	Температура плавления, °С	Температура начала окисления, °С
сферические	1170	0,150	99,5	2700	660	920

Навеску АСД-1 0,1 г помещали в термостатированный стеклянный реактор объемом 600 мл, соединенный с термостатированной волюмометрической системой (рис. 1).

Согласно стехиометрии, для полного окисления 27 г (1 моль) Al требуется 54 г (3 моль) H₂O (1).

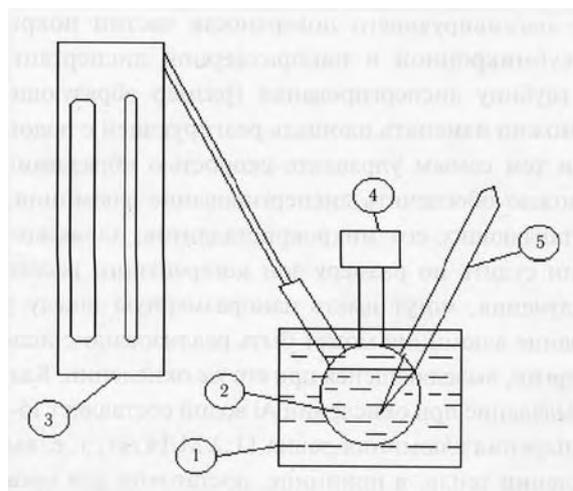
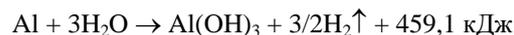


Рис. 1. Принципиальная схема установки: 1 – термостат жидкостный; 2 – реактор с водным раствором NaOH; 3 – установка для измерения объема выделяющегося водорода; 4 – шлюз для подачи воды в реактор; 5 – термометр для контроля температуры воды в реакторе.

Результаты проведенных исследований представлены на графиках (рис. 1).

Кинетические кривые превращения и скорости выделения водорода от времени имеют прямолинейные участки (до α~50...80%, свидетельствующие о постоянстве скорости реакции алюминия с водой, т.е. о протекании реакции в кинетической области. С увеличением времени реакции процесс постепенно переходит в диффузионную область, о чем свидетельствует плавное уменьшение скорости выделения водорода.

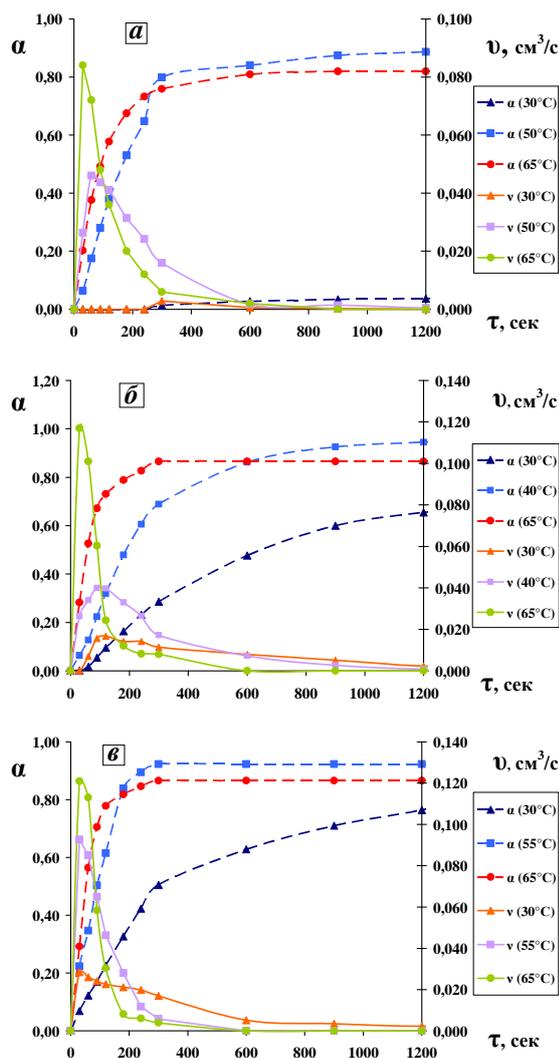


Рис. 2. Зависимость степени превращения АСД-1 и скорости реакции от времени при разных температурах: а) 3% р-р NaOH; б) 4% р-р NaOH; в) 5% р-р NaOH

В интервале концентраций NaOH 3...5% процесс характеризуется коротким индукционным периодом. Максимальную скорость растворения (v_{\max}) определяли по точкам максимума на кривых скорости (рис. 2). С увеличением концентрации щелочи увеличивается степень превращения исходного реагента.

Зависимость скорости реакции взаимодействия АСД-1 с растворами щелочи от температуры изучали в интервале 30...65 °С. С увеличением температуры реакционной смеси эта зависимость несколько меняется, при $t > 40$ °С реакция протекает без индукционного периода, общая продолжительность процесса полного взаимодействия Al значительно уменьшается. При возрастании температуры до 65 °С величина v_{\max} взаимодействия АСД-1 с разбавленными растворами щелочи воз-

растает в среднем в 4 раза при концентрациях NaOH 3...5%.

Для конструирования эффективного мобильного генератора водорода надо добиться максимальной степени превращения исходного реагента, минимальной температуры получения водорода при незначительной концентрации щелочи в растворе или отсутствие ее вообще. В этом направлении следует проводить дальнейшие исследования.

Максимальная степень превращения алюминия, и как следствие, максимальный выход целевого продукта – водорода достигнуты при температуре 55 °С и концентрации NaOH 5%.

Таким образом, получение водорода в реакции Al с водой из грубодисперсных порошков алюминия не менее эффективен, чем на основе нанопорошков.

Целесообразно проводить синтез водорода в условиях снижения концентрации щелочи и температуры водной среды.

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента РФ МД-237.2009.8.

Литература

- Школьников Е.И., Янушко С.А., Тарасова С.А., Пармузина А.В., Илюхин А.С., Шейндлин А.Е. Исследование работы алюмоводородного микрогенератора водорода для компактных источников питания // Электрохимическая энергетика, 2008, Т. 8, №2, С. 86.
- Илюхина А.В., Школьников Е.И., Кравченко О.В., Булычев Б.М. Получение водорода при взаимодействии с водой механохимически активированного алюминия // Физические проблемы водородной энергетики: Тезисы докл. V Росс. Конф. – СПб: Изд-во Политехнического университета, 2009. С. 42-43.
- Коршунов А.В., Голушкова Е.Б., Переверзенева Д.О., Ильин А.П. Макрокинетика взаимодействия взрывчатых нанопорошков алюминия с водой и водными растворами // Известия ТПУ, 2008, Т. 312, №3, С. 5-10.
- Астанкова А.П., Годымчук А.Ю., Громов А.А., Ильин А.П. О кинетике саморазогрева в реакции нанопорошка алюминия с жидкой водой // Журнал физической химии, 2008, Т. 82, №9, с. 1-9.
- Годымчук А.Ю., Ильин А.П., Астанкова А.П. Окисление нанопорошка алюминия в жидкой воде при нагревании // Известия ТПУ, 2007, Т. 310, №1, С.102-104.
- Ратько А.И., Романенков В.Е., Болотникова Е.В., Крупенькина Ж.В. Гидротермальный синтез пористой металлокерамики $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Al}$: I. Закономерности окисления порошкообразного алюминия и формирования структуры пористого композита $\text{Al}(\text{OH})_3/\text{Al}$ // Кинетика и катализ, 2004, Т. 45, № 1, С. 154-161.

МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ВНУТРИКОСТНЫХ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ ПУТЕМ КАТОДНОГО ВНЕДРЕНИЯ БИОСОВМЕСТИМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В БИОКОМПОЗИЦИОННОЕ ПОКРЫТИЕ

Пошивалова Е.Ю., Гоц И.Ю.

Саратовский государственный технический университет,
410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77
E-mail: SyusyukinaE82@mail.ru

Внутрикостный дентальный имплантат представляет собой искусственный зубной корень, выполненный из биосовместимых материалов и установленный в специально сформированное костное ложе. Для повышения процента приживляемости дентальных имплантатов на их поверхность наносят специальные биоактивные покрытия на основе кальцийфосфатных керамик (гидроксиапатит (ГА), фторгидроксиапатит (ФГА), трикальцийфосфат (ТКФ)) [2]. Многочисленными исследованиями установлено, что наиболее эффективным на сегодня методом нанесения таких биоактивных композиционных покрытий является процесс электроплазменного напыления. Однако, актуальной проблемой современной дентальной имплантологии, является борьба с отторжением имплантатов, вызванным периимплантитом. Основная причина периимплантита – это миграция бактерий полости рта в периимплантную область. Эффективным методом борьбы с этим, на наш взгляд, может быть использование лантана и серебра в составе покрытия, которые обладают антимикробными и антитромбоцитными свойствами. Однако введение их в состав напыляемого покрытия экономически нецелесообразно по причине значительного расхода и проблематичности введения во внутренние структуры покрытия имплантата. Возможным вариантом может быть электрохимическое внедрение, но методы осуществления этого процесса применительно к биокomпозиционным титан-гидроксиапатитовым (Ti/ГА) покрытиям практически не изучены. В связи с этим были проведены две серии экспериментов. В качестве образцов для электрохимических исследований использовали пластинки титана ВТ1-00 с размерами 10×10×2 мм, на которые предварительно были нанесены плазмонапыленные Ti/ГА-покрытия.

Модифицирование Ti/ГА-покрытия на титановых электродах лантаном осуществлялось по методу катодного внедрения из 0,5 моль/л раствора п-метоксибензоата лантана в диметилформамиде (ДМФА) в течение 1 и 3 часов при плотности катодного тока 0,5 мА/см². По окончании процесса модифицирования были сняты бестоковые хронопотенциограммы и циклические потенциодинамические кривые (ЦПДК) [1].

Лантан обладает достаточно отрицательным равновесным электродом:



Анализ бестоковых хронопотенциограмм показал смещение равновесного потенциала электрода в более отрицательную область после внедрения

лантана (Табл. 1). При более длительной катодной поляризации влияние лантаноида, внедрившегося в поры Ti/ГА-покрытия проявляется еще более заметно. При этом потенциал устанавливается достаточно быстро (≈3 мин).

Таблица 1. Значения равновесного потенциала электрода в зависимости от времени внедрения

E (б/т) (отн.НХСЭ), В	-0,04
E (б/т), (отн.НХСЭ), В, t = 1 ч	-0,39
E (б/т), (отн.НХСЭ), В, t = 3ч	-1,22

Потенциодинамические кривые наиболее наглядно позволяют зафиксировать все возможные процессы, протекающие на электродах в исследуемом интервале потенциалов. Наличие пиков и площадок на i , E – кривых позволяет оценить предположительный состав продуктов в процессе электрохимических превращений и их устойчивость. Исследования ПДК проводились в электролите внедрения в области потенциалов от – 3 до +1 В со скоростью линейной развертки потенциала 20 мВ/с [1]. Как видно из i , E – кривых и на катодных кривых внедрения лантана, и на анодных кривых, отражающих процесс его экстракции, наблюдаются четкие пики, свидетельствующие о затруднениях протекания процессов катодного внедрения и анодной экстракции лантана (Рис.1).

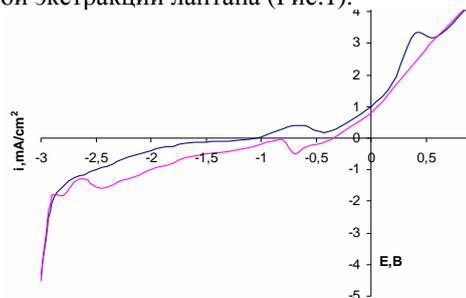


Рис.1. Потенциодинамические кривые катодного внедрения лантана в Ti/ГА-покрытия

Дальнейшее более глубокое насыщение приводит к увеличению плотности рабочих токов в данном интервале потенциалов (Рис.2), а также, в ряде случаев, то к появлению, то к исчезновению новых пиков и площадок. Такое поведение ЦПДК указывает на образование многофазной системы нестехиометрического состава.

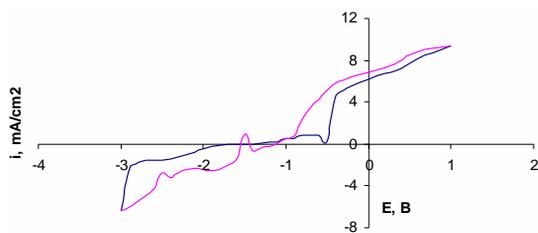


Рис. 2. Потенциодинамические кривые катодного внедрения лантана в Ti/GA-покрытия при насыщении

Вторая серия экспериментов заключалась в катодном внедрении серебра в те же Ti/GA-покрытия.

Катодное насыщение пор серебром электроплазмонапыленных покрытий Ti/GA-покрытий, нанесенных на титановую основу, осуществлялся из водного раствора 0,4 М AgNO₃ в гальваностатическом режиме в течение 10 минут при различных плотностях катодного тока ($i_k = 0.5 \div 0.2$ mA/cm²) и температуре 20°C. Электрохимические измерения производили на потенциостате П-5848 в комплекте с самопишущим потенциометром КСП-4 в стандартной стеклянной трехэлектродной ячейке с титановым вспомогательным противозлектродом и неводным хлорсеребряным электродом сравнения. Бестоковые хронопотенциограммы снимались на электродах до и после катодной поляризации.

На рис. 3 показаны хронопотенциограммы Ti/GA-покрытий в бестоковом режиме в течении 60с. Значение бестокового потенциала варьировало от 0,52 В до 0,535 В.

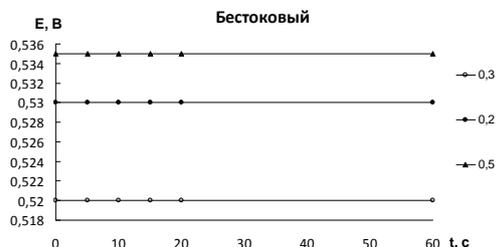


Рис.3. Хронопотенциограмма Ti/GA-покрытия в бестоковом режиме в течении 60 с

На рис. 2. представлены E-t кривые для Ti/GA-покрытий.

Анализ E-t кривых Ti/GA-покрытий при насыщении их серебром, носит вполне определенный характер. При этом на значение бестокового потенциала оказывает влияние величина плотности катодного тока. Величина потенциала катодного процесса монотонно смещается в область более отрицательных значений с увеличением величины i_k . Также это прослеживается и при анализе бестоковых хронопотенциограмм. Значения величин потенциалов исследуемых покрытий абсолютно

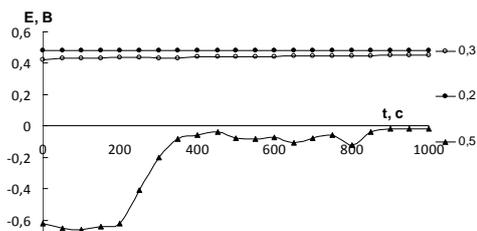


Рис.4. E-t кривых Ti/GA-покрытий при насыщении их серебром

соответствуют значению потенциала чистого серебра.

Согласно литературным данным [1], восстановление ионов серебра протекает практически с 100 % выходом по току в отсутствии нитрат-ионов. Однако их присутствие снижает выход по току до 80÷90 % вследствие побочных процессов восстановления NO₃⁻ до аммиака и гидросиламина. Это позволяет оценить примерное количество серебра, присутствующего в порах исследуемых наноструктурированных покрытий. В таблице приведены значения количества серебра в исследуемых наноструктурированных покрытиях в зависимости от плотности тока внедрения.

Таблица 2. Количество серебра в Ti/GA-покрытиях в зависимости от плотности тока внедрения

Плотность катодного тока i_k , mA/cm ²	Содержание серебра, 10 ⁻³ г
0,2	0,107
0,3	0,167
0,4	0,214
0,5	0,268

Из анализа проведенного опыта установлено, что с увеличением плотности тока серебра внедряется больше.

Таким образом, по полученным данным опытов биосовместимые материалы (лантан и серебро) активно внедряются в пористые биокомпозиционные покрытия (Ti/GA), что тем самым будет благотворно влиять на трофику границы «кость-имплантат».

Список литературы

1. Пошивалова (Сюсюкина) Е.Ю. Разработка технологии электрохимического и электроплазменного формирования биоактивных композиционных покрытий : Дисс... канд. техн. наук, Саратов, 2008. - 205с.
2. Стоматологические имплантаты. Исследование, разработка, производство, клиническое применение / А.В. Лясникова, А.В. Лепилин, Н.В. Бекренев, Д.С. Дмитриенко. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2006. – 254 с.

ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ С НАНОСТРУКТУРОЙПриходько Е.А.

Научный руководитель: Тушинский Л.И., д.т.н., профессор

Новосибирский государственный технический университет, Россия, 630092, г. Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20

E-mail: helens_case@ngs.ru

Целесообразность использования упрочняющей термопластической обработки подтверждается многими научными публикациями. Применение такой обработки ведет к значительному повышению качества металла. Структура, которую приобретает металл, определяет его свойства при непосредственном использовании потребителем. Качество металлических сплавов определяет металлоёмкость, надежность и долговечность деталей машин и конструкций.

Структурные изменения аустенита в процессе и после горячей деформации имеют важное значение, поскольку они определяют конечные механические свойства. Знание закономерностей формирования особенностей строения аустенита при термопластическом воздействии и влияния этих особенностей на распад горячедеформированного аустенита позволит управлять процессом формирования структуры с целью реализации эффективных упрочняющих механизмов [1].

Технология упрочнения в сочетании с процессом пластического деформирования значительно изменилась в процессе своего развития [2]:

Закалка с прокатного нагрева предусматривает использование тепла прокатки

Термическое упрочнение проката повышает конструктивную прочность за счет наноструктурных в продуктах распада деформированного аустенита.

Контролируемая прокатка построена на идее размельчения зерна в комбинации с дисперсным упрочнением карбидами и нитридами ниобия, титана, ванадия.

Новые разновидности высокотемпературной термомеханической обработки были реализованы (научная школа НГТУ) при попытке приблизить технологию термомеханической обработки к реальным условиям термопластической обработки заготовок. Они предусматривали немартенситный распад горячедеформированного аустенита (высокотемпературная термомеханическая обработка с диффузионным распадом аустенита (конечная структура: перлит, феррит + перлит); высокотемпературная термомеханическая обработка с перлитным превращением аустенита в изотермических условиях (структура: перлит, сорбит, троостит); высокотемпературная термомеханическая обработка с изотермическим бейнитным распадом аустенита (структура: бейнит)).

Технология регулируемого термопластического упрочнения (РТПУ) стали удачно комбинирует наиболее эффективные дислокационные механизмы – упрочнение размельчением зерен и созданием развитой наноструктуры в одном технологиче-

ском процессе, что позволило получить дополнительный эффект от их комбинирования [3]. Главное отличие РТПУ заключается в обязательном управлении многими параметрами технологии прокатки для гарантированного обеспечения условий реализации эффективных механизмов упрочнения.

Двухуровневая, оптимальная структура должна состоять из следующих подразделений:

- ультрамелкие зерна с высокоугловыми границами, полученные из любого поликристаллического материала в процессе горячей деформации и рекристаллизации, $d_{\text{УМЗ}} \approx 1,5 \dots 1,0 \dots 0,8$ мкм;

- нанофрагменты внутри ультрамелких зерен, образованные по принципу самоорганизации (нанополигонизации) во время специальной регулируемой термопластической обработки, $d_{\text{нано}} \approx 20 \dots 50 \dots 100$ нм.

Такое структурное решение оптимальности размеров и формы структурных составляющих (точечных, линейных и поверхностных дефектов) с учетом особенностей пластической деформации в наноструктурированном материале обеспечит решение главной идеи наноструктурной теории прочности – запрещения длинных трансляций дислокаций и активизации коротких скольжений и ротаций в пределах образованных нанофрагментов.

Удачное решение этой проблемы приведет к повышению предела текучести с сохранением необходимого запаса вязкости.

Для создания вышеописанной, оптимальной, наноактивизированной структуры материала (стали) в научной школе НГТУ была разработана новая технология регулируемого термопластического упрочнения, в которой предусматривались четыре последовательных этапа (шага) (рис. 1).

Первый этап – размельчение любых исходных зерен до размеров ультрамелкозернистых $d_{\text{исх}} \rightarrow d_{\text{УМЗ}} = 1,2 \dots 1,0 \dots 0,8$ мкм.

Такое ограничение в размерах зерен объясняется нашим убеждением в том, что получать нанозерна ($d \approx 50 \dots 30 \dots 10$ нм) методами активной пластической деформации (РКУП и др. [4]) не рационально по двум мотивам:

- такие нанозерна будут насыщены дислокациями «леса» и такой наноматериал будет без сомнения охрупчен,

- такие нанозерна (или по нашему мнению деформационные нанофрагменты) можно получить только у малых образцов, из которых изготовить что-либо невозможно.

Первый этап выполняется последовательным проведением высокотемпературных деформаций и

статических рекристаллизаций на основе естественной самоорганизации структур по законам синергетики.

Второй этап – создание нанофрагментов внутри ультрамелких зерен при развитии динамической нанополигонизации.

Этот (второй) этап наиболее сложен в исполнении так как успешно выполняется только при точном соблюдении режимов процесса (температура, степень и скорость деформации, немедленное охлаждение с последующим фазовым превращением).

Этап третий – фазовое превращение ультрамелкозернистого и наноструктурированного аустенита в мартенсит с наследованием нанофрагментов в двойникованном или блочном (реечном) мартенсите.

Этап четвертый – отпуск мартенсита и дополнительное выделение нанодисперсных частиц карбонитридов титана или ниобия на границах нанофрагментов или их тройных стыках.

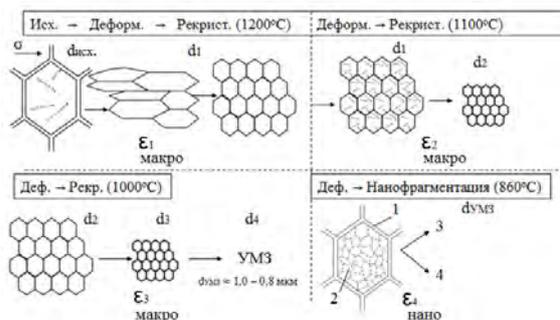


Рис.1 - Структурные изменения в стали при регулируемом термопластическом упрочнении

$d_{исх.} = 100$ мкм; $d_1 = 20$ мкм; $d_2 = 5$ мкм; $d_4 = 1$ мкм; $d_5 = d_{УМЗ} = 0,8$ мкм; $\epsilon_1 = 50\%$; $\epsilon_2 = 40\%$; $\epsilon_3 = 30\%$; $\epsilon_4 = 20\%$. 1 – ультрамелкое зерно (УМЗ); 2 – нанофрагменты ($d_{нано} = 20$ нм); 3 - готовая наноструктура в УМЗ аустенита (20X23H18T); 4 - Наследование нанофрагментов при фазовом превращении (Сталь 20)

Технология регулируемого термопластического упрочнения осуществляется на лабораторной установке (рис. 2), включающей: 1) электрическую печь аустенитизации образцов (SNOL 7,2/1300), предназначенную для термообработки различных материалов и изделий при температуре от 50°C до 1300°C в воздушной среде в стационарных условиях; 2) лабораторного прокатного стана с диаметром валков 250 мм; 3) бак для охлаждения образцов.

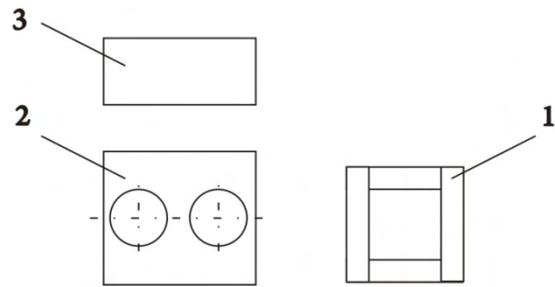


Рис.11. Схема экспериментальной установки для осуществления РТПУ: 1 - электрическая печь для аустенитизации образцов; 2 - лабораторный прокатный стан; 3 - бак для охлаждения образцов.

Целесообразность размельчения зерна в любом сплаве для повышения его конструктивной прочности бесспорна. Предсказанную оптимальную наноструктуру можно получить (например, в стали) новой термопластической технологией упрочнения (РТПУнано), которая обеспечивает превращение любой исходной крупнозернистой структуры в ультрамелкозернистую с нанофрагментами внутри этих зерен и выделениями нанодисперсных упрочняющих фаз (частиц) карбонитридов титана или ниобия. В дальнейшем целесообразно осуществить углубленные структурные исследования нанофрагментов и нановыделений карбонитридов титана и ниобия; прецизионные механические испытания упрочненных наноструктурных материалов; экспериментальную оптимизацию режимов РТПУ нано для различных структурных классов материалов; разработку компьютерных технологий математического обоснования справедливости наноструктурной теории (метод конечных элементов, клеточных автоматов, мультифрактального анализа).

Литература:

1. Бернштейн М.Л. Структура деформированных металлов. / М.Л. Бернштейн. – М.: Металлургия, 1977. – 430 с.
2. Тушинский Л.И. Теория и технология упрочнения металлических сплавов / Л.И. Тушинский. – Новосибирск: Изд-во Наука, 1990. – 303 с.
3. Тушинский Л.И. Структурная теория конструктивной прочности / Л.И. Тушинский. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – 400 с.
4. Valiev R. Structure and properties of ultra fine-grained materials produced by severe plastic deformation / R. Valiev, A. Korznikov, R. Mulykov // Materials Science and Engineering. – 168 (1993). – 141-148.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОБЛОЧНОГО ИЗОМОРФИЗМА В ГЕТЕРОФАЗНЫХ КРИСТАЛЛАХ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОФАЗОВОГО АНАЛИЗА

Пьянкова Л.А., Штукенберг А.Г., Пунин Ю.О.

ЗАО «Научные приборы», Санкт-Петербург

190103, Санкт-Петербург, Рижский пр., д.26

E-mail: lyuba_pyan@mail.ru

Нередко в макрокристаллах развит наноблочный изоморфизм [1]. Он образует мир структур и морфологически упорядоченных объектов, находящихся в дальнем порядке структурообразующих частиц. Структура и форма наноиндивидов определяется только внутренними факторами и практически не зависит от внешних воздействий. Наноблочный или «аномальный» изоморфизм – замещение двумерных фрагментов структуры толщиной от одной до нескольких элементарных ячеек фрагментами другого состава, а синтаксия – вхождение примеси в кристалл в виде закономерно ориентированных вростков самостоятельной фазы. Четкого разделения между синтаксией и «аномальным» изоморфизмом до сих пор не установлено.

Исследование гетерофазных кристаллов $\text{NH}_4\text{Cl}:\text{Me}^{2+}$, выращенных в водно-формамидных системах, показало, что двухвалентные металлы Me (в частности, Cu и Mn), входят в структуру кубического хлорида аммония в виде синтаксических вростков в количествах до 7 вес. %, что приводит к возникновению аномального двупреломления и напряжений гетерометрии [2]. Такие количества примесей не могут войти в кристаллическую структуру хлорида аммония изоморфно. Вместо этого они образуют сложные частично-когерентные наноразмерные сращения NH_4Cl с самостоятельными выделениями фаз $(\text{NH}_4)_2\text{MeCl}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и/или $\text{MeCl}_2 \cdot 2\text{CONH}_3$ (Me = Cu, Mn) [3]. Поскольку процессы образования подобных сложных композитных кристаллов практически не изучены, нами проводятся систематические исследования механизмов их образования на примере кристаллов хлорида аммония с примесями переходных металлов [2, 3].

Согласно проведенному ранее исследованию кристаллов [2], стало ясно, что, не являясь истинно изоморфными, примеси Cu^{2+} и Mn^{2+} тем не менее интенсивно захватываются растущими кристаллами NH_4Cl (до 6.63 и 9.05 вес %, соответственно). Коэффициент захвата примеси Mn^{2+} кристаллом NH_4Cl увеличивается от 0.1 до 0.35, а примеси Cu^{2+} уменьшается от 4 до 0.5 с увеличением содержания примеси от 0 до максимальных значений.

Стандартное исследование монокристаллов на выявление синтаксических вростков в геометрии Брегга-Брентано проводят методом качания с использованием сцинтиляционных детекторов с узкими приемными щелями [4]. Работ посвященных исследованию наноблочных кристаллов в фикси-

рованной схеме – образец, детектор и трубка – неподвижные, нами не найдено. Традиционно позиционно-чувствительные детекторы, применяют для фазового анализа порошковых образцов, исследования текстур или нано пленок [5].

Кристаллы $\text{MeCl}_2 \cdot 2\text{CONH}_3$ (Me = Mn, Cu) выращивались из пересыщенных водно-формамидных растворов, содержащих MeCl_2 и NH_4Cl ($T = 20^\circ\text{C}$) на дне чашек Петри без перемешивания в течение 3 – 4 дней. Массовое отношение вода:формамид в смеси составило 1:1.

Массив дифракционных данных был получен при комнатной температуре (20°C) на рентгеновском дифрактометре серии ДИФРЕЙ (ЗАО «Научные приборы») с помощью программного комплекса Diffract. Картирование кристаллов рентгенофазовым методом заключалось в получении массива дифракционных данных с поверхности грани куба кристалла NH_4Cl при перемещении образца в плоскости XY (с шагом 0.5 мм). Условия съемки: острофокусная трубка БСВ-30, анод – $\text{Cr}_{K\alpha}$ (2.2897 Å), позиционно-чувствительный изогнутый детектор, капилляр 0.5 мм, экспозиция 300 сек, интенсивность не менее 10000 имп. Исследуемую грань выводили в плоскость отражения, на поверхность кристалла наносили тонким слоем эталон $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (для калибровки детектора и устранения ошибок установки). Исследовано 25 кристаллов, выращенных в контролируемых температурных условиях и при массовой кристаллизации.

Данные монокристалльной дифрактометрии смешанных кристаллов $\text{NH}_4\text{Cl}:\text{Cu}^{2+}$ при отражении от грани куба говорят об ориентированном вхождении вростков примесных фаз в кристаллы NH_4Cl . Так, при увеличении содержания примеси меди в кристаллах NH_4Cl сначала регистрируются вростки двойной соли $(\text{NH}_4)_2\text{CuCl}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, затем хлорида меди $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и медь-формамидного соединения $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{CONH}_3$ (рис. 1а).

Монокристалльные исследования $\text{NH}_4\text{Cl}:\text{Mn}^{2+}$ фиксируют небольшое содержание вростков двойной соли или их следы уже при небольшой концентрации примеси Mn^{2+} 0.13 масс.%. Дальнейшее увеличение концентрации примеси в кристалле от 1.25 масс.% приводит к появлению ориентированных по (012) вростков марганец-формамидного соединения $\text{MnCl}_2 \cdot 2\text{CONH}_3$. При максимальных содержаниях примеси марганца в кристалле (8.81 масс.%) возникают только вростки $\text{MnCl}_2 \cdot 2\text{CONH}_3$.

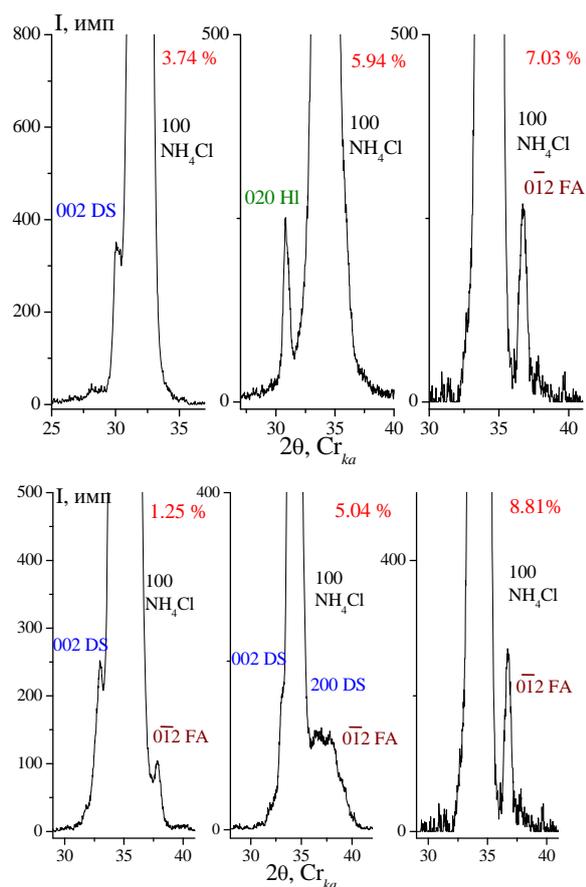


Рис.1 Изменение фазового состава синтаксических вrostков с изменением концентрации примеси в кристаллах:

а) $\text{NH}_4\text{Cl}:\text{Cu}^{2+}$ (отражение (100) 3.74, 5.94 и 7.03 масс.% Cu^{2+} в кристалле

б) $\text{NH}_4\text{Cl}:\text{Mn}^{2+}$ - 1.25, 5.04 и 8.81 масс.% Mn^{2+} в кристалле (обозначения DS - $(\text{NH}_4)_2\text{MeCl}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, FA - $\text{MeCl}_2 \cdot 2\text{CONH}_3$ и HI - $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Монокристалльное исследование гетерофазных кристаллов $\text{NH}_4\text{Cl}:(\text{Cu}, \text{Mn})^{2+}$ показало, что синтаксические вrostки двойных солей меди и марганца проявляются одинаково стабильно для обеих систем и ориентировано входят в кристаллы хлорида аммония преимущественно по $(001)_{\text{DS}} \parallel (100)_{\text{NH}_4\text{Cl}}$ (и реже по $(100)_{\text{DS}} \parallel (100)_{\text{NH}_4\text{Cl}}$) практически во всем анализируемом концентрационном диапазоне примеси. Иначе обстоит с формамидными соединениями и хлоридами меди и марганца. Т.е. можно сказать, что в гетерофазных кристаллах $\text{NH}_4\text{Cl}:\text{Cu}^{2+}$ наиболее вероятно сосуществование вrostков двойной соли и хлорида меди, а в кристаллах $\text{NH}_4\text{Cl}:\text{Mn}^{2+}$ – вrostков двойной соли и марганец-формамидного соединения.

Как показало картирование грани куба (30 точек на кристалл), даже в пределах одного кристалла концентрация синтаксических вrostков фаз в зависимости от удаленности от центра грани меняется. Причем, концентрация фазы хлорида меди уменьшается по мере удаления от центра грани, с одновременным увеличением доли фазы двойной соли, в то время как в марганцевом кристалле обратная зависимость – концентрация примеси двойной соли уменьшается. Однако и в том и в другом случае наблюдается обратная корреляция в захвате примесей двух разных фаз растущим кристаллом. Вероятно, неоднородное распределение примесей по площади грани кристалла вызвано неоднородным распределением примесей в диффузионном пограничном слое. При этом, хлоридные комплексы катионов лучше отводятся диффузией от ребер кристалла, накапливаясь в центрах граней.

Оценка размеров синтаксических вrostков двойной соли хлорида марганца по полуширинам дифракционных максимумов показала, что они сопоставимы с размерами блоков материнской фазы (40-60 Å), а размеры вrostков марганец – формамидного соединения существенно больше (160-330 Å). Данная оценка размерности структурных единиц хорошо согласуется с данными АСМ [6], т.е. вrostки формамидного соединения способны образовывать нанослои, а вrostки двойной соли – «элементарные» строительные единицы ступеней.

Проведенное исследование наноблочного изоморфизма в кристаллах NH_4Cl на рентгеновском дифрактометре ДИФРЕЙ позволило получить более полную картину внутреннего строения гетерофазных адсорбционно-смешанных кристаллов.

Литература

1. Юшкин Н.П.// Минералогическое общество и минералогическая наука на пороге XXI века. СПб.: Мин. об-во при РАН, 1999. - с. 20.
2. Пьянкова Л.А., Пунин Ю.О., Франке В.Д. и др. // Кристаллография - 2009. – 54, № 3. - С. 570.
3. Франке В.Д., Пунин Ю.О., Платонова Н.В. // Вестник СПбГУ, Сер. 7. – 2003. - N 2. - С. 16.
4. Иванова Т.И., Франк-Каменецкая О.В. // Ж. Структурной химии, Т.42, № 1, 2001
5. Boule A., Guinebretie' re R., et. al. // Applied Surface Science 253 (2006) 95–105
6. Пьянкова Л.А., Бочаров С.Н., Штукенберг А.Г., Пунин Ю.О., Франке В.Д.// Материалы семинара "Минералогическая интервенция в микро- и наномир" Сыктывкар, 2009, с. 482-485.

ИНТЕНСИВНАЯ ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЁВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ВЫСОКОПРОЧНЫМ ИНДЕНТОРОМ, КОЛЕБЛЮЩИМСЯ С УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЧАСТОТОЙ

Ромашова Ю.Н., Руктуев А.А.

Научный руководитель: Багаев И.А.

Новосибирский государственный технический университет, 630092, Россия, г. Новосибирск, пр. Маркса, 20

E-mail: julevern@inbox.ru

Одним из методов поверхностной пластической деформации является обработка высокопрочным индентором, колеблющимся с ультразвуковой частотой. В последние годы эту обработку рассматривают в качестве перспективного метода формирования нанокристаллической структуры в поверхностных слоях металлических материалов. Получение такой структуры связывают с возможностью повышения прочностных, усталостных и триботехнических свойств материалов. В данной работе определяли глубину пластически деформированного слоя и изучали особенности градиентной структуры, формирующейся в процессе обработки. Экспериментально глубина упрочнённого слоя может быть определена металлографическим (по глубине залегания деформированных зерен) и дюрометрическим методом (путем оценки микротвердости). Имеющиеся в литературе данные противоречивы и не позволяют сделать однозначные выводы о величине пластически деформированного слоя.

В качестве объекта исследования использовались два модельных материала, обладающих характерными особенностями, проявляющимися в ходе деформации.

Так, глубина упрочнённого слоя исследовалась на стали Гадфильда (110Г13Л), характерной особенностью которой является появление полос скольжения на полированной поверхности. Для изучения особенностей градиентной структуры, формируемой в процессе поверхностной пластической деформации, проводился отжиг обработанных образцов технического железа (рис. 1.).

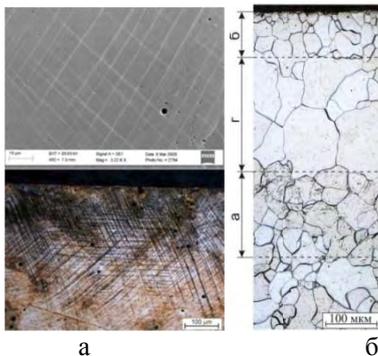


Рис. 1. Структура поверхностного слоя стали Гадфильда (а) и технического железа (б) после обработки индентором, колеблющимся с ультразвуковой частотой.

Выбор материала с малым содержанием углерода объясняется необходимостью снижения количества перлита и уменьшения его влияния на характер деформации ферритных зёрен. Поверхностное упрочнение осуществляли твердосплавным индентором с диаметром сферы 8 мм. Статическая нагрузка на индентор составляла 10 кг. Частота колебаний индентора была равной 22 кГц. Зона обработки для стали Гадфильда имела форму прямолинейной дорожки. Количество проходов индентора вдоль дорожки изменялось от 1 до 300. Исследовались зоны, прилегающие к краям дорожек на предварительно отполированных поверхностях образцов, и поверхности химически протравленных поперечных металлографических шлифов.

Зона обработки для технического железа представляла собой форму прямоугольника. Термическая обработка образцов заключалась в их отжиге без фазовой перекристаллизации. Диапазон температур отжига составлял 520...700 °С, длительность термообработки – 1 час.

Анализ результатов исследования свидетельствует о том, что измерение микротвёрдости деформированной стали не позволяет надёжно зафиксировать глубину упрочнённого слоя. Глубина зоны пластической деформации стали Гадфильда, выявленной путем измерения микротвердости составляет ~ 300 мкм (рис. 2.). Это почти в 2 раза меньше по сравнению с методом, основанным на анализе полос дислокационного скольжения. Таким образом, проанализированный в работе метод может быть рекомендован для изучения процессов тонких структурных преобразований, имеющих место при интенсивной пластической деформации металлических материалов.

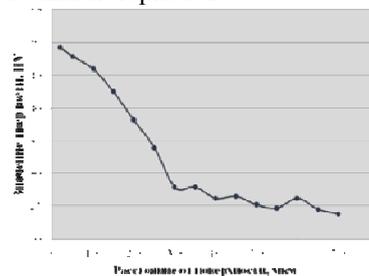


Рис. 2. Распределение микротвердости в поверхностном слое стали Гадфильда после обработки.

Анализ линий скольжения, образующихся на стали Гадфильда, является более точным методом определения глубины деформированного слоя.

Методы контроля толщины пластически деформированных слоев технического железа, основанные на измерении микротвердости и данных металлографического анализа образцов не обеспечивают высокую точность измерений.

Отжиг без фазовой перекристаллизации в диапазоне температур 500...700 °С, способствующий перестройке дислокационной структуры пластически деформированного технического железа и проявлению процессов рекристаллизации и полигонизации феррита, в явном виде зависящих от степени деформации материала, позволяет более точно зафиксировать глубину пластически деформированного слоя.

Зафиксированная металлографически на отожженных образцах технического железа глубина зоны, наиболее интенсивно деформированной колеблющимся индентором равна ~ 20...30 мкм. Это составляет ~ 5...8 % от общей глубины пластически деформированного слоя.

Сопоставление результатов металлографических исследований поверхностно упрочненных и в дальнейшем отожженных образцов с диаграммой рекристаллизации, выраженной зависимостью «диаметр зерна феррита после отжига – степень деформации», позволяет определить глубину зоны

наиболее сильно деформированной колеблющимся индентором. Именно в этой зоне возможно формирование нанокристаллической структуры (рис. 3.).

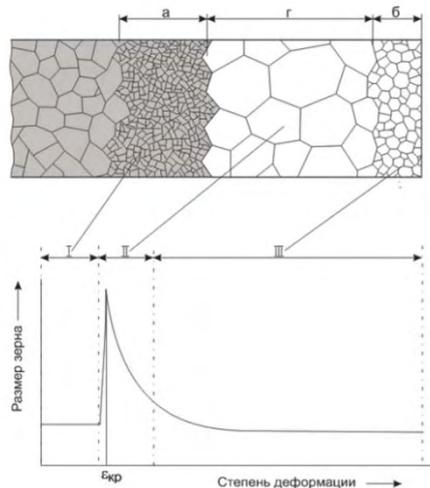


Рис. 3. Совместное представление схемы строения поверхностного слоя технического железа, обработанного индентором, колеблющимся с ультразвуковой частотой и отожженного в течение 1 часа при 700 °С, а также зависимости размера ферритного зерна после отжига образцов от степени деформации материала.

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА СВОЙСТВА СЕНСОРОВ ДИОКСИДА АЗОТА НА ОСНОВЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ТОНКИХ ПЛЕНОК WO₃ и SnO₂

Рудов Ф.В., Сергейченко Н.В., Анисимов О.В.

Научный руководитель: Максимова Н.К., к.ф.-м.н., ст.н.с.

ООО НПП «Сенсерия», 634045, Россия, Томск, ул. Лыткина 28г, офис 236

E-mail: rfv@sibmail.com

В настоящее время ведутся интенсивные исследования, направленные на разработку резистивных сенсоров NO_x на основе нанокристаллических металлоксидных полупроводников. Ранее нами было показано, что наибольший интерес представляют тонкие пленки WO₃ и SnO₂ с нанесенными дисперсными слоями каталитического золота [1,2]. Основным источником погрешностей при детектировании газов с использованием полупроводниковых металлоксидов является их чувствительность к влажности. Однако влияние влажности на свойства пленок WO₃, а также на поведение сенсоров NO₂ на основе пленок SnO₂ изучено

не достаточно. Поэтому в данной работе исследованы электрические и газочувствительные характеристики сенсоров на основе пленок WO₃ и SnO₂ в зависимости от уровня влажности.

Технология изготовления сенсоров в основном описана в работе [2]. В объем пленок триоксида вольфрама вводили примесь золота и дополнительно на поверхность напыляли дисперсные слои каталитического золота: серия (i) (введем обозначение Au/WO₃:Au). Объем пленок SnO₂ легировали примесью Sb в количестве 0.5 ат. %, на поверхность напыляли слои каталитической платины: серия (ii) (обозначим Pt/SnO₂:Sb). После измерения характеристик на эти же образцы дополнительно

наносили каталитическое золото: серия (iii) (структуры Au/Pt/SnO₂:Sb), после чего проводили повторные исследования.

Для измерения образцы помещали в кварцевую камеру объемом 1 л, снабженную вентилятором. Через камеру для управления уровнем влажности прокачивали два потока воздуха с контролируемыми скоростями: осушенного цеолитом и увлажненного барботером, затем камеру герметизировали. Контроль влажности осуществляли с помощью размещенного в камере емкостного датчика НН-4000. Шприцом-дозатором подавали пробу газа, который создавал в камере необходимый состав газовой смеси. После измерения камеру прокачивали чистым воздухом с заданным уровнем влажности.

Значения сопротивления сенсоров в чистом воздухе R_0 и в газовой смеси R_1 измеряли с помощью автоматизированного стенда, обеспечивающего возможность установления и стабилизации рабочей температуры в диапазоне 300-700 К, а также позволяющего фиксировать сопротивление через каждые 1-2 с. За адсорбционный отклик принимали отношение R_1/R_0 , где R_1 - стационарное значение сопротивления в газовой смеси, за время отклика $t_{откл}$ - время установления значения сопротивления, равного $0.9 R_1$. $\Delta R = R_1 - R_0$ - приращение сопротивления при введении газа в камеру.

Температурные зависимости отклика на NO₂ для всех изученных образцов имеют вид кривых с максимумом, который обычно наблюдается при T=470-500 К. Временные зависимости сопротивления сенсоров после введения газа в измерительную камеру характеризуются наличием двух фаз. Первая фаза переходного процесса вероятнее всего обусловлена адсорбцией молекул NO₂ на поверхность пленки, а вторая - связана с проникновением молекул в объем пленки за счет диффузии. Скорость диффузионного процесса растет с температурой и время отклика снижается, достигая 20-30 с при 623 К. Поэтому основные измерения были проведены при 583 К, когда имеет место оптимальное соотношение между значениями R_1/R_0 и $t_{откл}$.

Исследования показали, что сопротивление сенсоров R_0 снижается по мере увеличения влажности. В случае пленок Au/WO₃:Au (рис. 1, кр. 1) рост влажности от 7 до 70 % приводит к снижению R_0 примерно на 20 %. Для пленок Pt/SnO₂:Sb характерна наибольшая чувствительность к влажности: R_0 падает в 5 раз в том же диапазоне измене-

ния RH (рис. 1, кр. 2, табл. 1). После напыления дисперсных слоев

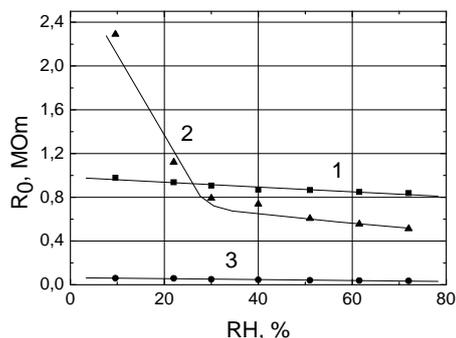


Рис. 1. Зависимость R_0 от уровня влажности для следующих пленок: 1 - (i) Au/WO₃:Au, 2 - (ii) Pt/SnO₂:Sb, 3 - (iii) Au/Pt/SnO₂:Sb.

золота R_0 снижается, зависимость от уровня влажности становится заметно слабее (рис. 1, кр. 3, табл. 1), но остается выше (в 3 раза), чем для пленок Au/WO₃:Au.

Отклик R_1/R_0 и приращение сопротивления ΔR при воздействии NO₂ сенсоров из серии (i) растут с увеличением влажности. Основной рост R_1/R_0 происходит в диапазоне от 7 до 30 %, а при дальнейшем повышении RH отклик практически не изменяется (табл. 1). Для сенсоров Pt/SnO₂:Sb

Таблица 1. Типичные значения параметров R_0 , ΔR , R_1/R_0 , $t_{откл}$ для трех серий сенсоров в зависимости от уровня влажности при T=583 К, $n_{NO_2}=0.45$ ppm.

Серия сенсора	RH, %	R_0 , МОм	ΔR , МОм	R_1/R_0	$t_{откл}$, s
(i)	7	1.04	2.2	3.8	69
	30	0.91	2.7	5.2	23
	70	0.69	3.2	5.5	20
(ii)	7	2.35	0.42	1.19	9
	30	0.85	0.19	1.22	9
	70	0.46	0.13	1.20	7
(iii)	7	0.10	0.17	3.0	12
	30	0.04	0.13	5.1	8
	70	0.03	0.06	5.2	7

характерны низкие значения отклика, которые существенно возрастают после напыления дисперсных слоев золота (серия (iii)) и становятся сопоставимы с параметрами образцов на основе триоксида вольфрама (серия (i)). Отклик на NO₂ пленок Au/Pt/SnO₂:Sb также растет при увеличении влажности, однако главным образом за счет снижения R_0 , поскольку при этом значение ΔR снижается.

Для всех изученных образцов наблюдается снижение времени отклика при росте влажности (рис. 2, табл. 1). Следует отметить, что сенсоры

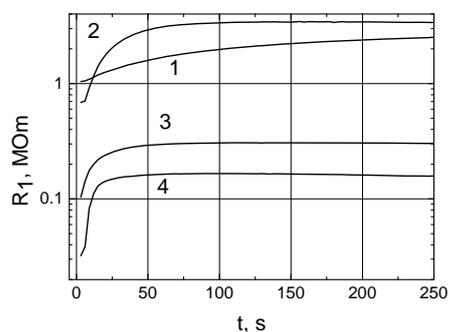


Рис. 2. Временные зависимости сопротивления сенсоров Au/WO₃:Au (кр. 1, 2) и Au/Pt/SnO₂:Sb (кр. 2, 3) после введения в камеру 0.45 ppm NO₂ при различных уровнях влажности RH, %: 1, 4 – 7; 2, 3 – 70.

на основе диоксида олова отличаются более высоким быстродействием по сравнению с серией (i) (табл. 1).

Обсудим полученные результаты с привлечением моделей влияния паров воды, развитых главным образом для сенсоров восстановительных газов на основе SnO₂ [3]. В области высоких температур молекула воды хемосорбируется на поверхности SnO₂ в результате диссоциации на гидроксильную группу OH⁻ и протон H⁺. Гидроксильная группа локализуется на поверхностном атоме решеточного олова, а протон захватывается на ион O⁻, образуя нейтральную OH группу. После нейтрализации группы OH⁻ (электрон переходит в зону проводимости SnO₂) обе гидроксильные группы могут десорбироваться. Таким образом, при адсорбции молекулы H₂O на поверхности SnO₂ формируются две гидроксильные группы и исчезает отрицательный заряд иона O⁻. При этом скорость нейтрализации OH⁻ – групп должна быть значительно больше скорости десорбции нейтральных групп. Можно предположить, что анало-

гичные процессы происходят при адсорбции воды и в случае WO₃.

Снижение R₀ изученных нами пленок при увеличении влажности обусловлено исчезновением отрицательного заряда иона O⁻ на поверхности полупроводника. Адсорбция молекул воды наиболее активно происходит на поверхности пленок Pt/SnO₂:Sb в присутствии дисперсного слоя платины, являющейся окислительным катализатором, когда адсорбция окислительного газа NO₂ затруднена. По-видимому, нанесение слоя золота снижает вероятность адсорбции воды и повышает теплоту адсорбции молекул диоксида азота.

Снижение времени отклика сенсоров по мере роста уровня влажности можно объяснить в предположении, что вода частично заполняет поры в пленке полупроводника и затрудняет процессы диффузии молекул диоксида азота. Однако для более корректного объяснения этих зависимостей необходимы дальнейшие исследования.

Таким образом, сопротивление пленок Au/WO₃:Au отличается пониженной чувствительностью к влажности, что обеспечивает более высокую стабильность параметров сенсоров диоксида азота на их основе при эксплуатации.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы (ГК П1154 от 27.08.2009).

Список литературы

1. Ф.В. Рудов, Н.К. Максимова, О.В. Анисимов. // Материалы пятнадцатой Всероссийской научной конференции студентов – физиков и молодых ученых (ВНКСФ-15), Кемерово-Томск. – 2009. - С. 220-221.
2. О.В. Анисимов, Н.К. Максимова, В.Н. Новиков и др. // Изв. вузов. Физика. - 2008. - №9/3. - С. 4-5.
3. В.И. Гаман, О.В. Анисимов, Н.К. Максимова и др. // Изв. вузов. Физика. - 2008. - №8. - С. 50-55.

ЛАЗЕРНОЕ И ЭЛЕКТРОННОЕ ТЕКСТУИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ АЛЮМООКСИДНОЙ КЕРАМИКИ

Саврук Е.В.

Научный руководитель: Смирнов С.В., д.т.н., профессор
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40
E-mail: savruk@mail.ru

1. Введение

Эффективными способами улучшения структуры поверхности керамических материалов являются обработка лазерными и электронными пучками [1].

Целью работы являлось исследование структуры приповерхностного слоя керамических подложек ГИС ВК-94-1, подвергнутых лазерной и электронно-лучевой обработке в кислородосодержащей среде, методами электронно-микроскопического и рентгеноструктурного анализа.

2. Методика эксперимента

В качестве исследуемых образцов использовались образцы выпускаемых российской промышленностью стандартных шлифованных керамических подложек размером 60 Ч 48 мм и толщиной 0,5–1 мм.

Лазерная обработка керамики проводилась на промышленной лазерной установке ЭМ-220 с непрерывным излучением лазера ИК-диапазона на иттрий-алюминиевом гранате с неодимом, путем сканирования луча диаметром 50 мкм с плотностью мощности 10^2 – 10^5 Вт/см² по поверхности со скоростью 1–10 см/с в естественных условиях.

Электронно-лучевая обработка проводилась на экспериментальной установке [2] (г. Томск, ТУ-СУР) с плазменным источником электронов ленточной конфигурации (без сканирования луча) электронным пучком диаметром 5 мм при давлении в рабочей камере 5–15 Па и при плотности мощности пучка 10^2 – 10^4 Вт/см².

Исследования структуры обработанной поверхности керамических материалов проводились на растровом электронном микроскопе Hitachi TM-1000 и рентгеновском дифрактометре ARL X'TRA в режиме шагового сканирования с большим временем регистрации в точке (монохроматизированное $\text{CuK}\alpha$ -излучение, шаг $0,1^\circ$ по шкале 2θ , время регистрации в точке 40 с) в диапазоне углов 2θ 10– 90° .

3. Результаты и обсуждение

Микроскопический анализ. Из рис. 1 следует, что при воздействии лазерного и электронного излучения с выбранной плотностью мощности происходит оплавление поверхности. Последующая перекристаллизация материала приводит к образованию на поверхности текстуры шевронного типа с изменением цвета поверхности вплоть до черного.

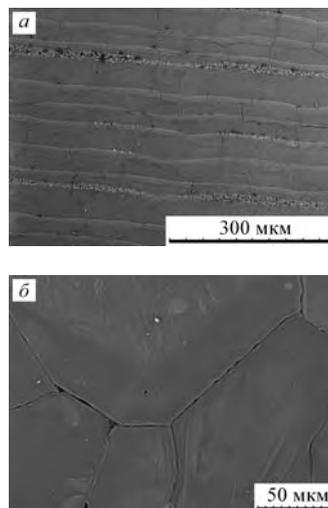


Рис. 1. Поверхность алюмооксидной керамики ВК-94-1: а – после лазерной обработки; б – после электронной обработки

Форма растущих кристаллитов определяется скоростью сканирования и профилями распределения температур, как внутри, так и на границах расплавленной области (рис. 1, а, б). На границах зон воздействия лазерного луча наблюдается повышенная дефектность, связанная с перекристаллизацией.

Глубина проплавления для лазерной обработки составляет около 50 мкм, в то время как для электроннолучевой обработки порядка 200 мкм, что связано с большей длительностью воздействия электронной луча.

Рентгеноструктурный анализ. На рис. 2 приведены дифрактограммы керамики ВК-94-1, полученные в режиме шагового сканирования. По полученным дифрактограммам определялся фазовый состав приповерхностного обработанного слоя керамики, а также размер областей когерентного рассеяния и уширения рентгеновских линий.

Выполненные исследования показали, что при обработке поверхности Al_2O_3 лазерным и электронным пучками из α -фазы формируется γ -фаза, при чем ее содержание определяется режимом обработки. В табл. 1 приведены данные по соотношению фаз при разных режимах обработки поверхности.

Анализ дифрактограмм образцов показывает, что керамика ВК-94-1 после модификации лазерным пучком имеет постоянную решетки a_0 , равную 5,14 Е, что соответствует α -фазе алюмооксидной керамики, а после электронно-лучевой мо-

дифракции – 7,81 Е, что соответствует γ -фазе алюмооксидной керамики.

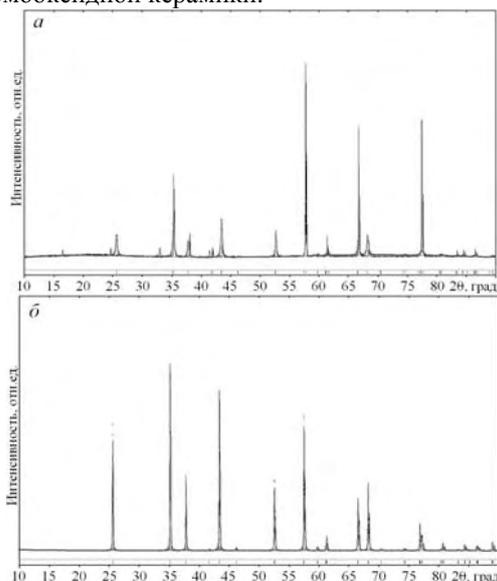


Рис. 2. Дифрактограммы керамики ВК-94-1: а – после обработки электронным пучком; б – после обработки лазерным пучком

На приведенных дифрактограммах (рис. 2) видно, что после обработке поверхности интенсивность не соответствует исходной, что говорит о наличии текстуры на поверхности керамических подложек. Так, например, на исходной максимальная линия приходится на $57,5^\circ$ (плоскость кристаллизации 122), а на спектре после лазерной обработки – $35,1^\circ$ (плоскости кристаллизации 110, перпендикулярная плоскости поверхности керамики), т.е. происходит направленная перекристаллизация. В это время после электронной обработки максимальная линия приходится на $57,4^\circ$ (плоскость кристаллизации 122), что указывает на отсутствие текстуры.

Таблица 1. Результаты рентгенофазового анализа

Образец	α -фаза, %	γ -фаза, %
Эталон	76	24
После лазерной обработки	45,7	54,3
После электронной обработки	–	100

Использование рентгенографического метода исследования позволяет получить более детальную информацию о кристаллической структуре приповерхностных слоев. Эти данные можно извлечь из рассмотрения уширения рентгеновских линий. Величина уширения определяется двумя факторами: во-первых, размером зерен и, во-вторых, искажение кристаллической решетки. Чтобы получить сведения об искажении структу-

ры, необходимо учесть степень уширения, обусловленную дисперсностью образца. Размер частиц можно определить из уравнения Дебая – Шеррера:

$$D = \frac{0,94\lambda}{B \cos \theta},$$

где λ – длина волны рентгеновского излучения, θ – брэгговский угол, B – уширение пика.

В табл. 2 приведены значения размера области когерентного рассеяния и уширения рентгеновских линий.

Таблица 2. Значения размера области когерентного рассеяния и уширения рентгеновских линий спектров α - Al_2O_3 и γ - Al_2O_3

Образец	Эталон		После лазерной обработки		После электронной обработки	
	α	γ	α	γ	α	γ
Размер ОКР, нм	127	80	10	113	–	50
Уширение, $\text{Ч}10^{-3}$	0,2	0,5	0,2	0,8	–	0,8

Размер ОКР γ - Al_2O_3 при лазерной обработке увеличился на 28,7%, в то время как при электронной обработке уменьшился на 38% относительно размера ОКР необработанной подложки.

4. Заключение

Электронная и лазерная обработки поверхности имеют тепловой характер, связанный с плавлением приповерхностного слоя и образованием γ -фазы. При лазерной обработке наблюдается образование текстуры шевронного типа с кристаллизацией в направлении 110, в связи с чем появляется возможность направленного изменения текстуры поверхности путем изменения плотности мощности лазерного излучения и скорости сканирования луча.

Список литературы:

- [1] Михайлов М.М., Романов Б.П., Смирнов С.В., Стрелов К.К. Диссоциация поверхности керамических изделий при нагревании в бескислородной среде // Материалы, технологии, конструкции: Материалы межрегиональной конференции. – Красноярск, 1996. – Ч.1 – С. 25-35.
- [2] Бурдовицин В.А., Климов А.С., Окс Е.М. О возможности электронно-лучевой обработки диэлектриков плазменным источником электронов в форвакуумной области давлений // Письма в ЖТФ. – 2009. – Т. 35. – Вып. 11. – С. 61-66.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСТУПЛЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Садуакасова Г.Б., Тлеуов А.Х., Слободян С.М.

Научный руководитель: Тлеуов А.Х., д.т.н., профессор, Слободян С.М., д.т.н., профессор

Казахский агротехнический университет им.С.Сейфуллина,

010000, Казахстан, г. Астана, пр. Победы, 62

E-mail: c.gylnara68@mail.ru

Потребности в освоении и развитии энергетики на возобновляемых ресурсах становится все более актуальной при возрастающем спросе на топливо, особенно на нефть, росте населения и требований к уровню жизни и изменениями в экологической ситуации на Земле.

Такой прирост производства энергии трудно обеспечить без использования новых источников энергии, так как при возрастающей потребности в энергии запасы топлива истощаются. Независимо от отношения к атомной энергетике энергетические программы всех стран содержат, как правило, два основных пункта, направленных на улучшение обеспечения энергией:

- развитие энергетики на возобновляемых источниках энергии;
- повышение эффективности использования возобновляемой энергии.

Экономически оправданная эксплуатация возобновляемых источников энергии возможно только при выполнении 2 условий:

1. Четко понятны и использованы принципиальные преимущества таких источников энергии.

2. Максимально эффективен весь процесс преобразования возобновляемой энергии в энергоустановках благодаря минимизации потерь и максимизации экономических и социальных показателей [1].

Возобновляемые источники энергии – это источники на основе постоянно существующих или периодически возникающих в окружающей среде потоков энергии. Типичный пример – солнечное излучение с характерным периодом повторения 24 ч.

Для эффективного использования возобновляемых источников энергии необходимо следующее:

- произвести оценку ресурсов и мощности возобновляемой энергии;
- определить временные характеристики возобновляемых источников энергии;
- произвести мониторинг окружающей среды, так как в основе решения об использовании ВИЭ должны обычно лежать результаты многолетних наблюдений в данном районе.

Рассмотрим с учетом научных основ использования возобновляемых источников энергии изложенных выше, определение условий эффективного использования гелиоустановок.

Основным определяющим фактором для определения производительности гелиосистем является

величина плотности потока суммарной солнечной радиации в плоскости коллектора I_T .

Для прогнозирования теплопроизводительности гелиоустановок необходимо, с нашей точки зрения, рассмотреть взаимное влияние друг на друга следующих условий:

- временное и широтное распределение поступающего суммарного солнечного излучения;
- влияние солнечной активности на поступление солнечного излучения на поверхность Земли.

Поступление солнечной радиации можно определить теоретически пользуясь известными выражениями и на основе многолетних актинометрических наблюдений. Результаты таких наблюдений представлены на рисунке 1.

В чем выражается влияние солнечной активности на поступление солнечного излучения на поверхность Земли? Для этого необходимо доказать существенную связь между временами активности Солнца (имеющимися графиками солнечной активности) и поступлением суммарной солнечной Радиации на подстилающую поверхность. В случае существования такой связи появляется возможность прогнозирования теплопроизводительности гелио установок, себестоимости производимой ими тепловой энергии, сроков окупаемости и т.д.

Для любой широты изменение характеристик орбитального движения Земли не сказывается на годовых суммах инсоляции. Но под их воздействием солнечная энергия может перераспределяться по широтам и сезонам и, следовательно, оказывает влияние на формирование климата.

Солнечная радиация, поступившая на верхнюю границу атмосферы, на пути к земной поверхности проходит всю толщу атмосферы и значительно ослабляется. Физическими процессами, обуславливающими ослабление солнечной радиации в атмосфере, являются поглощение ее термодинамически активными примесями и рассеяние.

Большое влияние на ослабление солнечной радиации оказывает облачность. Если под влиянием безоблачной атмосферы поток солнечной радиации ослабляется в среднем на 20 %, то облачность ослабляет солнечную радиацию еще на 20...30 %. Таким образом, земной поверхности достигает в среднем 50...60 % солнечной радиации, поступающей на верхнюю границу атмосферы.

Наиболее постоянным является приход солнечной радиации в верхнюю границу атмосферы для

Земли в целом. Колебания солнечной постоянной, по современным наблюдениям, не превышают доли процента (0,1...0,3%), и астрофизики пока не допускают сколько-нибудь значительных ее колебаний.

Но уже приход радиации к определенным широтам и полушариям в тот или другой сезон под влиянием колебаний элементов земной орбиты меняется на большие величины. Сильно меняется баланс радиации в связи с изменением состава атмосферы.

Как следует из выше приведенного на приход солнечной радиации на подстилающую поверхность оказывает влияние очень много факторов, которые учесть очень сложно.

Солнечная активность, влияние которой на приземный климат все еще остается дискуссионным. Хотя многие ученые являются энтузиастами влияния этого фактора и приписывают ему происхождение почти всех колебаний современного климата и колебаний климата геологического прошлого. Влияние же этого фактора на процессы самых верхних слоев атмосферы и на колебания магнитного поля Земли сомнений не вызывает.

Солнечная активность может вызывать как отдельные возмущения в околоземном пространстве, так и образовывать многолетний фон. Наиболее известен 11-летний цикл солнечных пятен. В этом цикле свыше 90 % дисперсии характеризует регулярные колебания, остальные относятся к флуктуациям. Хотя этот процесс близок к периодическому, продолжительность отдельных циклов меняется от 8 до 15 лет [2].

В какой-то степени связь солнечной активности с поступлением солнечной радиации на поверхность Земли можно подтвердить многолетними наблюдениями за пределами колебаний средних месячных значений альбедо (%) и внутриширотным распределением max и min месячных сумм суммарной радиации при средних условиях облачности, которые приведены ниже и в табл.1.

Пределы колебаний средних месячных значений альбедо:

- Январь - 60-77%;
- Апрель - 18,38% ;
- Июль - 19-25%;
- Октябрь - 20-28%;
- Год -23-30%.

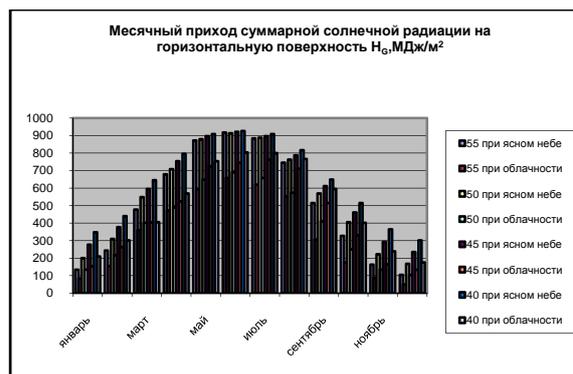


Рис.1. Диаграмма месячного прихода суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность

Таблица 1. Внутриширотное распределение max и min месячных сумм суммарной радиации при средних условиях облачности

Широта, зона, градус		49°-51° Астана	52°-53°	54°-56°
Январь	max	<u>4,87</u>	<u>4,12</u>	<u>3,38</u>
	min	150,84	127,8	104,75
Апрель	max	<u>20,67</u>	<u>20,81</u>	<u>20,95</u>
	min	620,1	624,3	628,5
Июль	max	<u>25,27</u>	<u>24,37</u>	<u>24,19</u>
	min	783,5	755,5	750
Октябрь	max	<u>15,14</u>	<u>11,15</u>	<u>7,16</u>
	min	468	511,2	536,3
		469,3	345,7	222,1
		<u>5,95</u>	<u>5,27</u>	<u>4,6</u>
		184,4	163,4	142,5

Вывод

- Изложены условия эффективного использования возобновляемых источников энергии.
- Показаны способы определения основного фактора производительности гелиосистем - величина плотности потока суммарной солнечной радиации в плоскости коллектора I_t.

Используемая литература

1. Дж. Твайделл, А. Уэйр. Возобновляемые источники энергии.- М.: Энергоатомиздат,1990. – 392 с.
2. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В. и др. Климатология.- Л.:Гидрометеоздат, 1989. – 568 с.

ЭЛЕКТРОСОРБЦИЯ НАНОЧАСТИЦ ГИДРООКСИДА МАРГАНЦА НА УГЛЕВОЛОКНИСТЫЙ МАТЕРИАЛ

Серенко С.А.

Научный руководитель: Варенцов В.К. д.т.н. профессор
Новосибирский государственный технический университет, 630092, Россия, г.Новосибирск, пр.
К.Маркса 20

E-mail: alexandr.serenko@rambler.ru

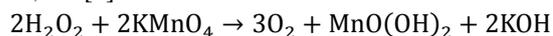
Перспективным материалом для создания новых источников электрической энергии являются углеволокнистые материалы (УВМ), которые могут использоваться самостоятельно или с нанесенными на их поверхность гидроксидами металлов [1]. В качестве таких металлов могут использоваться: никель, титан, олово, марганец, рутений. Но одним из наиболее перспективных и недорого стоящих является марганец.

Малый диаметр углеродных волокнистых материалов, наличие пористой внутренней структуры обеспечивает высокую реакционную способность в электрохимических процессах. Поэтому электрохимическая обработка должна обеспечивать изменение как внешней поверхности волокон УВМ так и изменение их объёмных свойств. Ранее было показано, что электродная обработка тканых так и нетканых УВМ в растворах кислоты, щёлочи и индифферентных солей приводит к существенному изменению морфологии углеродных волокон, массы удельной электропроводности и стационарного электродного потенциала [2-5]. В работе [4] также показано, что электрохимической обработкой можно существенно улучшить гидрофильные свойства УВМ, а следовательно, адгезию наносимых на их поверхность металлов и соединений металлов. В [6] показано, что работа двойного электрохимического конденсатора определяется порами, эффективный диаметр которых соизмерим с толщиной ДЭС и составляет 2-4 нм. При этом основной вклад в ёмкость ДЭС даёт поверхность внутренних пор УВМ [7]. Доступ же к внутренним мезопорам обеспечивают внешние макропоры. Как видно из рис.1 электрохимическая обработка УВМ способствует развитию поверхности, происходит её существенное «разрыхление».

Целью данной работы нанесение наночастиц гидроксида марганца на электрохимически обработанный углеродный волокнистый материал.

Электрохимическую обработку УВМ осуществляли в растворе серной кислоты на электрохимической установке, состоящей из проточной элек-

трохимической ячейки, источника постоянного тока, перистальтического насоса и ёмкость и с электролитом. На этой же установке осуществляли электросорбцию гидроксида марганца. Раствор гидроксида марганца получали в соответствие с реакцией [8]:



Массу $\text{MnO}(\text{OH})_2$ выделившегося на углеродном волокнистом электроде (УВЭ), определяли по разнице в массе между образцом УВМ до и после электролиза, после его высушивания при комнатной температуре. Исследование проводили на УВМ типа НТ-1 со следующими свойствами: удельная поверхность $800 \text{ м}^2/\text{г}$, пористостью 0,94, удельной электропроводностью $0,02\text{-}0,03 \text{ См}/\text{см}$, содержанием углерода 86,7 %.

Электросорбцию гидроокиси марганца осуществляли на анодно-поляризованном электроде, так как образующиеся наночастицы в соответствии с приведенным выше уравнением отрицательно заряжены.

Использованная в данной работе электродная обработка УВМ в растворе серной кислоты, согласно литературным данным [4] способствует образованию фенольных и гидроксильных групп соотношение которых меняется от 0,75-4,3 в зависимости от условий электролиза.

Осаждение гидроксида марганца осуществляли при плотностях тока $50\text{-}100 \text{ А}/\text{м}^2$ в течение 180 минут из раствора с концентрацией 0,01 М. В зависимости от условий электролиза масса осажённого на УВМ гидроксида марганца изменялась от 10 до 70% относительно УВЭ.

На рис.2 приведена микрофотография гидроксида марганца на УВМ. Микрорентгеноспектральный анализ различных участков сорбированного гидроксида марганца показал, что отношение кислорода к марганцу изменяется в интервале от двух до четырёх.

Программа дальнейших исследований предполагает оценку использования полученных материалов с позиций применения их в суперконденсаторах, изучение вольт-амперных характеристик.

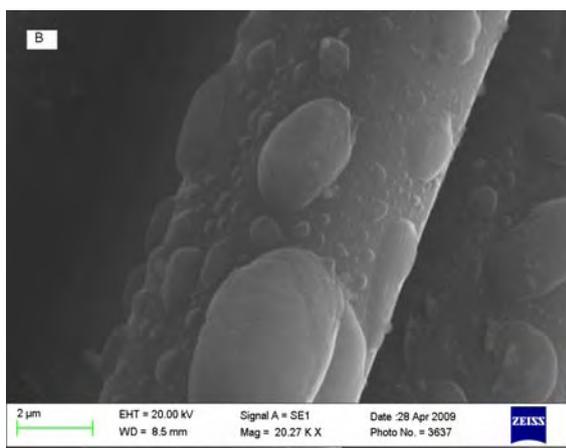
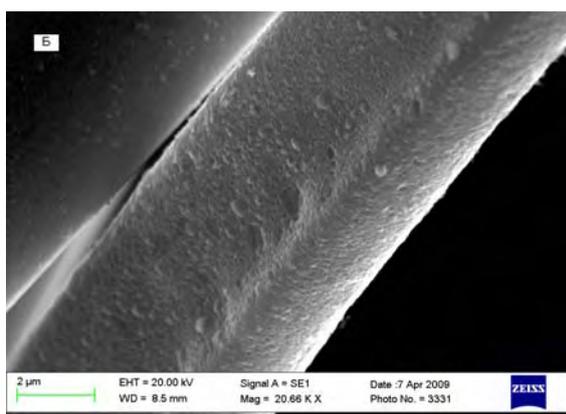
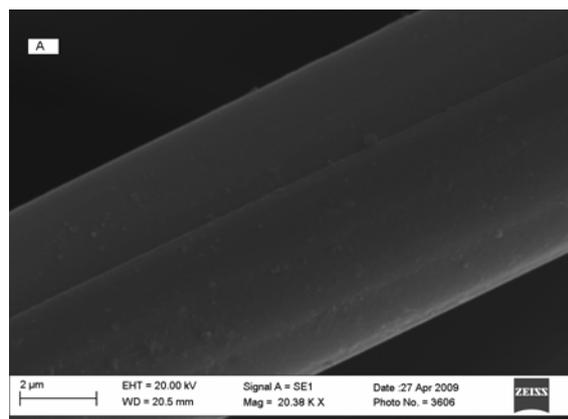


Рис.1. Микрофотографии образцов УВМ типа НТ-1. А) – исходный материал; Б,В) – материал подвергнутый электродной обработке в растворе серной кислоты.

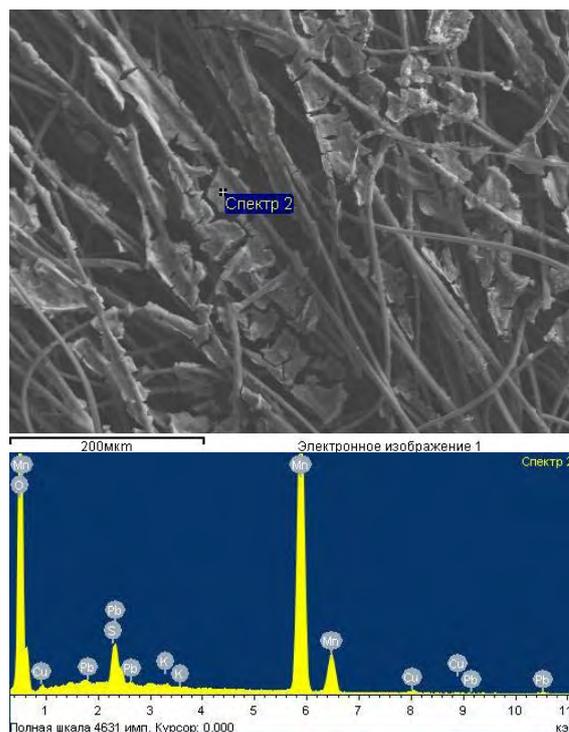


Рис.2. Микрофотография образца НТ-1 с сорбированным гидроксидом марганца и соответствующая ей спектрограмма.

Литература

1. Фиалков А.С. //Электрохимия, 2000. 36. №4. С.389.
2. Варенцов В.К., Варенцова В.И. //Электрохимия. 2001. 37. № 7. С 811.
3. Варенцов В.К., Варенцова В.И. //Химия в интересах устойчивого развития. 2000.Т.8. № 8. С 353.
4. Варенцова В.И., Варенцов В.К. //ЖПХ. 2005. 78. в .3. С. 433.
5. Варенцов В.К. Сборник. Интенсификация электрохимических процессов. /Ред. А.П.Томилов. – М.: Наука, 1988. – С. 94.
6. Mayer S.T., Pekala R.W., Kaschmitter J.L. //J. Electrochem. Soc.,1993. V. 140. P.446.
7. Tanahashi I., Yoshida A., Nishino A. //Carbon,1990. V.4. P. 447.
8. Карякин Ю.В. Чистые химические реактивы.1947.547с.

ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОПОРОШКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПУТЕМ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ИСПАРЕНИЯ ЛУЖЕНЫХ МЕДНЫХ ПРОВОДНИКОВ В ИНЕРТНОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ

Синкин С. А.

Научный руководитель: Тихонов Д. В., к.т.н.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: HarleyD@mail2000.ru

Введение

Известно, что латуни широко используются в качестве антифрикционных материалов [1]. В последнее время сплавы меди с оловом начали использовать в качестве металлоплакирующих добавок в различные масла [2]. В то же время система Cu-Sn не является только твердым раствором, в котором при определенных условиях могут образоваться твердые интерметаллиды. Тогда пара латунь-металл будет иметь совершенно другие характеристики при трении. Поэтому целью настоящей работы являлось изучение фазового, химического и дисперсного состава, устойчивости при нагревании в воздухе нанопорошков (НП), полученных с помощью электрического взрыва луженой медной проволоки в среде газообразного аргона.

Материалы и методика эксперимента

Образцы нанопорошков получали на установке УДП-4Г, блок-схема которой приведена на рис. 1.

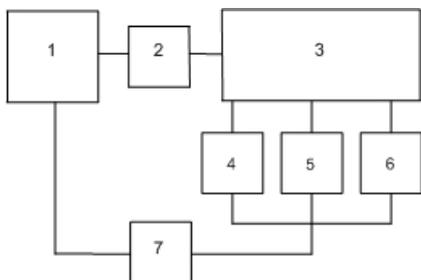


Рис. 1 Блок-схема установки.

1. Емкостной накопитель энергии с зарядным устройством;
2. Коммутатор;
3. Взрывная камера с механизмом подачи проводника;
4. Вакуумная система;
5. Система заполнения установки рабочим газом;
6. Система циркуляции газа и отделения продуктов взрыва со сборником порошка.
7. Пульт управления

Установка снабжена автоматическим устройством подачи проволоки в межэлектродный промежуток, где происходит диспергирование проводника импульсом электрического тока. Для получения нанопорошков использовалась медная проволока диаметром 0,298 мм (ГОСТ 16-705-492-2005), длиной 82 мм с содержанием меди 99, 93% покрытая слоем олова 1 – 2 мкм. Из этой проволочки было изготовлено 6 образцов различной дисперсности, которая регулировалась путем изменения

введенной в проводник энергии. Энергию, введенную в проводник (W/W_c) и энергию дуговой стадии электровзрыва (W_d/W_c) определяли по методике, описанной в [3]. Энергетические параметры (W/W_c и W_d/W_c) электровзрыва изменяли путем регулирования напряжения (U_0), подаваемого на отрезок взрываемого проводника. Условия приготовления порошков приведены в табл. 1. В качестве рабочего газа использовался аргон при давлении $2 \cdot 10^5$ Па. Взрывы проводников осуществлялись в режиме «быстрого взрыва» по классификации Беннета [4], при этом осуществлялись режимы электровзрыва как с дуговой стадией, так и с бесконечной паузой тока.

Аналізу подвергался НП, осевший в сборнике (поз. 6, рис. 1). После пассивации в среде аргона с контролируемым доступом воздуха образцы НП подвергались анализу. Дисперсность порошков характеризовалась средне-поверхностным диаметром частиц a_s . Фазовый анализ состава порошков проводили с помощью дифрактометра ДРОН-3.0 с использованием $Cu_{K\alpha}$ излучения.

Таблица 1. Энергетические характеристики и дисперсность НП

№ п/п	$U_0, \text{кВ}$	W/W_c	W_d/W_c	$a_s, \text{мкм}$
1.	26	1.86	0.33	0.08
2.	24	1.61	0.20	0.09
3.	22	1.37	0.07	0.08
4.	20	1.19	0	0.12
5.	18	0.98	0	0.16
6.	16	0.82	0	0.18

Результаты и обсуждения

Согласно экспериментальным данным средне-поверхностный диаметр частиц с увеличением зарядного напряжения (U_0) снижается, достигая минимума 0.08 мкм при зарядных напряжениях 22 и 26 кВ (табл.1). На рентгенограммах присутствовали рефлексы соответствующие межплоскостным расстояниям кристаллической фазы меди, практически совпадающие с данными картотеки JSPDS. Обнаружено присутствие фаз оксидов меди: во всех образцах - оксид меди (2) и в образцах 2 и 3 – оксид меди (1). По данным рентгенофазового анализа не обнаружено смещения рефлексов фазы меди и отсутствуют рефлексы олова и интерметаллических соединений Cu-Sn. Наличие рефлексов, относящихся к фазе Cu_2O может быть связано с более высокой химической

активностью частиц образцов 2 и 3 при пассивировании, что, вероятно, и способствовало формированию фазы высокотемпературного оксида меди Cu_2O . Процесс окисления в диапазоне до 500°C характеризуется двумя стадиями, которым предшествует стадия десорбции сорбированных газов и разложения нестойких соединений, что является типичным и для других нанопорошков, полученных с помощью ЭВП.

По ранее разработанной методике [5] образцы порошков $\text{Cu}(\text{Sn})$ были проанализированы на их химическую активность при нагревании в воздухе. На рисунке 2 представлена типичная дериватограмма для этих порошков.

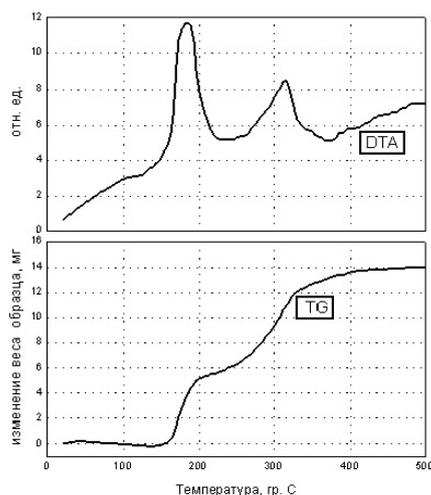


Рис.2. Типичная дериватограмма образцов порошка $\text{Cu}(\text{Sn})$ (DTA и TG) при нагревании на воздухе.

Элементный состав поверхностных и приповерхностных слоев частиц нанопорошка (энергодисперсионный анализ) проводили с помощью приставки «Link» к растровому микроскопу Jeol-840. Для малой площади зондирования наблюдается следующая закономерность: с увеличением W/W_c содержание олова в поверхности частиц порошка снижается от 0.81% масс. до 0.005% масс. (рис. 3), а содержание примесного элемента Fe сначала снижается от 0.59% масс. до 0.007% масс., а затем возрастает до 0.89% масс. Минимум содержания железа соответствует энергии $1.37 W/W_c$. В то же время при обзорном зондировании образцов (площадь зондирования 1.2 мм^2) содержание олова не обнаружено, а содержание железа изменяется в пределах от 0.005% до 0.85% масс.

Для отдельных частиц порошка наблюдается следующая закономерность: содержание олова в поверхностных и приповерхностных слоях частиц не изменяется при увеличении введенной в проводник энергии W/W_c , а содержание железа увеличивается с 0.007% до 0.6% масс. при увеличении энергии от 0.82 до $1.86 W/W_c$.

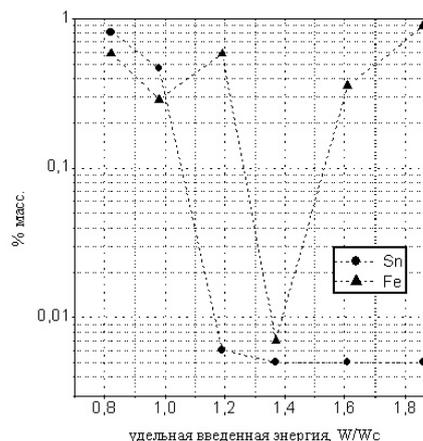


Рис. 3. Зависимость содержание Fe и Sn в поверхностных и приповерхностных слоях частиц порошка от величины удельной введенной в проводник энергии (площадь зондирования 0.1 мкм^2)

Выводы

1. С повышением введенной в проводник энергии (дисперсности) согласно рентгенофазового анализа содержание CuO снижается. Для образцов с максимальной дисперсностью (обр. 1 и 3) наблюдается образование высокотемпературного оксида Cu_2O .
2. С уменьшением введенной в проводник энергии в отличие от аналогичной серии нанопорошков меди без добавок температура начала их окисления при нагревании нанопорошков $\text{Cu}(\text{Sn})$ увеличивается на $\sim 20^\circ\text{C}$.
3. Экспериментально установлено, что температура окончания тепловыделения одинакова для всех образцов серии, совпадает с температурой окончания тепловыделения нанопорошка меди без добавок и равна 500°C .
4. С увеличением введенной в проводник энергии, содержание олова в поверхностных и приповерхностных слоях наночастиц резко уменьшается в диапазоне $1.1 - 1.3 W/W_c$.

Литература

1. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение. 1980 г., С.360-370.
2. Фришберг И.В., Золотухина Л.В., Харламов В.В. Восстановление повреждений поверхности при работе пары трения в присутствии ультрадисперсного порошка медного сплава/ МиТОМ, 2000, №7, С.21-23.
3. Кварцхава И.Ф., Бондаренко В.В., Плюто А.А. и др. Осциллографическое определение энергии электрического взрыва проволок. ЖТФ, 1956, т. 31, в. 5(II), С.745-751.
4. Chace W.G., Levine N.A. Classification of wire explosions // J. Appl. Phys. 1960. Vol. 31, № 7. P. 1298–1303.
5. Ильин А.П., Громов А.А., Яблунский Г.В. Об активности порошков алюминия// Физика горения и взрыва, 2001, №4. – С.58-62

АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ УГЛЕРОДНОГО ДЕПОЗИТА В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОДУГОВОГО СИНТЕЗА НАНОТРУБОК

Абрамов Г. В., Гаврилов А. Н., Татаркин Е.С.

Научный руководитель: Абрамов Г. В., д.т.н., профессор

Воронежская государственная технологическая академия, 394000, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, 19.

E-mail: tatarkin.evg@gmail.com

В настоящее время наиболее распространенным является метод термического распыления графитовых электродов в плазме дугового разряда. Процесс синтеза осуществляется в камере, заполненной гелием под давлением около 500 торр. При горении плазмы происходит интенсивное термическое испарение анода, при этом на торцевой поверхности катода образуется осадок, в котором формируются углеродные нанотрубки (УНТ). В процессе синтеза около 90% массы испарившегося анода осажается на катоде. Содержание нанотрубок в углеродном осадке (депозите) может приближаться к 60%.

Исследование процесса формирования депозита в синтезе наноструктур имеет огромное значение в определении механизмов роста (УНТ).

На стабильность протекания технологического процесса, выход и качество УНТ влияет множество факторов. При давлении гелия в реакционной камере около 500 Торр получают углеродные нанотрубки, а при давлении 100-150 Торр только фуллерены. Максимальный выход НТ наблюдается при минимально возможном токе дуги, необходимого для ее стабильного горения, который зависит от межэлектродного расстояния. Эффективное охлаждение стенок камеры и электродов также важно для избежания растрескивания анода и его равномерного испарения, что влияет на содержание УНТ в катодном депозите (Рис. 1) [1].



Рис.1 Катодный депозит

В центральной части депозита диаметром 3-5 mm (рис. 2) формируется структура, визуально представляющее кольцо серебристого цвета (область - а), испещренная кратерами, стенки которых напоминают протуберанцы. Она окружена кольцом с внешним диаметром 10-12 mm состоящим из хлопьевидных образований – гранул (область - б), размер которых 15-20 μm . Глубина залегания этих образований от 20 до 60 μm [2]. Периферийная об-

ласть депозита — кольцо шириной 1-2mm, имеющее столбчатую структуру (область – в).

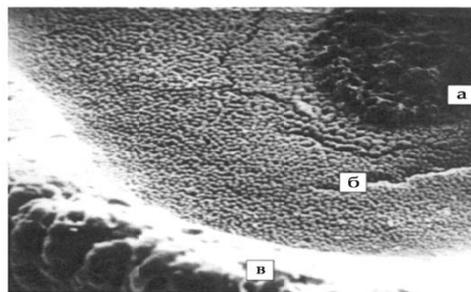


Рис.2 Внешний вид поверхности депозита

Формирование депозита при термическом распылении графитового электрода можно представить виде процесса состоящего из стадий: распыление (испарение) частиц с анода, их ионизация и осаждение на катод.

В процессе распыления от анода «отрываются» кластеры и отдельные атомы углерода. В зависимости от ориентации слоев кристаллической решетки графита (графитовой плоскости) к линии дугового разряда изменяется количественное содержание распыленных кластеров. Так при перпендикулярной ориентации графитовой плоскости к линии разряда с анода в большей степени распыляются кластеры, а при параллельной ориентации в меньшей, эта зависимость рассмотрена в работе [3] Рис. 2.

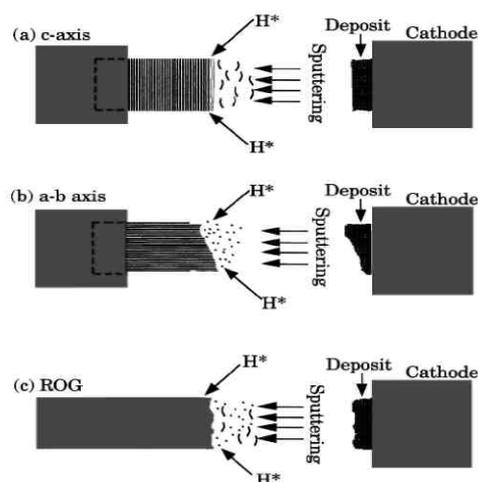


Рис.3 Распыление анода в зависимости от ориентации графитовых плоскостей к линии разряда: а – перпендикулярное, б – параллельное, с - хаотичное

Образование структур, подобных углеродному депозиту, можно представить как процесс образо-

вания «пылевых частиц», образующихся в сверхвысокочастотной плазме при травлении [4]. В начальный период в плазме электрической дуги осуществляется распыление графита и образование углеродных заряженных кластеров размером от 2 до 6 нм. В плазме часть таких кластеров сталкивается и, взаимодействуя по закону диффузионно-ограниченной агрегации, образует фрактальные агрегаты размером до 1 мкм. Каждый из таких фрактальных агрегатов приобретает отрицательный заряд [4]. Потоки положительно заряженных ионов инертного газа рекомбинируют на фрактальных агрегатах (пылевых частицах). При высоких значениях диссипации энергии выполняются условия, ведущие к самоорганизации и образованию достаточно стабильных фрактальных углеродных структур, которые формируются по законам образования долгоживущих пылевых структур [4].

Под фракталом понимается структура, состоящая из частей подобных целому. Авторы работы [5] провели исследование поверхности депозита с помощью атомно-силового микроскопа (Рис.5) и установили, что поверхность состоит из протяженных сильно изрезанных выступов и впадин шириной порядка 40-60 нм, так же что размер кластеров порядка 5 нм.

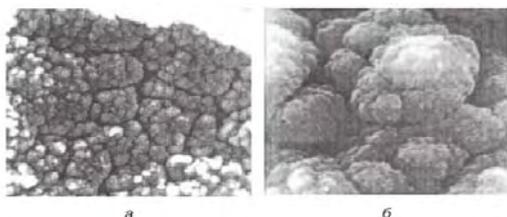


Рис.4 Структура поверхности депозита: а – х580, б – х5300

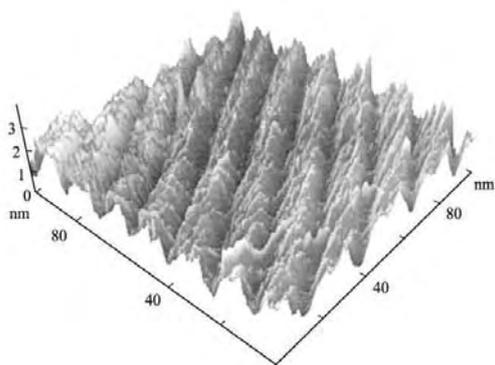


Рис.5 Поверхности депозита. Площадь сканирования 100 x 100 nm

Анализ структуры углеродного депозита показывает, что:

- 1) структура формируется в результате самоорганизованного процесса;
- 2) структура самоподобна (округлые образования при различных масштабах);
- 3) структура иерархична, т.е. крупные фрактальные образования построены по тому же закону, что и мелкие.

Для выяснения механизмов образования фрактальных структур из реальных веществ используются компьютерно-математические модели. Одной из таких моделей является модель диффузионно-ограниченной агрегации (ДООА). В последнее время появились работы, в которых механизмы образования реальных фрактальных структур увязываются с физическими условиями и характеристиками материала [5].

Для понимания процессов, происходящих при синтезе УНТ в электродуговом разряде необходимо более глубокое исследование процессов формирования депозита. Установить соответствие между параметрами синтеза и получаемого продукта – депозита с наноструктурами. Такой подход даст возможность определения оптимальных условий синтеза, контроль электродугового разряда и как следствие промышленное производство наноструктур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Г.В., Гаврилов А.Н., Татаркин Е.С., Положно Е.А. «Исследование свойств углеродного депозита получаемого при распылении графитового электрода в плазме электродугового разряда». Материалы X междунар. науч.-тех. конф. «Кибернетика и высокие технологии XXI века» / Воронеж, ВГУ, 2009 – т.2 - с. 785 – 788.
2. И.В. Золотухин, И.М. Голев, Е.К. Белоногов и др. / Письма в ЖТФ. 2003. Т. 29. В. 23 С. 85
3. «The effect of arc parameters on the growth of carbon nanotubes» J.M. Lauerhaas, J.Y. Dai, A. A. Setlur, and R. P. H. Chang / J. Mater. Res., Vol. 12, No. 6, Jun 1997
4. Цытович В.Н. // УФН. 1997. Т. 167. №1. С. 57–99.
5. И.В. Золотухи, Ю.Е. Калинин, В.И. Логина. Твердотельные фрактальные структуры / Энергетика и экология. 2005. С. 58

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С ДОБАВКАМИ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ МЕТОДАМИ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Теплых А.М., Огнев А.Ю., Лаптев И.С.

Научный руководитель: Батаев А.А., д.т.н., профессор
Новосибирский государственный технический университет, 630092, Россия,
г. Новосибирск, пр. Маркса, 20
E-mail: teplych50@yandex.ru

Нанокompозиты – относительно новый тип материалов, которые являются очень перспективными в связи с возможностью достижения уникальных свойств. На нанокompозиты возлагаются надежды в самых различных областях науки и техники. Отличаясь от обычных композиционных материалов размером упрочняющих частиц, нанокompозиты обещают реализовать как специальные свойства, например электропроводность, магнитная проницаемость, так и конструкционные свойства, такие как высокая прочность, упругость, износостойкость, усталостная долговечность.

Сформулировать требования к создаваемым в настоящее время конструкционным материалам, в основе которых часто находятся полимерные композиты с дисперсной упрочняющей фазой можно следующим образом: они должны отличаться довольно высокими прочностными свойствами, а также необходимой износостойкостью и другими важными характеристиками, что обуславливает и расширяет возможности их использования в современном машиностроении, а также повышенной стабильностью этих свойств при использовании в ответственных конструкциях и узлах машин.

В качестве современных наполнителей для дисперсно-упрочненных нанокompозитов применяют самые разные материалы, размер частиц которых лежит в нанодиапазоне. Данная работа основывалась на введении в полимерную матрицу наноразмерных частиц диоксида кремния. Этот материал получают в институте ядерной физики СО РАН при помощи мощного промышленного ускорителя электронов. Исходным веществом для получения диоксида кремния является высокочистый кварцит.[1] Анализ литературных данных свидетельствует о том, что в мире имеется опыт использования наночастиц диоксида кремния для упрочнения конструкционных материалов с полимерной матрицей с целью повышения износостойкости деталей, входящих в состав узлов трения, использование в качестве модификатора реологических характеристик, для повышения прочностных и диэлектрических свойств.

Вопрос о взаимодействии наночастиц диоксида кремния с материалом полимерной матрицы является принципиальным с позиции получения оптимальных механических свойств композиционного материала. Во многих случаях это взаимодействие определяется качеством распределения наночастиц в материале матрицы.

В качестве объектов исследований использовались образцы композиционного материала, со-

стоящие из полимерной матрицы и наночастиц диоксида кремния, играющие роль упрочняющей фазы. Основным матричным материалом являлась эпоксидная смола ЭД-20 отечественного производства. Данный материал был выбран в связи с его доступностью, простотой использования, а также по причине хороших литейных свойств, низкой усадки при отверждении, хорошей смачивающей способности и высокой адгезии к наполнителю. Наноразмерный диоксид кремния, как упоминалось выше, был получен в институте ядерной физики СО РАН. Материал для исследований получали путем смешивания наночастиц SiO_2 с эпоксидной смолой, как простым ручным перемешиванием, так и при помощи индентора, колеблющегося с ультразвуковой частотой. Содержание упрочняющей фазы варьировалось от 0,1% до 10%.

С целью сравнительного анализа были проведены исследования образцов трёх типов. Первый тип образцов представлял собой нанопорошок диоксида кремния. Следующие два типа образцов являлись композиционным материалом, который был получен с использованием двух различных методов распределения наночастиц в матрице. Первый - с применением ручного механического перемешивания при помощи устройства типа «миксер». Второй - с применением технологии ультразвукового перемешивания, введенной в технологический процесс перед этапом отверждения композиции.

В результате проведенных исследований можно отметить следующие особенности структуры, как исходного порошка диоксида кремния, так и полученного композиционного материала.

На микрофотографиях, сделанных при различном увеличении (рис. 1) хорошо видно, что форма частиц нанопорошка, полученного электроннолучевым способом, сферическая. Это свидетельствует о жидко-капельном механизме испарения, и связано, по всей видимости, с тем, что основной нагрев, ускоренными электронами идет в поверхностном слое расплава. Размер образующихся частиц, возможно, зависит от природы материала, поскольку испаряются кластеры с размерами не менее 10 нм с сохранением ближних межмолекулярных связей, которые обретают сферическую форму из-за поверхностного натяжения. Размер частиц находится в интервале от 10 до 100 нм. Структура - аморфная, что видно из фотографий при больших увеличениях и подтверждено рентгенографическими исследованиями.

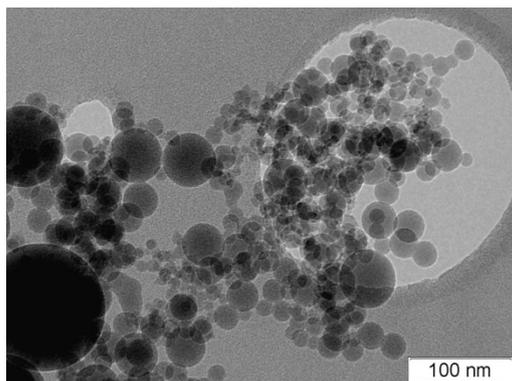


Рисунок 1 - Морфология наночастиц диоксида кремния

Предположение, что ультразвуковая обработка, позволяет добиться более полного распределения наночастиц в матрице, находит подтверждение при исследовании образцов композиционного материала на просвечивающем электронном микроскопе. При исследовании образцов, в которых распределение наночастиц проводилось без применения ультразвуковых колебаний, можно наблюдать отдельно расположенные частицы диоксида кремния, практически не покрытые смолой. Это позволяет сделать предположение, что при подготовке объектов исследования, путём нанесения частиц измельченного образца на подложку, конгломераты, внутри которых нет связующего матричного материала, разрушаются, и наночастицы выпадают на подложку. Более того, в образцах подготовленных по данной технологии имеют место отдельно расположенные довольно крупные конгломераты нанопорошка (рис. 2).

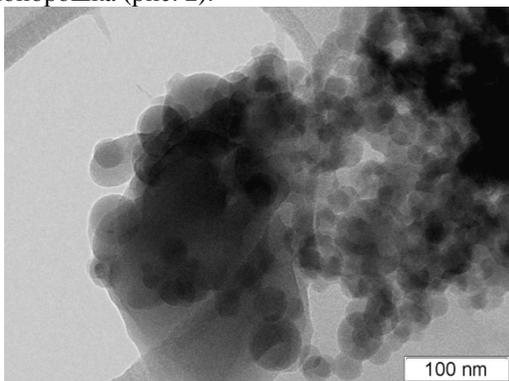


Рис. 2 – Конгломераты наночастиц SiO₂ в композиционном материале

Образцы, полученные с применением обработки ультразвуковыми колебаниями, характеризуются отсутствием конгломератов частиц наполнителя и более равномерным распределением последних преимущественно по всему объёму композита (рисунок 3). Каждая частица окружена слоем смолы. Явного различия в структуре матрицы и наполнителя при больших увеличениях не обнаруживается, поскольку и матрица и наночастицы имеют аморфное строение (рис. 3). Посторонних примесей и включений в композиционном материале ни визуально, ни при помощи микроанализа обнаружено не было.

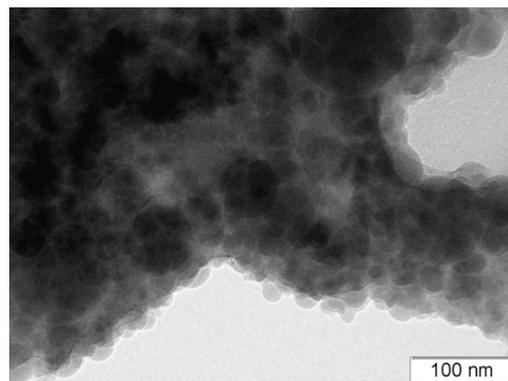


Рис. 3 – Композиционный материал после обработки ультразвуком

В качестве выводов необходимо отметить, что для диоксида кремния, полученного методом конденсации после высокотемпературного испарения характерно отсутствие кристаллической решетки; введение ультразвуковых колебаний играет положительную роль в распределении нанопорошка в полимерной матрице; применяемая технология получения композиционного материала позволяет получить качественные образцы, практически лишенные таких литейных дефектов, как поры и трещины.

Литература

1. С.П. Бардаханов, А.И. Корчагин. Получение нанопорошков испарением исходных веществ на ускорителе электронов при атмосферном давлении // Доклады Академии Наук, 2006, т. 409, №3, с. 320-323.

МЕТОД ПОДГОТОВКИ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА (WC) СЕПАРИРОВАНИЕМ

Терентьев Д.С.

Научный руководитель: Буров В.Г., к.т.н., профессор
Новосибирский государственный технический университет,
630092, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20,
E-mail: Terentiev240485@mail.ru

Получение качественного исходного материала с целью производства изделий на его основе, влияет на их долговечность и надежность службы в любой отрасли промышленности. Материалы, применяемые в порошковой металлургии в качестве упрочняющей фазы, часто составляют до 95% основы изделий (режущих инструментов, прессформ, конструкционных деталей). Один из таких широко используемых материалов - карбид вольфрама.

Подготовка наноразмерного порошка карбида вольфрама промышленной чистоты, является одним из наиболее важных этапов производства спеканием металлокерамических композиционных материалов.

Литературный обзор показал, что на практике используют целый ряд методов подготовки наноразмерных порошковых материалов - термический, химический и механический. Каждый из вышеперечисленных методов обладает своими технологическими особенностями, влияющими на качество готового продукта. Термический и химический методы характеризуются простотой технологии и высокой производительностью, но в тоже время термическая и химическая неустойчивость соединения WC приводит к образованию оксидов вольфрама. Наиболее перспективным и эффективным является метод механической очистки и подготовки порошка, который осуществим благодаря существенной разнице в физических свойствах частиц карбида вольфрама и аморфного углерода. Основное различие заключается в разности плотностей порошков. Теоретическая плотность карбида вольфрама на порядок выше (см. таб. 1), по сравнению с плотностью аморфного углерода.

Таблица 1. Физические свойства материалов

Материал	Плотность, $г/см^3$
Карбид вольфрама (WC)	15,6
Бромформ (CHBr ₃)	2,9
Аморфный углерод (сажа)	~2

Исходным материалом для проведения сепарирования являлся сажевый конденсат, ПЭМ изображение которого представлено на рис. 1. Сажевый конденсат являлся продуктом плазмохимического синтеза карбида вольфрама и представлял собой механическую смесь аморфного углерода, наноразмерных частиц углерода и карбида вольфрама. Синтез осуществлялся на установке электродугового испарения, спроектированной и изготов-

ленной в лаборатории «Физикохимия наноматериалов» ИНХ СО РАН. Полученные в результате синтеза материалы перед сепарированием подвергались механическому размолу в шаровой мельнице, который обеспечил перевод «хлопьевидного» сажевого конденсата в равномерное мелкозернистое порошкообразное состояние.

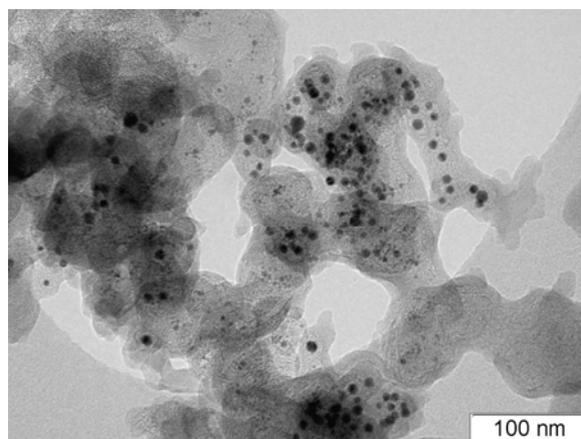


Рис. 1. Распределение наноразмерных частиц в сажевом конденсате (ПЭМ)

Таблица 2. Технологические режимы подготовки наночастиц карбида вольфрама сепарированием

Масса бромформа, г	Масса сажевого конденсата, г	Частота вращения барабана центрифуги, об/мин	Время вращения барабана, об/мин	Масса готового продукта, г
100	1	3000...5000	30	0,13

Сепарирование наноразмерных частиц карбида вольфрама от сажевого конденсата осуществлялось на центрифуге Zanetzkі K23. Сепарирование проводилось в диапазонах режимов, представленных в таблице 2. С целью проведения испытаний приготавливалась суспензия, дисперсионной средой, которой являлся бромформ (CHBr₃) – бесцветная жидкость, характеризующаяся высокой плотностью и используемая в промышленности для разделения минералов.

Сепарирование наночастиц карбида вольфрама от аморфного углерода, произошло за счет разности плотностей материалов, используемых при

испытании. В таблице 1 представлены физические свойства материалов, используемых при сепарировании. Плотность дисперсионной среды (бромформа) варьировалась в диапазоне от 2,2 до 2,9 г/см³ за счет добавок в дисперсионную среду менее плотного растворителя (хлороформа). Технологические режимы процесса представлены в таблице 2. Увеличение частоты вращения барабана центрифуги, способствующее возрастанию центробежных сил на барабане, и снижение плотности дисперсионной среды растворителями, на каждом этапе сепарирования способствовало повышению эффективности процесса и получению более чистого от примесей готового продукта.

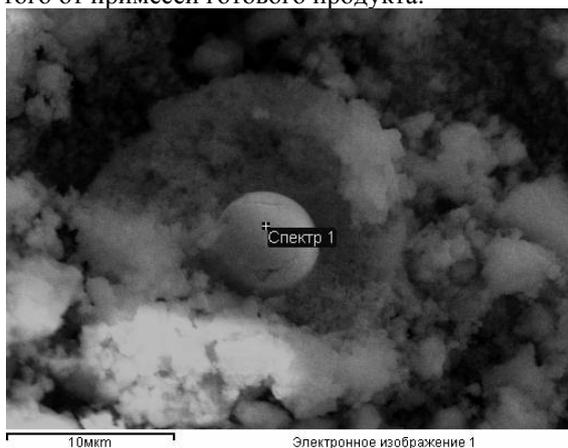


Таблица 3.

Элемент	Весовой, %	Атомный, %
C	34,62	89,02
W	65,38	10,98

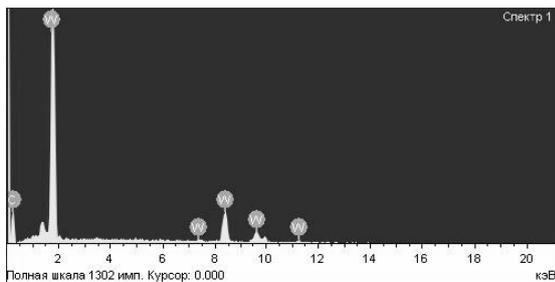


Рис. 2. Результаты химического анализа сепарированного порошка карбида вольфрама

Крупные частицы металлического вольфрама (тяжелой фракции) седиментировали на дно раствора дисперсионной среды; аморфный углерод и наночастицы углерода (легкой фракции) всплывали на поверхность раствора. Наноразмерные частицы карбида вольфрама, покрытые аморфным углеродом, образовывали взвесь в растворе. На

заключительном этапе подготовки, наноразмерный порошок карбида вольфрама получен испарением раствора дисперсионной среды.

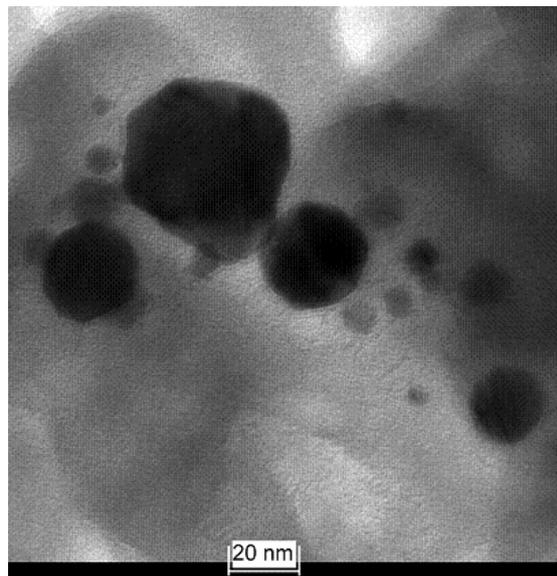


Рис. 4. Распределение наноразмерных частиц карбида вольфрама после предварительного сепарирования (ПЭМ)

Результаты сепарации свидетельствуют о необходимости ее поэтапного проведения в нескольких дисперсионных средах с разной плотностью.

Полученные наноразмерные частицы карбида вольфрама «окутаны» аморфным углеродом. Дальнейшее их разделение технически затруднено.

Присутствие наночастиц углерода в небольших количествах не несет отрицательного эффекта при спекании металлокерамических композиционных материалов, а наоборот является фактором, препятствующим образованию неустойчивых двойных карбидов.

Размер полученных частиц карбида вольфрама варьировался в диапазоне от 5 до 15 нм.

Список литературы:

1. Пархоменко В.Д., Сорока П.И., Краснокутский Ю.И., Верещак В.Г. Плазмохимические методы получения порошкообразных веществ и их свойства. // Всесоюзный журнал химического общества им. Д.И.Менделеева. 1991 (2). Т.36. С. 166-170.
2. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии /А.И. Гусев. – М. : Физматлит, 2005. – 416 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТВЕРДОКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИССЛЕДОВАННЫЕ МЕТОДОМ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ

Тумашевская А.Е., Шипилова А.В.

Научный руководитель: к.ф.-м.н. Н.С. Сочугов

Томский политехнический университет, Россия, г.Томск, пр.Ленина, 30, 634050

E-mail: tumashevskaya@sibmail.com

Разработка твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) - электрохимических генераторов, преобразующих химическую энергию взаимодействия топлива и окислителя в электрическую – направление, которое активно развивается во всем мире на протяжении нескольких последних десятилетий. Коммерциализация технологии ТОТЭ требует наличия у данного вида топливных элементов высокой эффективности и стабильности при длительной эксплуатации. В связи с этим, актуальной является задача исследования электрохимических характеристик разрабатываемых ТОТЭ, в частности вольтамперных и мощностных.

Одним из распространенных методов исследования электрохимических характеристик топливных элементов является вольтамперометрия, представляющая собой совокупность электрохимических методов количественного и качественного анализа, основанного на определении зависимости между силой тока и напряжением поляризации при электролизе раствора или расплава изучаемого вещества [1].

Цель настоящей работы заключалась в исследовании вольтамперных и мощностных характеристик единичной ячейки твердооксидного топливного элемента с тонкопленочным $ZrO_2:Y_2O_3$ (YSZ) электролитом полученным методом реактивного магнетронного распыления. В качестве основы для формирования пленок электролита использовались пористые анодные подложки ТОТЭ (металлокерамика 60 об. % Ni + 40 об. % $Zr_{0.9}Y_{0.1}O_{1.95}$ (Ni/YSZ)), предварительно обработанные электронным пучком. Катод формировали методом нанесения пасты $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$ и последующего высушивания при температуре 1200 °С. В работе изучено влияние импульсной электронно-пучковой обработки (ЭПО) на электрохимические характеристики экспериментальной ячейки ТОТЭ.

На рис. 1 представлена схема экспериментальной установки для измерения вольтамперных и мощностных характеристик топливных ячеек. Исследование электрических характеристик осуществляли в диапазоне рабочих температур 600 – 800 °С. В качестве рабочих газов использовали водород (топливо) и воздух (окислитель). Скорости подачи топлива и окислителя составляли 40 мл/мин и 250 мл/мин, соответственно.

Перечень и описание исследуемых образцов приведено в табл. 1.

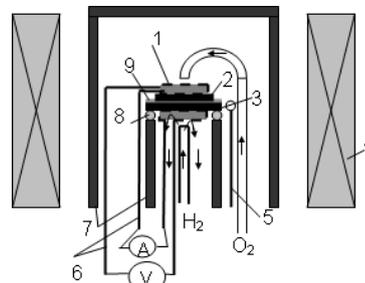


Рис. 1. Схема установки ProboStat™ фирмы NorECs для измерения электрических характеристик ТОТЭ: 1 - платиновая сетка, 2 - катод, 3 - анод, 4 - рабочий объем печи, 5 - терморпара, 6 - платиновые провода, 7 - алюминиевые трубки для установки образца, 8 - анодное уплотнение, 9 - электролит.

Таблица 1. Структура элементов.

№ ячейки	толщина YSZ подслоя, мкм	параметры ЭПО			толщина пленки YSZ электролита, мкм
		T, °C	E_s , Дж/см ²	N	
1		-	-	-	5
2	0,35	700	0,8	2	2,7
3	1,5	700	0,8	2	2,7

T – “фоновый” нагрев образца в процессе ЭПО;

E_s – плотность энергии электронного пучка;

N – количество импульсов воздействия пучка электронов на образец.

Из табл. 1 видно, что исследуемые ячейки отличались структурой. Ячейка 1 сформирована на базе исходной пористой анодной подложки (без ЭПО), в то время как при изготовлении ячеек 2 и 3, осуществляли предварительную ЭПО анодной подложки с предварительно нанесенным на нее тонким слоем пленки электролита (подслоем).

Исследования микроструктуры образцов показали, что ЭПО позволяет существенно изменить структуру обрабатываемых образцов. Так обработка электронным пучком системы «пористый анод-YSZ подслоем» привела к формированию на поверхности анодной подложки плотного слоя из сплава Ni с $ZrO_2:Y_2O_3$ с гладкой поверхностью. Переплавление поверхностного слоя позволило подавить столбчатую структуру пленки $ZrO_2:Y_2O_3$ (подслоя), свойственную пленкам из $ZrO_2:Y_2O_3$ формируемым магнетронным распылением.

Благодаря такой обработке последующий рост $ZrO_2:Y_2O_3$ пленки электролита осуществляется не с вершин гранул пористой подложки, а с практиче-

ски гладкой поверхности, и как результат формируется плотная и достаточно однородная структура.

На рис. 2 представлены результаты измерения вольтамперных и мощностных характеристик для ячейки №1 (табл. 1).

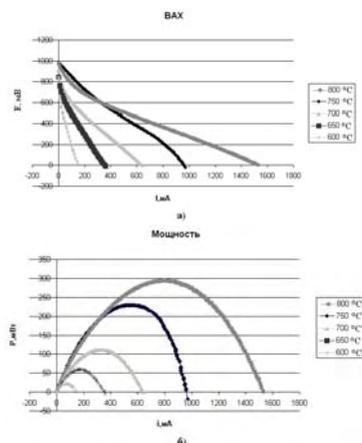


Рис. 2. Вольтамперные и мощностные кривые для экспериментальной ячейки ТОТЭ №1 (табл.1).

Видно, что напряжение разомкнутой цепи (напряжение холостого хода - $U_{ох}$) топливных ячеек составляет 0,97 – 1,03 В при рабочей температуре не более 800 °С (рис. 2а). Несколько меньшее значение напряжения холостого хода для всех образцов по сравнению с теоретическим (1,08 В), возможно, связано с тем, что имеет место “кроссовер” водорода через электролит, то есть имеются внутренние паразитные нагрузки (внутренний ток). ВАХ всех экспериментальных ячеек ТОТЭ в пределах измерений были близки к линейным, некоторое отклонение от линейности связано с омической и активационной потерями, которые снижаются с увеличением рабочих температур. Также при увеличении рабочих температур проявляются концентрационные потери, о чем свидетельствует наклон вольтамперной кривой в области высоких токов. Кроме того, при увеличении рабочей температуры наблюдается стремительный рост снимаемой мощности (рис. 2б), максимальное значение которой при 750 °С составило 230 мВт.

На рис. 3 – 4 представлены зависимости вольтамперных и мощностных характеристик для топливных ячеек № 2 и № 3 (табл. 1).

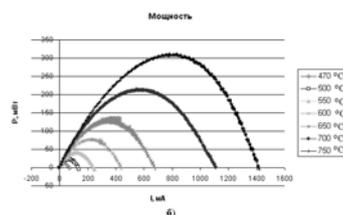
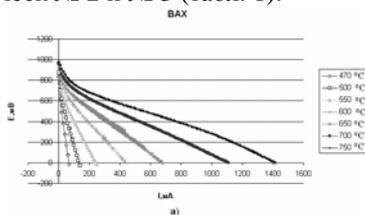


Рис. 3. Вольтамперные и мощностные кривые для экспериментальной ячейки ТОТЭ №2 (табл.1).

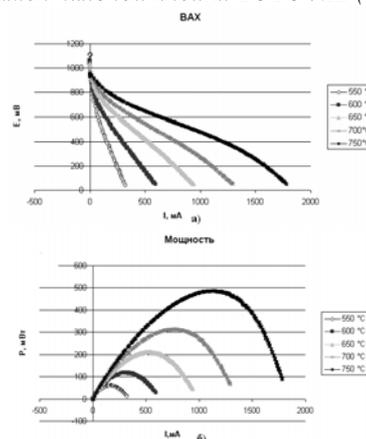


Рис. 4. Вольтамперные и мощностные кривые для экспериментальной ячейки ТОТЭ №3 (табл.1).

Видно, что ячейки № 2 и 3 имеют те же значения $U_{ох}$, что и ячейка № 1. Однако, наблюдается существенное увеличение снимаемой мощности, особенно для ячейки № 3, что является следствием снижения омических потерь, как результат использования ЭПО на первой стадии формирования электролита. Максимальное значения мощности при 750 °С для ячеек № 2 и № 3 составили 310 мВт и 490 мВт, соответственно.

Выводы:

Результаты экспериментов показали, что ЭПО является весьма эффективным методом обработки тонких пленок YSZ с целью формирования плотной структуры электролита. При использовании ЭПО, в процессе создания ТОТЭ, становится возможным уменьшение слоя электролита, с увеличением мощности данного элемента. Таким образом, повышается эффективность топливного элемента.

Список литературы:

1. Скорчеллетти В.В. Теоретическая электрохимия. – 4-е изд., испр. и доп. – Л.: Химия, 1974. – 567с.

ЦЕПНОЙ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОДИСПЕРСНЫХ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ

Гриняева Е.А., Кочкоров Б.Ш., Холодная Г.Е.

Научный руководитель: Сазонов Р.В. аспирант

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: galina_holodnaya@mail.ru

В работе представлены результаты исследования свойств композиционного наноразмерного порошка $(\text{TiO}_2)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$. Порошки синтезированы в неравновесном плазмохимическом процессе, инициируемом импульсным электронным пучком.

Наряду с нанодисперсными диоксидом титана и диоксидом кремния большой интерес представляет композиционный материал, содержащий диоксид титана и диоксид кремния. Многие полезные качества TiO_2 , такие как фотокаталитическая активность, высокая отражательная способность и др. могут усилиться при изменении структуры диоксида титана в присутствии аморфного диоксида кремния. Кроме того, использование дешевого носителя для диоксида титана позволяет снизить стоимость синтезируемого материала при сохранении его полезных качеств. Композиционный материал $(\text{TiO}_2)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$ представляет интерес и с точки зрения металлографических исследований изменения структуры кристаллического диоксида титана при встраивании в матрицу диоксида кремния [1].

Для синтеза нанодисперсных оксидов перспективно использование неравновесных плазмохимических процессов. Неравновесный характер процесса синтеза значительно снижает энергозатраты на проведение реакции и изменяет её условия. В неравновесном плазмохимическом процессе, инициируемом импульсным электронным пучком, синтезированы нанодисперсный диоксид кремния и диоксид титана [2]. Энергозатраты электрофизической установки на конверсию тетрахлорида кремния (SiCl_4) не превышали 0.02 эВ/моль [1].

Цель данной работы - наработка опытных партий нанодисперсного композиционного порошка $(\text{TiO}_2)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$ и исследование физико-химических свойств полученных образцов.

Синтез кристаллических нанодисперсных фотокатализаторов проводился на лабораторном стенде на базе импульсного электронного ускорителя ТЭУ-500 [3]. Основные параметры ускорителя: энергия электронов до 550 кэВ; выведенный ток электронов 6.5 кА; длительность импульса (на полувысоте) 60 нс; частота следования импульсов до 5 имп./с; энергия в импульсе до 200 Дж. Основная часть экспериментов выполнена с реактором, представляющим собой цилиндр из кварцевого стекла с внутренним диаметром 140 мм и объемом 4 литра. В конструкции ПХР предусмотрен ряд патрубков, используемых для подключения манометра и вакуумметра, датчика давления, напуска исходной реагентной смеси и откачки реактора перед напуском газа.

На рисунке 1 приведена схема эксперимента:

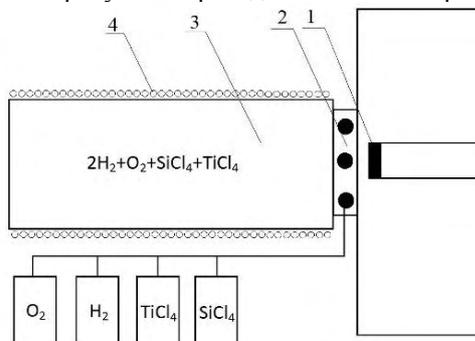


Рис. 1. Схема эксперимента: 1 – катод, 2 – переходная камера, 3 – камера ПХР, 4 – узел нагрева камеры ПХР

За 1 импульс масса получаемого порошка достигала $\approx 1,5$ г. Из наработанного порошка был выбран образец для исследования физико-химических свойств. Для определения морфологии частиц использовался просвечивающий электронный микроскоп JEOL-П-100 с ускоряющим напряжением 100 кВ. Полученные слайды сканировались с высоким разрешением на сканере HP Scanjet 3970™ при использовании режима сканирования слайдов с аппаратным пространственно-цветовым разрешением 1200 dpi RGB.

Для определения кристаллической структуры наноразмерного порошка использовалась стандартная методика рентгенофазового анализа (РФА). Анализ синтезированного наноразмерного порошка проводился на установке «Shimadzu XRD – 6000/7000». Выделенные пики сравнивались с соответствующими табличными данными.

Определение химического состава наноразмерного порошка проводилось с помощью метода измерения оптического спектра поглощения в инфракрасной области на ИК-Фурье спектрометре Nicolet 5700. Использование этого метода для исследования нанодисперсных частиц позволяет выполнить объемный анализ вещества, так как глубина проникновения ИК-излучения превышает геометрический размер частиц [4].

Для определения элементного состава наноразмерного порошка использовался рентгенофлуоресцентный спектрометр Quant X (РФЛА). Данный метод позволяет быстро и с высокой точностью анализировать практически все элементы периодической системы в твердых, жидких, порошкообразных и пленочных образцах.

На рисунке 2 представлены микрофотографии порошка:

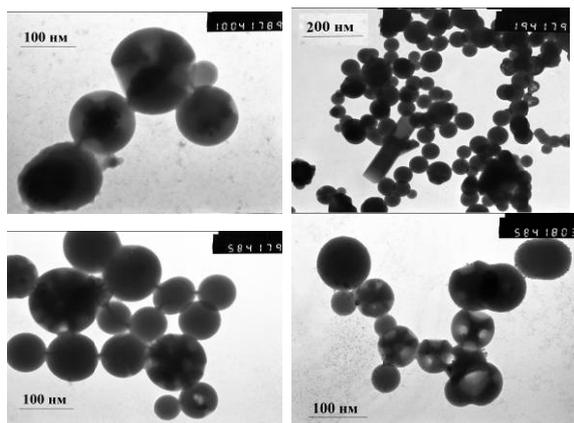


Рис.2. ПЭМ – фотографии нанодисперсного $(\text{TiO}_2)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$

Из рисунков видно, что частицы имеют сферическую форму, размер частиц лежит в диапазоне от 50 нм до 350 нм. Частицы сложного строения. Частицы образца состоят из двух компонент: диоксида титана (TiO_2) и диоксида кремния (SiO_2). Поэтому на снимках частиц мы видим две области, темные и светлые. Темная область соответствует более плотному TiO_2 ($4,2 \text{ г/см}^3$), светлая же – менее плотному SiO_2 ($2,7 \text{ г/см}^3$).

На рисунке 3 приведены результаты РФА – анализа:

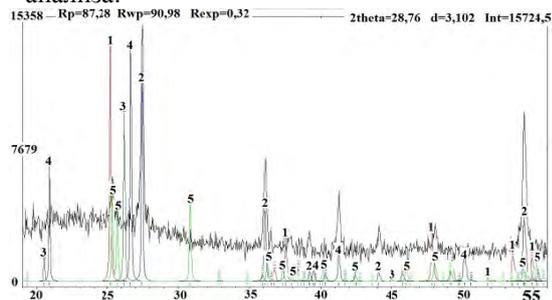


Рис.3. Рентгенофазный анализ порошка $\text{Ti}_x\text{Si}_y\text{O}_z$:
1 – TiO_2 - anatase; 2 – TiO_2 - rutile; 3 – SiO_2 - 180;
4 – SiO_2 ; 5 – TiO_2 - brookite

По результатам РФА в образце содержание аморфной фазы составило около 50%. Были замечены кристаллические фазы TiO_2 такие как: рутил, анатаз, брукит. Главной особенностью данных порошков явилось то, что в порошке обнаружено 2 вида кристаллических решеток SiO_2 , что ранее не наблюдалось.

На рис. 4 приведен характерный спектр отражения инфракрасного излучения исследуемого порошка. Полоса поглощения в диапазоне $3000\text{--}3800 \text{ см}^{-1}$ соответствует поглощению при возбуждении связи O-H ($\nu_1(\text{OH})$ на 3730 см^{-1} и $\nu(\text{H}_2\text{O})$ на 3300 см^{-1}). Пик поглощения с волновым числом 470 см^{-1} соответствует связи Si-O. Пики поглощения с волновым числом 795 и 840 см^{-1} соответствуют связи Si-C.

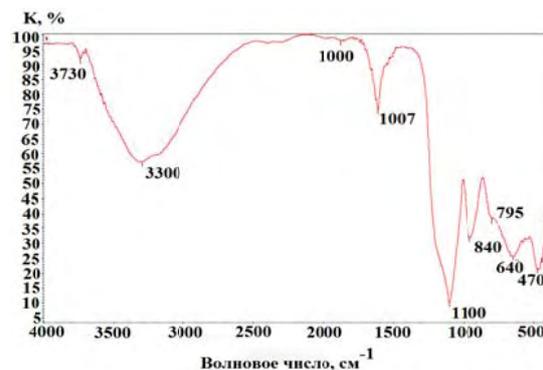


Рис. 4. ИК-спектр поглощения синтезированного композиционного наноразмерного порошка $(\text{TiO}_2)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$.

Полоса поглощения с волновым числом в диапазоне $1000 - 1100 \text{ см}^{-1}$ соответствует связи Si-O-Si. Пик поглощения с волновым числом 640 см^{-1} соответствует поглощению при возбуждении связи Ti-O-Ti.

РФА показал, что в порошке содержатся следующие примеси в следовых количествах: хлор, железо, никель, медь и цинк.

Таким образом, по результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- получены композиционные порошки сложной морфологии;
- впервые в продуктах плазмохимического синтеза сложных композиционных порошков обнаружено появление кристаллической фазы TiO_2 – брукит;
- впервые обнаружено появление двух кристаллических фаз SiO_2 .

Список литературы

1. Пушкарев А.И., Новоселов Ю.Н., Ремнев Г.Е. Цепные процессы в низкотемпературной плазме. - Новосибирск: Наука. - 2006.-226 с.
2. Remnev G.E., Pushkarev A.I., Ponomarev D.V. Synthesis of composition nanodispersed oxides in nonequilibrium plasma-chemical process initiated by pulsed electron beam // Proc.2th European Pulsed Power Symp. – Hamburg, Germany. – 2004. – P. 28-31.
3. Ремнев Г.Е., Фурман Э.Г., Пушкарев А.И., Карпузов С.Б., Кондратьев Н.А., Гончаров Д.В. Импульсный сильноточный ускоритель с согласующим трансформатором // Приборы и техника эксперимента. – 2004. – № 3. – С. 130–134.
4. Wallidge G.W., Anderson R., Mountjoy G. et al. Advanced physical characterization of the structural evolution of amorphous $(\text{TiO}_2)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$ sol-gel materials // Journal of materials science. - 2004. – V. - 39. - P. 6743 – 6755.

УНИВЕРСАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ ЭВП

Цыганкова М.В.

Научный руководитель: Некрасова Т.В., ассистент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: maruc@sibmail.com

В настоящее время перспективы продвижения высоких технологий XXI века связывают с развитием одного из основных их направлений – нанотехнологиями. Их развитие затрагивает практически все направления человеческой деятельности – от биологии и медицины до промышленности полимерных материалов, металлургии, микроэлектроники, освоения космоса и т.д. Сегодня развитию нанотехнологии, как совокупности новых направлений в разработке материалов и технологий с использованием наноразмерных объектов, придается очень большое значение. Одно из важнейших направлений нанотехнологии – это получение объектов нанометрового размера (наночастиц, нанопорошков) и применение их в практике. К наночастицам относятся структурные элементы, геометрические размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм, и обладающие качественно новыми функциональными свойствами. Использование нанопорошков позволит существенно улучшить параметры существующих технологических процессов и создать новые технологии, новые материалы. Исследование существующих наноматериалов показало, что многие их характеристики значительно отличаются от свойств, присутствующих традиционным материалам. С уменьшением размера частиц значительно улучшаются их механические свойства: прочность и пластичность, повышается твердость, увеличивается предел текучести, снижается порог хладотекучести. Данные свойства дают широкие возможности применения наноматериалов.

Технология получения нанопорошков различна. Их можно получать как химическим, механическим, плазмохимическим, так и физическим способом. Все эти методы и способы объединяет возможность получения порошков различных металлов, сплавов различной дисперсности. Широкое промышленное применение получил механический метод. Метод основан на измельчении материалов в мельницах (шаровых, планетарных, центробежных, вибрационных), и гироскопических устройствах. Но данный метод обладает рядом существенных недостатков: загрязнение получаемого порошка истирающими частицами материала рабочих органов мельниц; трудность получения порошков с узким распределением частиц по размерам; сложность регулирования состава продукта.

Возможности получения чистых сверхмелких порошков методом получения наноматериалов путем электрического взрыва проволок (проводников) ЭВП начато Абрамсом в 1946г, а сегодня утвердилось и получило широкое распространение.

Связано, это прежде всего с ростом промышленных и технологических возможностей для создания оборудования, которое могло бы реализовать теоретические предпосылки получения нанопорошков данным методом. Основным принципом работы оборудования созданного для реализации метода ЭВП заключается в том, что в реакторе между электродами помещают проволоки металла диаметром 0,1...1,0мм, хотя некоторые исследователи используют фольгу, из которого намечается получение нанопорошка. На электроды подают импульс тока большой силы ($10^4...10^6$ А/см²), при этом происходит мгновенный разогрев и испарение проволок, пары металла разлетаются, охлаждаются и конденсируются. Процесс идет в атмосфере гелия или аргона. Наночастицы улавливает фильтр, которые оседают во встроенную емкость для порошка. Таким способом получают металлические (Ti, Co, W, Fe, Mo) и оксидные (TiO₂, Al₂O₃, ZrO₂) нанопорошки с крупностью частиц до 100 нм. Процесс сопровождается потерей электропроводности проволоки, яркой вспышкой света, диспергированием металла и ударной волной, формирующейся в окружающем проводник газе. В зависимости от используемого газа, окружающего проводник, и состава проводника, процесс электрического взрыва позволяет получить нанопорошки различной дисперсности, а также такой подход дает возможность получать нанопорошки металлов, сплавов, химических соединений и нанопорошки композиционного состава. Особый интерес ЭВП представляет как метод получения порошков металлов с высокой химической активностью, которая характеризуется наличием избыточной, запасенной энергии, что позволяет создавать, из полученных нанопорошков материалы с новыми уникальными свойствами. Данная технология получения нанопорошков изучается и используется на предприятии ООО «Передовые порошковые технологии» г. Томск.

Основными достоинствами ЭВП-технологии является:

- Высокий КПД передачи энергии (в ЭВП-технологии энергия импульсно вводится непосредственно в объем металла, при этом расход энергии на нагрев окружающей среды низок).
- Возможность регулирования дисперсного состава.
- Сравнительно небольшой, относительно других физических методов, разброс частиц по размерам.

- Относительная стабильность свойств электро-взрывных нанопорошков в нормальных условиях,
- Высокая активность в различных химических процессах.
- Универсальность метода.

В ЭВП-технологии единственное ограничение – это использование проводящего материала (металлической проволоки) необходимого диаметра.

Сегодня предприятием ООО «Передовые порошковые технологии» г. Томск, разработано и испытано оборудование для получения нанопорошков методом ЭВП которое позволяет получать широкий спектр порошков.

Данное оборудование включает в себя следующие блоки (рис.1 а, б):

1. Зарядное устройство.
2. Емкостной накопитель энергии.
3. Неуправляемый разрядник, срабатывающий при касании проволокой высоковольтного электрода.
4. Реактор для взрыва проволоки, в котором расположены электродная система, механизм подачи проволоки с устройством деформации проволоки.
5. Вентилятор, осуществляющий циркуляцию газа в контуре установки.
6. Фильтр для улавливания порошка.
7. Систему трубопроводов, обеспечивающих циркуляцию газового потока по контуру установки.

Рис. 1(а). Принципиальная схема установки для получения нанопорошков методом ЭВП

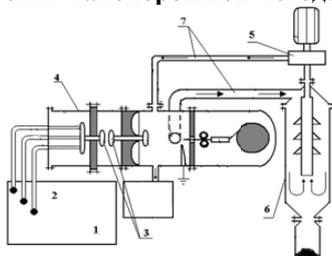


Рис. 1(б). Внешний вид установки для получения нанопорошков методом ЭВП



Рис. 2. Готовая продукция (нанопорошок в различной упаковке), произведенная на предприятии ООО «Передовые порошковые технологии»

Невысокая стоимость оборудования, его простота, малые массогабаритные показатели готовят предпосылки для возможности внедрения данной технологии получения нанопорошков в промышленность (энергетика, электроника, химическая промышленность, приборостроение, авиация и космонавтика, медицина). Используя нанопорошки, например как добавки, можно значительно улучшить качество многих продуктов - лекарств, смазочных материалов, топлив, полимеров, фильтров, геттеров, присадок к смазочным материалам, красящих и магнитных пигментов, компонентов низкотемпературных высокопрочных припоев и др.

Применение нанопорошков, полученных ЭВП - технологией, открывает для ученых, инженеров и технологов широкие возможности в области создания новейших материалов и технологий, принципиально новых приборов и устройств.

КОНТАКТЫ ООО "ПЕРЕДОВЫЕ ПОРОШКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"
 Адрес: 634021, РФ,
 г. Томск, пр. Академический, 8/2
 Тел./факс: +7 (3822) 286872

Литература:

1. Кариорис Ф., Фиш Б., Ройстер Г. Получение аэрозолей с помощью взрыва проволочек // Электрический взрыв проводников. Сб. науч. тр.: Пер. с англ. – М.: Мир, 1965. - С. 341 - 355.
2. Лернер М. И. Управление процессом образования высокодисперсных частиц в условиях электрического взрыва проводников: Дисс. канд. техн. наук. - Томск, 1988. – 153 с.
3. Лев М.Л., Перегуд В.П. Время развития перетяжной МГД неустойчивости жидких проводников в поле собственного тока // Журн.техн. физ.- 1977. - Т.47. - № 10. - С. 2116 - 2121.

ГОРЕНИЕ В ВОЗДУХЕ НАНОПОРОШКА АЛЮМИНИЯ С ДОБАВКАМИ ПОРОШКА ОКСИДА МЕДИ

Е.В. Шинкевич

Научный руководитель: Ильин А.П., профессор, д. ф.-м. н.
Томский политехнический университет, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: hartnett@sibmail.com

Введение

В начале XX в. русские ученые, основоположники отечественной космонавтики Ю.В. Кондратьев и Ф.А. Цандер предложили использовать металлы в качестве энергетических компонентов ракетных топлив. Но уже тогда было известно, что в гетерогенных процессах горения повышение дисперсности горючих веществ приводит к увеличению скорости и теплоты сгорания. Горение нанопорошков металлов сопровождается новыми физико-химическими закономерностями, что позволило предложить направления наиболее рационального использования нанопорошков в горючих системах.

В середине 80-х годов двумя научными школами в России (Институт химической физики им. Н.Н.Семенова РАН) и, впоследствии, в США (Институт технологии г. Нью – Джерси) было установлено, что конечный продукт горения грубодисперсных порошков Al в воздухе содержит лишь незначительные количества азотосодержащих продуктов: нитрида, оксинитридов, оксикарбонитридов. Экспериментальное подтверждение образования AlN в больших количествах (более 50 мас.%) при двустадийном горении свободнонасыпанного нанопорошка Al в воздухе впервые получено А.П. Ильиным в работе №1.

Одним из факторов влияющих на выход нитридной фазы в конечных продуктах горения, является использование добавок. С целью изучения возможности регулирования процесса нитридообразования в работе [3] было исследовано влияние ряда добавок на процесс и продукты горения НП Al в воздухе. Добавки влияют на значение температуры горения как одного из главных факторов, влияющих на синтез нитридов, т.е. проявляют свои действия на второй нитридообразующей стадии горения.

Химическое связывание азота необходимо учитывать при использовании НП в пиротехнических и других смесевых составах, в первую очередь, как процесс, значительно снижающий теплоту сгорания горючего. Поэтому поиск путей влияния на нитридообразование представляет научный и практический интерес [3].

Целью данной работы является изучение добавки оксида порошка Cu на процесс образования нитрида Al при горении нанопорошка Al в воздухе.

Материалы и методы исследования

В работе использовался пассивированный в воздухе нанопорошок алюминия, полученный при помощи электрического взрыва проводников в среде аргона на установке УДП-4Г в НИИ высоких напряжений Томского политехнического университета.

Наибольшую информативность о составе нанопорошка Al, его морфологии дает сочетание рентгенофазового, дифференциально-термического, электронно-микроскопического и химического анализов.

Эксперименты проводились при фиксированной массе нанопорошка Al $m=3г$. Выбор добавок ограничивается их небольшим содержанием, чтобы избежать взаимодействия алюминия с добавкой, а не с воздухом при горении. Поэтому масса добавок варьировалась от 0,1г. до 1,6г.. Смешивание нанопорошка Al с добавлением порошка оксида Cu проводили в сухом виде механическим способом. Затем смеси свободно насыпали в форму конуса на металлическую подложку, помещенная в открытом реакторе с воздухом. Процесс горения инициировался локальным нагревом образцов с помощью нихромовой спирали. Наблюдаемый визуально процесс горения нанопорошка Al с добавлением порошка оксида Cu происходит в две стадии: диффузионное горение и выроденный тепловой взрыв с фазовым переходом. Так из точки локального инициирования по поверхности образца в виде тепловых волн проходит фронт горения, постепенно распространяясь по всей поверхности образца (стадия 1 – диффузионное горение). В зависимости от реакционной способности нанопорошка Al, начиная с зоны минимального теплоотвода, с последующим охватом всего образца, наблюдалось ярко-зеленое свечение (стадия 2 – горение в режиме теплового взрыва). При этом температура образца на первой составляла 1200 °С, а на второй – 2200-2400 °С.

Продукты сгорания смеси нанопорошка алюминия с добавкой нанопорошка оксида меди представляют собой пористые спеки. В дальнейшем продукты сгорания были подвергнуты измельчению в агатовой ступке, а затем они были пропущены через сетку в 200 микрон. Во время измельчения в некоторых образцах с большой массой наблюдались мелкие капельки металла.

Состав и структуру образцов, подвергнутых отжигу в воздухе, изучали при помощи

рентгенофазового (РФА) анализа (дифрактометр ДРОН-3, $Cu_{K\alpha}$ - излучение), идентификацию кристаллических фаз проводили с использованием базы данных PDF-2.

Обсуждение результатов.

Анализ фазового состава конечных продуктов горения показал присутствие α - и γ - Al_2O_3 фаз, AlN и Al_3O_3N , а также оставшегося Al . Наиболее заметно влияют добавки на содержание остаточного алюминия.

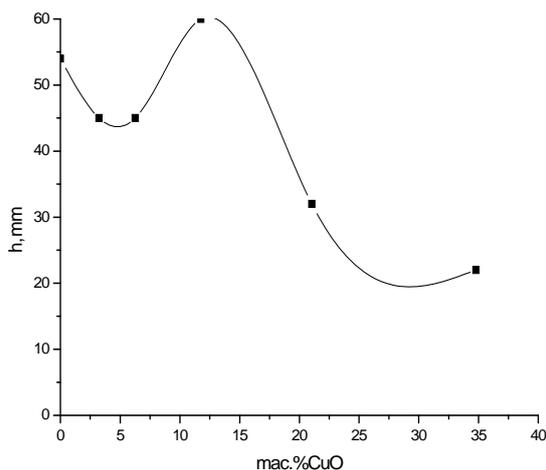


Рис.1. Зависимость интенсивности стопроцентного рефлекса Al от содержания добавки CuO .

График зависимости (рис. 1) интенсивности стопроцентного рефлекса Al от содержания добавки CuO показывает, что образцы с массой 0,4 заметно увеличивают содержание остаточного Al . Добавка порошка CuO массой 0,1, 0,2, 0,8, 1,6г снижает содержание Al .

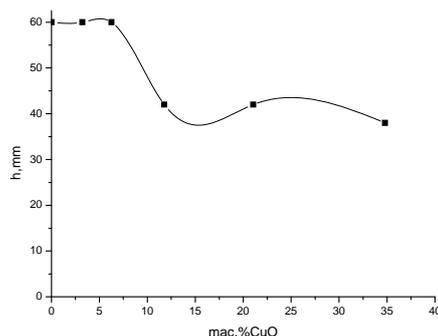


Рис.2. Зависимость интенсивности стопроцентного рефлекса AlN от содержания добавки CuO .

Добавление порошков CuO с массами 0,1 и 0,2г практически не влияло на количество связанного азота в воздухе (рис 2.). А в присутствии добавок CuO с массами 0,4, 0,8 и 1,6г уменьшалось.

Выводы:

1. Увеличилось содержание несгоревшего НП Al на 32% мас.
2. Содержание нитрида алюминия остается постоянным в присутствии добавки нанопорошка оксида меди до 6% масс. при большем содержании добавки выход нитрида алюминия уменьшается

Список литературы

1. Ильин А.П., Проскуровская Л.Т. Окисление алюминия в ультрадисперсном состоянии на воздухе//Порошковая металлургия.1990.№9 С.32-35.
2. Ильин А. П., Проскуровская Л. Т. Двухстадийное горение ультрадисперсного порошка алюминия на воздухе // Физика горения и взрыва. 1990. Т. 26, №2. С. 71 – 72.
3. Ильин А. П., Яблуневский Г. В., Громов А. А. Влияние добавок на горение ультрадисперсного порошка алюминия и химическое связывание азота воздуха // Физика горения и взрыва. 1996. Т. 32, № 2. С. 108 – 110.
4. Физика и химия горения нанопорошков металлов в азотосодержащих газовых средах /Под ред. А.А.Громова. – Томск: Изд-во Том.ун-та,2007 – 332с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО КАНАЛЬНО-УГЛОВОГО ПРЕССОВАНИЯ ТИТАНА

Шипачев А.Н., Суглобова И.К., Зелепугин С.А.

Научный руководитель: Зелепугин С.А., д.ф.-м.н., профессор

Отдел структурной макрокинетики ТНЦ СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3

E-mail: alex18023@mail.ru

Объемные наноструктурные материалы в настоящее время рассматриваются как перспективные конструкционные и функциональные материалы нового поколения. Выделяются два основных подхода к их получению – компактирование исходных нанопорошков и формирование наноструктур при интенсивной пластической деформации (ИПД) [1]. Исследование ультрамелкозернистых (УМЗ) металлов, полученных ИПД, показало, что они характеризуются рядом уникальных свойств – повышенной в несколько раз, по сравнению с крупнозернистыми аналогами, прочностью, сочетающейся с хорошей пластичностью, низко- и высокотемпературной сверхпластичностью, циклической и радиационной стойкостью.

Динамическое канально-угловое прессование (ДКУП) наряду с кручением под высоким давлением относится к методам ИПД, впервые использованным для получения УМЗ металлов и сплавов. Несмотря на активное развитие в последующие годы нескольких новых методов интенсивной деформации (всестороннейковки, прокатки с наложением и соединением листов, специального циклического деформирования и ряда других), ДКУП остается наиболее широко исследуемым методом ИПД. Более того, становится ясным, что модернизация ДКУП, в частности при создании непрерывного процесса, может обеспечить его широкое практическое использование.

При использовании ДКУП существует возможность принципиального изменения свойств металлов и сплавов при формировании в них ультрамелкозернистых структур, что позволяет реализовать сочетание высоких прочности и пластичности [2]. Исследования такого необычного сочетания прочности и пластичности наноструктурных материалов имеют весьма важное как фундаментальное, так и практическое значение. С фундаментальной точки зрения эти исследования интересны для выяснения новых механизмов деформации. С практической стороны, создание наноматериалов с высокой прочностью и пластичностью может резко повысить их усталостную прочность, ударную вязкость, снизить температуру хрупко-вязкого перехода.

В данной работе процессы деформирования образцов при их движении по пересекающимся каналам исследуются численно методом конечных элементов в плоскодеформационной постановке в рамках упругопластической модели среды.

Система уравнений, описывающая нестационарное адиабатическое движение сжимаемой среды состоит из уравнений неразрывности, движе-

ния, энергии [3]. Моделирование «отрывных» разрушений проводится с помощью кинетической модели разрушения активного типа [4]. Давление в неповрежденном веществе считается функцией удельного объема и удельной внутренней энергии и во всем диапазоне условий нагружения определяется с помощью уравнения состояния типа Ми-Грюнайзена, в котором коэффициенты подбираются на основе констант a и b ударной адиабаты Гюгонио. Определяющие соотношения связывают компоненты девиатора напряжений и тензора скоростей деформаций и используют производную Яуманна. Для описания пластического течения используется условие Мизеса. Учтены зависимости модуля сдвига и динамического предела текучести от температуры и уровня поврежденности материала [4].

Рассматривается задача взаимодействия образца с матрицей. Для приведенных выше уравнений в декартовой системе координат ставится задача с начальными при $t = 0$ и граничными условиями. Начальные условия характеризуются отсутствием внутренних напряжений, а причиной взаимодействия является движение образца по пересекающимся под прямым углом каналам матрицы с начальной скоростью v_0 . На свободных поверхностях взаимодействующих тел отсутствуют внешние нагрузки в течение всего процесса, на контактных поверхностях между образцом и внутренними поверхностями матрицы реализованы условия идеального скольжения. Для решения поставленной задачи используется метод конечных элементов, модифицированный для решения задач соударения.

Процесс динамического деформирования моделировали на примере титановых образцов шириной 16 мм и длиной 65 мм. Начальная скорость образцов варьировалась в диапазоне 100 – 400 м/с. Угол пересечения каналов – 90° . Между внутренней поверхностью матрицы и поверхностью образца реализованы условия скольжения. Материал матрицы – высокопрочная сталь. Были использованы следующие значения констант материала титанового образца: $\rho_0=4426$ кг/м³, $a=4990$ м/с, $b=1,05$, $G_0=41$ ГПа, $\sigma_0=0,5$ ГПа, $V_I=4,52 \cdot 10^{-6}$ м³/кг, $V_2=1,58 \cdot 10^{-6}$ м³/кг, $K_f=0,005$ м·с/кг, $P_k=-0,75$ ГПа.

Расчеты показывают, что поле удельной энергии сдвиговых деформаций после прохождения образцом пересечения каналов распределено по образцу неравномерно, что приводит к также неравномерному измельчению структуры. Это иллюстрирует рис. 1, где представлены результаты расчетов при начальной скорости титанового образца 300 м/с через 500 мкс от начала движения. К дан-

ному моменту времени более 3/4 образца уже прошло через пересечение каналов. Микроповреждения в образце концентрируются в примыкающих к верхней и нижней стенкам канала областях. В них на последующих стадиях процесса может наступить макроразрушение образца.

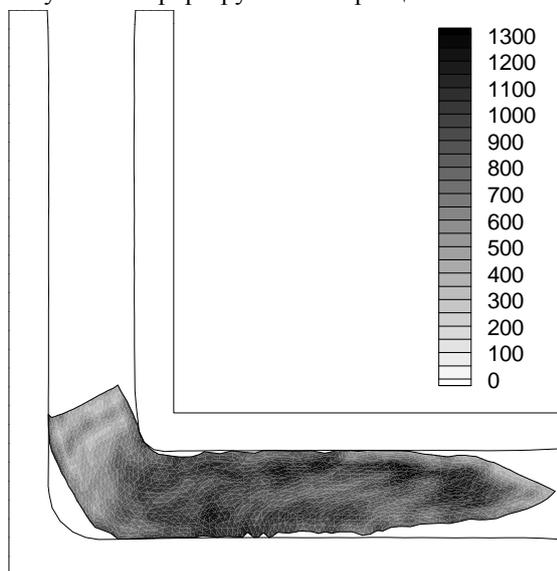


Рис. 1. Поля удельной энергии сдвиговых деформаций (кДж/кг) для титанового образца; начальная скорость $v_0=300$ м/с, время $t=500$ мкс от начала движения.

Для анализа динамики прохождения образцом пересечения каналов определяли скорости в точках 1, 2 и 3 (рис. 2), расположенных в средней части образца на равном расстоянии одна от другой и от боковых поверхностей.

Согласно расчетам при $v_0=250$ м/с скорости точек 1–3 изменяются одинаково при движении образца до пересечения каналов, в течение первых 80 мкс (рис. 2). Затем, после начала прохождения передней частью пересечения каналов, волновые процессы сжатия-разрежения приводят к колебаниям скоростей исследуемых точек. Основной этап наступает после 150 мкс при прохождении сечением B области пересечения каналов, что выражается в значительном расхождении графиков скоростей исследуемых точек и свидетельствует, как следствие, об интенсивном пластическом деформировании. Через примерно 300 мкс от начала движения скорости исследуемых точек становятся достаточно близкими, что соответствует завершению этапа деформирования. На заключительной стадии процесса (после 350 мкс) скорости снижаются, что свидетельствует о торможении образца.

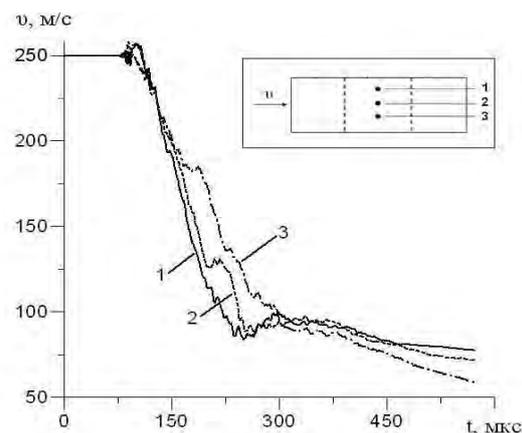


Рис. 2. Скорости движения исследуемых точек титанового образца; $v_0=250$ м/с.

Проведено численное исследование процессов деформирования титановых образцов при ДКУП – движении по пересекающимся под прямым углом каналам. Нижний порог скорости, при которой обеспечивается прохождение титановых образцов по каналам, составляет 300–350 м/с. Интенсивность пластических деформаций (и, как следствие, измельчение структуры) титанового образца после одного цикла ДКУП неравномерна по образцу, что свидетельствует о необходимости дополнительных циклов ДКУП. Выявлены области микроповреждений, в которых может наступить макроразрушение образца, что представляет собой проблему, для решения которой необходимо проводить дальнейшие комплексные экспериментально-теоретические исследования.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 07-08-00037, 08-08-12055), РФФИ и администрации Томской области (грант № 09-08-99059), Минобрнауки РФ в рамках АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (проект 2.1.1/5993).

Список литературы.

1. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлургические материалы. М.: Академкнига, 2007. - 397 с.
2. Хомская И.В., Зельдович В.И., Шорохов Е.В. и др. Высокоскоростное деформирование металлических материалов методом канально-углового прессования для получения ультрамелкозернистой структуры // Деформация и разрушение материалов. - 2009. - № 2. - С. 36-40.
3. Шипачев А.Н., Зелепугин С.А. Численное моделирование процессов высокоскоростного ортогонального резания металлов // Вестник ТГУ. Математика и механика. - 2009. - № 2(6). - С. 109-115.
4. Канель Г.И., Разоренов С.В., Уткин А.В., Фортов В.Е. Исследования механических свойств материалов при ударно-волновом нагружении // Известия РАН. МТТ. - 1999. - № 5. - С. 173-188.

ФОРМИРОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ В НАНОРАЗМЕРНЫХ ПЛЕНОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ CoSb_{1.82-2.51}(30нм)/SiO₂(100нм)/Si(001) - ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ТЕРМОЭЛЕКТРОНИКИ

Ю.Н. Макогон¹, Г. Беддис², Р.А. Шкарбань¹

Научный руководитель: Макогон¹ Ю.Н., д.т.н., профессор

¹ Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт», 03056, Украина, г. Киев, пр. Победы, 37

² Институт физики, технический университет Хемнитца, Германия

E-mail: haben@ukr.net

Вступление

Термоэлектричество - приоритетное направление развития науки и техники, основанное на прямом преобразовании тепловой энергии в электрическую и, наоборот, термоэлектрическому охлаждению. Термоэлектрическая эффективность $ZT = S^2 \sigma T / k$ является основной характеристикой этих материалов, где σ - электрическая проводимость, T - температура, k - общий коэффициент теплопроводности, S - коэффициент Зеебека [1].

Нынешние термоэлектрические элементы имеют добротность в области $ZT = 1$, но, как показывают теоретические расчеты, термоэлектрическая эффективность возрастает в наноматериалах и может достигнуть значений

$ZT \geq 2$. Однако, не выяснены закономерности формирования структурно-фазового состояния в наноразмерных пленках.

Постановка задачи

Цель данной работы заключается в исследовании закономерностей процессов формирования структурно-фазового состава в конденсированных наноразмерных пленочных композициях (НПК) CoSb_(1.82-2.51)(30нм)/SiO₂(100нм)/Si(001).

Методика эксперимента

Исследованы образцы, состоящие из пленки толщиной 30 нм составов CoSb_(1.82-2.51) нанесенных на подложку монокристаллического кремния Si(001) со слоем оксида SiO₂ толщиной 100нм методом молекулярно-лучевой эпитаксии в сверхвысоком вакууме ($9,3 \cdot 10^{-10}$ Па). Sb распыляли с помощью эффузера, нагретого до 740 К со скоростью 0,3 А/сек. Со осаждали электронно-лучевым способом со скоростью 0,04 А/сек. Температура подложки - 290 К. Для термической обработки НПК были применены отжиги в атмосфере азота в температурном интервале 720 - 920 К в течение 30 секунд.

Исследования НПК были проведены с помощью методов физического материаловедения: рентгеновской дифракции (метод Дебая-Шерера с фотографической регистрацией рентгеновских лучей), резистометрии (четырёхзондовый метод), растровой электронной микроскопии (РЭМ), атомно-силовой микроскопии (АСМ).

Результаты и их обсуждение

Идентификация рентгенограмм наноразмерных композиций CoSb_(1.82-2.51)(30нм)/SiO₂(100нм)/Si(001) показала, что после осаждения в пленках наблюдается двухфазное состояние.

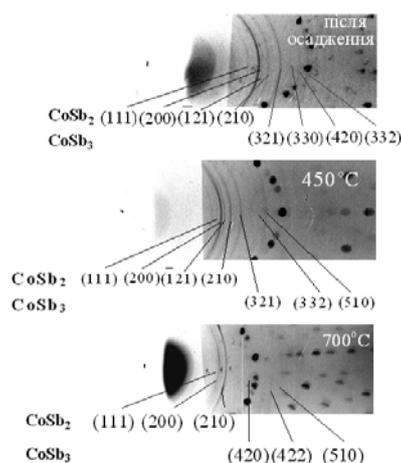


Рис. 1 - Дебаграммы образцов НПК CoSb_{2.51}(30нм)/SiO₂(100нм)/Si(001) после осаждения и после отжигов при 720 и 920 К

Сильные, четкие дифракционные рефлексы соответствуют фазе - CoSb₂ с моноклинной кристаллической решеткой, а с меньшей интенсивностью принадлежат фазе CoSb₃ с кубической кристаллической решеткой типа скуттерудита. Дальнейшее увеличение температуры отжига не приводит к качественному изменению фазового состава исследуемых НПК. После отжига 973 К кристаллическая структура пленки также остается двухфазной. Структурные изменения в НПК CoSb_{1.82-2.51}(30нм)/SiO₂(100нм)/Si(001) при отжиге связаны в первую очередь с процессами коагуляции зерен и их ростом (с 80 до 1000 нм). По данным металлографического анализа с увеличением содержания антимония в осажденный пленках количество фазы CoSb₃ растет ~ до 76%, а фазы CoSb₂ - соответственно уменьшается.

Исследование морфологии поверхности наноразмерных композиций CoSb_(1.82-2.51)(30нм)/SiO₂(100нм)/Si(001), которые были проведены с помощью атомно-силовой микроскопии (АСМ) и растровой электронной микроскопии (РЭМ) показали, что в НПК CoSb_{(2.4-}

$_{2.51}$ (30нм)/SiO₂(100нм)/Si(001) возможно появление пор. В пленках CoSb_{2.4}(30нм)/SiO₂(100нм)/Si(001) они образуются при отжиге 820 К (рис. 2) и исчезают после отжига при 920 К. В этом температурном интервале площадь пор, которую они занимают на поверхности пленки, увеличивается с 6 до 15%. В НПК CoSb_{2.51}(30нм)/SiO₂(100нм)/Si(001) поры наблюдаются в осажденном состоянии. При дальнейшем повышении температуры отжига до 870 К поры исчезают.

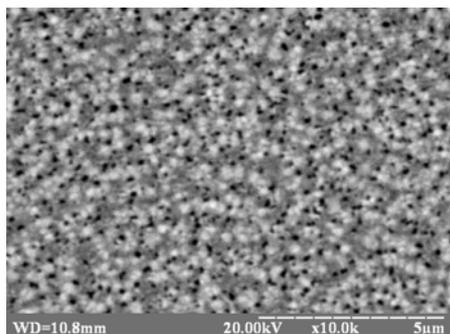


Рис. 2 - Морфология поверхности образца НПК CoSb_{2.4}(30нм)/SiO₂(100нм)/Si(001) после отжига при 820 К

Может предположить, что по аналогии с эффектом Киркендала образования пор в НПК CoSb_{2.4}(30нм)/SiO₂(100нм)/Si(001) в температурном интервале 820 - 920 К связано со стремлением системы установить равновесную концентрацию вакансий, отклонение от которой возникает за счет отличия собственных коэффициентов диффузии компонентов фаз CoSb₂ и CoSb₃.

Исследование зависимости электросопротивления от температуры отжига для тонкопленочных композиций CoSb_(1.82-2.51)(30нм)/SiO₂(100нм)/Si(001) показало, что структурные изменения в НПК сопровождаются изменениями электросопротивления. Электросопротивление сначала уменьшается по сравнению с исходным состоянием и после отжига при 720 - 820 К достигает наименьшего значения. Выше 820 К наблюдается резкое увеличение электросопротивления (рис.3).

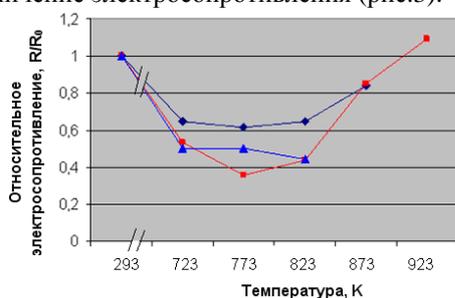


Рис 3 - Зависимость относительного электросопротивления образцов НПК CoSb_(1.82-2.51)(30нм)/SiO₂(100нм)/Si(001) от температуры отжига : ◆ - CoSb_{1.82}, ■ - CoSb_{2.4}, ▲ - CoSb_{2.51}

Несмотря на то, что после отжигов отношение интенсивностей дифракционных максимумов $I_{\text{CoSb}_3(420)}/I_{\text{CoSb}_2(200)}$ возрастает для всех составов, однозначно нельзя утверждать, что это также может быть связано с процессами диффузионного фазообразования. Например, как следствие возможного испарения Sb, которое для свободного антимония происходит при 896 К. Но, как показали авторы [2], исследовавшие скуттерудиты более сложных составов, отжиг до 950 К не вызывают фазовых превращений и парообразования.

Выводы

Установлено, что в пленочных композициях CoSb_(1.82-2.51)(30нм)/SiO₂(100нм)/Si(001) после осаждения и после отжигов в интервале 720 - 970 К наблюдается двухфазное состояние - фаза CoSb₂ с моноклинной кристаллической решеткой и фаза CoSb₃ с кубической кристаллической решеткой типа скуттерудита. После отжигов пленок происходит рост зерен обеих фаз, а после отжига выше 875 К появляются несплошности в пленках.

Отоженные в интервале температур 720 - 820 К, пленки исследуемых составов имеют наибольшую электрическую проводимость, что способствует повышению термоэлектрической эффективности ZT.

Образование и исчезновение пор в НПК CoSb_{2.4-2.51}(30нм)/SiO₂(100нм)/Si(001) зависит не только от химического состава, но и от температуры отжига.

Литература

1. Q. He, Sh. Hu, X. Tang, Y. Lan, The great improvement effect of pores on ZT in Co_{1-x}Ni_xSb₃ system APPLIED PHYSICS LETTERS 93, 042108 (2008).
2. J. Y. Peng, P. N. Alboni, J. He, B. Zhang, Thermoelectric properties of (In,Yb) double-filled CoSb₃ skutterudite, JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 104, 053710_2008.

СЕКЦИЯ 13

КРУГЛЫЙ СТОЛ «ФИЛОСОФИЯ ТЕХНИКИ»

К ВОПРОСУ О ФИЛОСОФИИ ТЕХНИКИ: ЧЕЛОВЕК, ТЕЛО И ПРИРОДА – НОВЫЕ ВАРИАНТЫ «КРИСТАЛЛИЗАЦИИ» ДУХА

Былицкая С.В.

Научный руководитель: Поleshук Л.Г., к.филос.н., доцент
Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета,
652055, Россия, г. Юрга, ул. Ленинградская, д.26
E-mail: kgoutitpu@rambler.ru

Лавинообразные изменения в современной науке и сращивание науки и техники побуждают к специальному рассмотрению толкования ряда привычных понятий. Одним из таких становится новое понимание тела человека.

В классическом естественно-научном определении тело человека, прежде всего, организм, который «рождается из природной космической жизни, и ...сам рождает. Признак рождения есть признак организма» [1, с. 150]. Кроме того, он не составляется из частей, он целостен и целостным рождается, в нем целое предшествует частям и присутствует в каждой части. Организм растет и развивается [там же].

Тело человека, имея физические константы, в философии обозначается одновременно как воплощенный материализованный дух, как мир «материальной воплощенной телесности» духа [2, с. 74].

Однако предчувствие распада телесного мира в его основах прозвучало уже в начале XX века. Так Н.А. Бердяев в 1914 году пишет, что «не будет уже никогда прекрасных тел» [2, с. 73]; «изжиты те состояния духа, которые породили...устойчивость...кристаллизованного воплощенного материального мира. ...Симптомы расставания и распыления материального мира можно видеть повсюду...» [2, с. 74]. Н.А. Бердяев даже описывает детали этой апокалиптической картины замены тела человека телом машин: «Люди сами превратятся в машины, но затем и они исчезнут за ненужностью и невозможностью для них органического дыхания и кровообращения» [1, с. 157].

Автор, вводя понятие тела машин, как представляется, предвидит промежуточный этап эволюции человеческого тела: «массовая техническая организация жизни уничтожает всякую индивидуализацию, всякое своеобразие и оригинальность, все делается безлично-массовым, лишенным образа» [1, с. 155].

Действительно, человек массы устремившийся на авансцену истории и использующий достижения техники для наслаждения тем, что раньше было предоставлено лишь немногим, не испытывает благодарности и уважения ни к науке, ни к современной цивилизации, которые столь нуждаются в его поддержке [3, 4]. Более того, рынок социальных услуг XXI века сделал широко доступным произвольное моделирование тела, внешности. Эстетическая хирургия наряду с другими инновационными технологиями позволяет сравнительно быстро обрести другое, новое телесное Я: «тело

превращается в предмет, который довольно легко переделать, а то и сменить, тело и гендер утрачивают статус базовой идентичности и превращаются лишь в одну из возможных идентификаций Я» [5, с.75].

Следствием сложившейся ситуации в системе «тело человека–техника и технологии» является трансформация сознания, этики человека как вида, а также «презрение к природе с ее естественными границами и убежденность во всевластии технологий, их фетишизацией» [5, с. 73]. В связи с этим современные авторы вполне осознают возможные последствия игр с человеческим телом [6, 7, 8, 9].

Уход границ личности за и через телесного индивида; сведение личности, как говорил Гегель, к «голой избыточности», к телу; уравнивание личности как субъекта поступка и ответственности за поступок с границами биологическими – психосоматической целостности индивида, буквально с кожно-волосным покровом тела, позволяет эту тенденцию сужения границ вменяемости личности продолжить в плане сужения границ человеческого Я: «границы свободы и ответственности личности сузились настолько, что перешли в запредельное. Разве уже сейчас не возлагается ответственность на... наследственность, окружение, а то и на части тела и организма?» [10, с. 50].

В контексте настоящих размышлений интересен дальнейший вопрос автора: «...не пойдет ли этот процесс дальше? В глубь телесности индивида?» [там же]. Эмпирические факты дают утвердительный ответ. Расщепленность самосознания современного массового человека обуславливает противоречивость, полярность эмоционального отношения к своему телу: от эксгибиционизма до тяги к нанесению себе телесных увечий. Так в мире новой природы, искусственной реальности рождается постнеклассический субъект, создается коммуникативная реальность нового диалога человека и природы, где «становление коммуникативного субъекта постнеклассической науки...вынуждает нас мыслить его в виде распределенного во времени множества виртуальных событий-встреч с «другим» и с «самим собой» [11, с. 13]. Более того, в этом искусственном мире, создаваемой человеком техники, средств коммуникации, не остается места природному телу человека прежде всего потому, что в ходе технического развития общество достигает того уровня, при котором оно действительно не может больше существовать без этой искусственной среды, в которой «естественное почти полностью замещается искусственными или гибридными (естественно-искусственными) сис-

темами и гибридной окружающей средой даже на микро- и наноуровнях [12, с. 109].

Противоречивые рецепты преодоления разногласий между научно-техническим преобразованием природы и самой природой (организмом) предлагаются в русской философской классике. В «Философии хозяйства» С.Н. Булгакова реальным видится процесс постепенного «переваривания» искусственного в естественное, превращения механизма в организм в ходе хозяйственной деятельности человека» [13, с. 108]. В философии Н.А. Бердяева смысл техногенной цивилизации видится, наоборот, в переходе от органической жизни к рационально организованному существованию, причем машина побуждает самого человека обрести ее обличье. Таким образом, прообразы нового тела, функционирующего на уровне «обмена смыслами, духовными ценностями, а также отвечающих этим смыслам и ценностям состояниям человеческого сознания, ...гуманистическими смыслами и ценностями» [11, с. 16] наметился еще в XX веке.

Если дух человеческий в пророчестве Н.А. Бердяева вступает в иной возраст своего бытия [2, с. 74], то вместе с дематериализацией, развоплощенностью, потерей твердости, крепости, оформленности тела он, «создавший технику и машину, не может быть технизирован и машинирован без остатка, в нем всегда остается иррациональное начало» [1, с. 151]. В титанической борьбе духа и машины, именно техника, вызывает сильную реакцию духа для противостояния возрастающей власти техники, требует от человека «все большей суровости и бесстрашия» [1, с. 153]. Другими словами, развоплощается тело, но дух человека продолжает жить.

В XXI веке с появлением наноонтологии как особого рода системной онтологии, включающей общие представления о наносистемах и наноструктурах и представляющей собой нанокартину мира, объяснение функционирования биологических систем с ее позиций укладывается в схему: «живые системы функционируют на наноуровне как наномшины [12, с. 110]. Значит, тело человека может рассматриваться не только как часть или как элемент сложной технической системы (подобный взгляд имел место в философии техники и исторически оправдан), но и как техническая система (в технической биологии, бионике, биометризме).

В исследовании В.В. Лучинина отмечено, что целенаправленные манипуляции материей на атомарном уровне, как главное видение нанотехнологии, ведет к конструированию «материальных объектов с нанометрическими ...размерами элементов» [14], а наномашина, являясь «симбиозом природного объекта и искусственного устройства»

[там же], становится одной из модификаций тела человека, этапом его эволюции; очередным воплощением творящего в природе неугомного человеческого духа.

Итак, все технические продукты и процессы непосредственно или опосредованно направлены на изменение и усиление способностей тела человека. Раскрыв динамичность техники, человек продолжает проникать ее суть как самостоятельной бытийности. Жаль, что на этом пути «изобретения человека» есть «желание создать нового человека, но отсутствует модель такового» [15, с. 172], уверенность в его духовности.

Литература

1. Бердяев Н.А. Человек и машина // Вопросы философии. – 1989. – №2. – С. 147–162.
2. Бердяев Н.А. Пикассо // Философские науки. – 1990. – №7. – С. 72–76.
3. Ортега-и-Гассет Х. Восстание масс // Вопросы философии. – 1989. – №3. – С. 113–153.
4. Ортега-и-Гассет Х. Восстание масс // Вопросы философии. – 1989. – №4. – С. 114–169.
5. Соколова Е.Т. Нарциссизм как клинический и социокультурный феномен // Вопросы психологии. – 2009. – №1. – С. 67–80.
6. Аргонов В.Ю. Искусственное программирование потребностей человека: путь к деградации или новый стимул развития // Вопросы философии. – 2008. – № 12. – С. 22–37.
7. Гнатик Е.Н. Генетическая инженерия человека: вызовы, проблемы, риски. М: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009, 240 с.
8. Ленк Х. Размышления о современной технике. М.: Аспект Пресс, 1996. – 183 с.
9. Шупер В.А. Россия в глобализованном мире: альтернативы развития // Вопросы философии. – 2008. – № 12. – С. 3–21.
10. Тульчинский Г.Л. Слово и тело постмодернизма // Вопросы философии. – 1999. – № 10. – С. 35–53.
11. Аршинов В.И., Лебедев М.В. Постнеклассическая рациональность, виртуалистика и информационные технологии // Философские науки. – 2007. – № 3. – С. 9–29.
12. Горохов В.Г. Трансформация понятия «машина» в нанотехнологии // Вопросы философии. – 2009. – № 9. – С. 97–115.
13. Цит. по: Горохов В.Г. Трансформация понятия «машина» в нанотехнологии // Вопросы философии. – 2009. – № 9. – С. 97–115.
14. Цит. по: Горохов В.Г. Трансформация понятия «машина» в нанотехнологии // Вопросы философии. – 2009. – № 9. – С. 114.
15. Элльоль Ж. Технологический блеф // Философские науки. – 1991. – № 9. – С. 152–178.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСОВ

Воронкин А.С.

Луганский государственный институт культуры и искусств,
91055, Украина, г. Луганск, ул. Красная площадь, 7
E-mail: alex.voronkin@gmail.com

Известно, что во время мыслительного процесса человек в своем сознании выбирает самые оптимальные решения. Они выбираются из всего возможного количества набора вариантов решений, которые накоплены, сформированы и упорядочены на основе прожитого им жизненного опыта в памяти мозга.

Информационной емкости коры головного мозга достаточно для хранения лишь 1% от общего потока информации, проходящего через мозг человека.

Все ныне существующие представления и гипотезы о нейрофизиологических основах памяти не являются до конца изученными и доказанными.

Искусственный интеллект – это одна из новейших областей науки. Первые работы в этой области начались после II-ой мировой войны, а само ее название было предложено в 1956 году.

Проблеме нервного импульса посвящена обширная литература. Уже в XVII в. считалось, что нервные волокна служат каналами передачи информации от головного мозга к мышцам. Относительно природы носителя информации высказывались различные предположения, которые отражали уровень научных представлений каждой эпохи.

Нелинейность электрической цепи живой ткани была обнаружена В. А. Петровым в 1935г. [1]. Основные научные представления нейробиологии об электрической возбудимости мембраны нервной клетки формировались на основе результатов экспериментальных исследований мембран методом фиксации потенциала. Этот метод впервые применил Коул в 1949 г., а развили его Ходжкин, Хаксли и Катц. Коул впервые (1939г.) вместе с Кертисом обнаружили резкое падение электросопротивления мембраны нервного волокна в момент действия нервного импульса. Электрические модели процессов возбудимости, разработанные Коулом и многими другими авторами, представлены различными комбинациями активных сопротивлений емкостей и источников. Следует отметить, что широко распространенная в нейробиологии модель Ходжкина-Хаксли не учитывает температурную зависимость электропроводимости. Эмпирическая теория модели включает переменные, не имеющие биофизического смысла, и сосредоточивает внимание исследователей на одиночном нервном импульсе, опуская информативные нейрочастотные модуляции [1, 2].

Основным структурным элементом нервной системы высших организмов является нейрон, состоящий из тела клетки, от которого отходят многочисленные отростки – дендриты. Один из этих отростков у периферических нейронов намного

длиннее других – это аксон. Аксоны, как правило, окружены жировой (миелиновой) оболочкой, которая периодически (через 1–2 мм) прерывается перехватами Ранвье (1 мкм). Миелиновые сегменты играют роль изолирующих муфт, нервное волокно на этих участках аналогично пассивному кабелю. Электрически активна только часть мембраны. Аксон можно представить в виде полый трубки, заполненной раствором электролита. Стенка этой трубки (мембрана аксона) состоит из липидов и белков. Толщина мембраны составляет $\sim 70 \text{ \AA}$. В состоянии покоя емкость мембраны составляет $\sim 1 \text{ мкФ/см}^2$. В одном мм^3 мозга находится приблизительно 150 тысяч нейронов. Нейроны взаимодействуют короткими сериями импульсов продолжительностью, как правило, несколько миллисекунд. Частота может изменяться от нескольких единиц до сотен герц, что в миллион раз медленнее, чем быстродействующие цифровые электронные схемы. Тем не менее, сложнейшие задачи распознавания человек решает в течение нескольких сотен миллисекунд.

Итак, технические информационные системы превосходят человека в скорости выполнения формализованных операций и возможности расширения запоминающих устройств. Преимуществом человека перед ЭВМ является более широкий диапазон реализуемых информационных процессов (особенно творческих действий или принятие ответственных решений).

Мембрана аксона отделяет внутренний раствор от наружного, имеющего другой состав. Так, внутри высока концентрация ионов калия и мала концентрация ионов натрия и хлора по сравнению с окружающей средой. Внутренность клетки в покое заряжена отрицательно по отношению к внешней среде, и на мембране развивается разность потенциалов приблизительно в 60 мВ.

В 1943 г. У. Маккаллок и У. Питтс создали теорию формальных нейросетей. Недостатком этой теории была сама модель нейрона – «пороговый» вид активационной функции. Пороговый вид функции не дает нейронной сети достаточную гибкость при обучении и настройке на поставленную задачу. В 1958г. Ф. Розенблат ввел в модель У. Маккаллока и У. Питтса способность связей к модификации, что сделало ее обучаемой. Эта модель была названа перцептроном (искусственным нейроном), которая, впоследствии, и легла в основу принципа построения нейрокompьютера.

На вход искусственного нейрона поступает некоторое множество сигналов, каждый из которых является выходом другого нейрона. Каждый вход умножается на соответствующий вес синап-

са, все произведения суммируются, что определяет уровень активации нейрона (рис. 1).

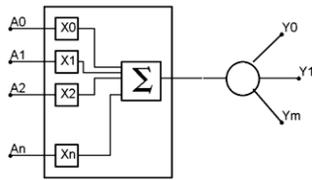


Рис. 1. Схема искусственного нейрона

В 1982 году американский биофизик Дж. Хопфилд предложил оригинальную модель нейронной сети. Сеть Дж. Хопфилда имела обратные связи между слоями, что увеличивала ее обобщающие свойства (такие сети нашли широкое применение при распознавании образов). В этом же году японские ученые начали работу по специальному проекту, главной целью которого было создание компьютера с процессором на основе элементов нервной системы.

В первых экспериментах по созданию интерфейсов между живыми нейронами и микросхемами, которые были проведены в лаборатории Питера Фромгерца (Max Planck Institute for Biochemistry, 1985), были сделаны попытки зарегистрировать активность отдельного нейрона пиявки при помощи транзистора.

Нервные импульсы человека передаются по очень сложным биологическим конструкциям (например, в берцовом нерве насчитывается более 50 тысяч нервных волокон). Исследованиями установлено, что нейроны весьма чувствительны к поляризационным токам. Используя эффект поляризации, с ними можно установить двухстороннюю связь. Например, электрическое поле поляризует мембрану нейрона, заставляя открываться и закрываться ионные каналы, управляемые чувствительными к электрическому полю белками. Этот эффект обнаружен в 1999 году в Институте им. Макса Планка. Нейрон крысы диаметром около 20 мкм размещался на матрице транзисторов, покрытых слоем диоксида кремния (рис. 2).

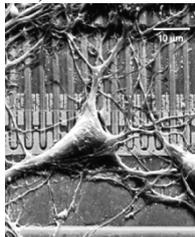


Рис. 2. Микрофотография нейрона крысы на матрице транзисторов

Затем матрица с нейроном помещалась в раствор электролита. Диоксид кремния оказался хорошо совместимым с живой клеткой – нейрон культиви-

ровался на поверхности чипа *in vitro* в течение трех дней и взаимодействовал с транзисторами [3].

В 2005г. исследователи из Университета Калифорнии совместили с кремниевыми чипами живые клетки сердца крысы. Сотрудники университета Висконсина разработали технологию захвата электрическим током бактерий *bacillus mycoides* и их перемещения в определенные позиции на поверхности микросхемы. При этом микроорганизмы соединяли электроды между собой, образуя живой проводник. В 2006г. в Падуанском университете (Италия) была сконструирована микросхема со встроенными клетками мозга. Нейрочип размером около миллиметра содержал 16 384 транзистора, к которым специальными белками были прикреплены отростки нейронов.

В настоящий момент ученые не решили окончательно вопрос, какие программные функции выполняет нейрон. Анализ механизмов деятельности нервной системы, обеспечивающих приспособительное (адаптивное) поведение организма приведен в [4].

Уже созданы отдельные нейронные цепи, управляемые микроэлектроникой. Активно разрабатываются адаптивные информационные системы, технически характеризующиеся многопроцессорностью.

Можно утверждать, что существуют все предпосылки создания электронных матриц, на которых нейронные сети смогут расти и развиваться, изменяя свою структуру по сигналам, поступающим от микроэлектронных устройств. Дальнейшая интеграция живых нейроструктур в современную микро- и наноэлектронику (молекулярную электронику [5]) станет настоящим прорывом биоэлектроники. Появится возможность заменять поврежденные участки мозга кремниевыми чипами – искусственными нейронными сетями.

Список литературы

1. Богданов Г. Б. Метрология экстрасенсорики / Г. Б. Богданов. – Киев: Информационно-издательское агенство «Украина», 1991. – 78с.
2. Костюк П. Механизмы электрической возбудимости нервной клетки / О. Крышталь, П. Костюк. – М.: Наука, 1981. – 205 с.
3. Max Planck Institute of Biochemistry in Martinsried, Department of Membrane and Neurophysics. Neuroelectronic Interfacing [Электронный ресурс] : <http://www.biochem.mpg.de/mnphys/publications>.
4. У. Росс Эшби. Конструкция мозга. Происхождение адаптивного поведения / У. Росс Эшби. – М. : Изд-во иностранной лит-ры, 1962. – 397с.
5. Introduction to Molecular Electronics / ed. by M. C. Petty, M. R. Bryce, G. D. Bloor. – London: Oxford University Press, 1995. – 367 p.

АНТОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ФАНТОМОВ

Дорохова Д.И., Соколов А.П.

Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: lonelyshepherd@vtomske.ru

Приведём мнение известного учёного Эмиля Джабира Думата о научных теориях, отражающее состояние науки в настоящее время: «Научные теории - это фантазии, выраженные нашими логическими рассуждениями, а также наши предположения о существовании причин и существ, скрытых от нас. Многие из идей, называемых научными теориями, не имеют достоверных подтверждений. Многие мыслители считают такие теории фантазиями, далекими от истины».

Однако в данной статье речь пойдёт не о познаваемости мира, а о том, что научные теории, сформулированные ранее для того, чтобы каким-то образом объяснить какой-то обнаруженный природный феномен, и в этом качестве выполнившие свою роль, не исчезают, а продолжают жить, превратившись в фантом.

Представлять, что «фантом (франц. *Fantome*, от греч. *phantasma* – призрак) - это причудливое видение, призрак» [1], будет не совсем точным. Слово «видение» по смыслу наталкивает на представление, что данное явление только видится. Рассматриваемое явление более точно описывает термин «фантомные ощущения», т.е. такое состояние, при котором «происходит восприятие человеком утраченной части тела (чаще – ампутированной конечности)». [1] Вот именно, конечность ампутирована, а воспринимается существующей. Налицо мы имеем психическое явление. Поэтому при анализе фантомов мы будем обращаться к психологии.

Согласно теории Большого взрыва (в дальнейшем – БВ), Вселенная в момент образования была в чрезвычайно плотном и горячем состоянии, называемом космологической сингулярностью. Однако, становление этой теории шло через накопление противоречий. Всё началось с необходимости объяснения «красного смещения», под которым понимается смещение полос в спектрах удалённых от нас галактик. Спектры смещаются в красную сторону тем сильнее, чем быстрее от нас удаляется излучатель – своеобразный эффект Доплера. Почему своеобразный? Потому, что в земных условиях он проверялся в опытах со звуковыми волнами, распространявшимися в звукопроводящей среде. На основании этих опытов было сделано заключение, что эффект Доплера наблюдается одновременно с изменением скорости распространения звуковых волн в зависимости от систем отсчёта, а также в случае со световыми волнами выдвигается гипотеза о светопроводящей среде – эфире. Однако опыт Майкельсона, если его не ставить под сомнение, хоть он ни разу не проверялся учёными в других лабораториях, отрицает зависимость скорости света от системы отсчёта и одно-

временно ставится под сомнение теория эфира. Однако одновременно возникают новые противоречия: своеобразный эффект Доплера есть, а зависимости скорости света от систем отсчёта нет. Кстати, последнее утверждение современными учёными ставится под сомнение. [2] Таким образом, вместо одной проблемы появилось две. При дальнейшем развитии теории БВ объём проблем рос как снежный ком. Если части разлетаются от взрыва, то откуда взялась энергия взрыва? В противном случае будет нарушение закона сохранения энергии. Если разбегание частей происходит в результате их отталкивания, то что их заставило сблизиться друг с другом ранее? В противном случае будет нарушение закона действия и противодействия. Против теории БВ выступает факт – нет ни одного природного взрыва, после которого наблюдалась структуризация, наоборот, взрыв – порождает деструктуризацию. Перечисление противоречий можно продолжать бесконечно. Почему же существует теория БВ? Этот вопрос скорее психологический. Теория БВ в действительности превратилась в фантом, который порождает другие фантомы. Например, Большой андронный коллайдер (в дальнейшем БАК).

Главной задачей БАКа стало обнаружение и доказательство существования бозона Хиггса. Предполагается, что бозон Хиггса сыграл основную роль в механизме, посредством которого некоторые частицы во время БВ приобрели массу, а другие остались безмассовыми. Фактически создание БАКа служит устранению основных противоречий БВ, выражающихся в нарушении основных законов механики – законов сохранения импульса, кинетического момента, кинетической энергии, в основе которых лежит понятие «масса». При запуске БАКа были обнаружены неполадки, но подача информации напоминала PR-акцию с различными фобиями в виде микро-чёрных дыр, т.е. была ориентирована на психологию, и это подтверждает, что БАК – фантом.

Тунгусский феномен. 30 июня 1908 года около 7 часов утра над территорией бассейна Енисея с юго-востока на северо-запад пролетел большой огненный шар. Это закончилось взрывом на высоте 7—10 км над незаселённым районом тайги. Взрыв на Тунгуске был слышен за 800 км от эпицентра, взрывной волной было повалено 2100 км² леса. Вскоре после взрыва началась магнитная буря, продолжавшаяся 5 часов.

Для объяснения явления было выдвинуто несколько гипотез. Метеоритная гипотеза не нашла подтверждения наличием хоть каких-то обломков метеорита. Геофизическая гипотеза по убедительности доказательств, точнее неубедительности

доказательств приближается к техногенной гипотезе. Согласно этому мифу, в день наблюдения Тунгусского феномена Никола Tesla проводил опыт по передаче энергии «по воздуху», в результате чего был получен грандиозный взрыв. К Тунгусскому феномену Tesla конечно не причастен, но те эффекты, которые им были получены на огромном пространстве вокруг лаборатории, очень впечатляют. Это пример, как можно реальный факт превратить в фантом.

Более тщательному анализу подвергнут другой фантом, который можно назвать «Глобальное потепление». Внешняя, т.е. психологическая, убедительность этого фантома создана поддержкой Межгосударственной группы экспертов по изменению климата и национальными академиями наук стран «Большой восьмёрки». Однако исследования неангажированных учёных, что этот проект является надувательством в основном с политической целью.

Анализ проблемы в статье строится материалов на документальных фильмах, и это требует пояснения. В настоящее время изменилась система доказательства в науке. С одной стороны: решаемые наукой проблемы всё больше затрагивают всё общество, и поэтому научная дискуссия всё более выходит за рамки научного общества. С другой стороны изменились средства коммуникации в обществе.

В научном обществе систему доказательства какого-либо научного положения можно упрощённо представить как систему выстраивания последовательной цепи доказательств, и здесь близок по смыслу термин «научная **концепция**», т.е. опять объединённая **цепь**. При этом соседние элементы «цепи-концепции» часто близки настолько, что, если мысленно прокрутить их перед мысленным взором эту цепь, то возникает ощущение движения – своеобразный «эффект кино». «Эффект кино» - это психологический феномен, заключающийся в том, что, если перед глазами показать череду близких кадров, то возникает ощущение движения. Различие заключается в то, что в кино мелькание кадров приводит к возникновению нового ощущения – движения, а в научной «цепи-концепции» чередование звеньев приводит к появлению научного образа. Небольшое отступление. Научный образ можно понимать как неподвижную или движущуюся картину (может быть и фантом), или как часть картины мира (два русских слова «образ» и «обрезать» имеют общий корень). [2] В дальнейшем под научным образом будем подразумевать движущуюся картину.

Выходя за рамки научного общества, научная дискуссия изменяет систему доказательств. Формирование «цепи-концепции» заменяется формированием готового научного образа. Делается это

разными методами, но в основном средствами компьютерной анимации. Исходная научная система доказательств с использованными в ней элементами системы культуры в целом (и элементами кодирования в том числе) заменяется анимацией. Компьютерная анимация не подчинена законам научной системы доказательств. Это типичный фантом.

Компьютерная анимация близка к компьютерному моделированию. Компьютерная анимация, используя картины реальной природы, позволяет построить картины, которые в природе не наблюдаются. Так как исходные картины отражают реальность, воспринимаются реально, то полученные компьютером картины тоже создают ощущение реальности. Типичные фантомные ощущения. Компьютерное моделирование базируется на создании математических моделей, но математические модели – это всегда упрощение (говоря научно, аппроксимации). Компьютер только «обсчитывает» эту модель. Так как при аппроксимировании в математической модели отбрасываются некоторые связи между элементами исследуемой **реальной** системы, то в результате компьютерного «обсчёта» получается результат, имеющий к действительности только касательное (аппроксимированное) отношение. В этом отношении правы те эксперты, которые в документальном фильме фильм «Глобальное потепление. Глобальное надувательство» утверждают, что компьютерное моделирование не позволяет получать новые научные результаты. Это ещё один фантом.

Анализ появления и «жизни» фантомов показывает следующее. Научные теории, созданные для **частичного** решения конкретной научной проблемы, не исчезают после **частичного** решения задачи, а существуют, так как живут люди, их породившие. С другой стороны, как и любое явление, научные теории, являясь элементом вовлечения общества в какое-либо движение, усиливают свою инерционность. Общество на уровне сознания не может понять проблему и переводит на подсознательный уровень, т.е. на чисто психологический. Сказывается совпадение систем психологического кодирования в науке и обществе. Здесь начало превращения научной теории в фантом.

Литература

1. Советский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1985.
2. Чешев В.В. Три статьи о принципе относительности. // Томский научный центр СО АН СССР. Препринт 4, 1992.
3. Шевцов А.А. Введение в науку думать. СПб.: Тропа Троянова, 2008. – 488. – (Школа самознания)

МАТЕМАТИЗАЦИЯ ЗНАНИЙ И НАУЧНО ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

Еретина Т.А.

Научный руководитель: Степанов А.А., д.ф.н., профессор

Томский государственный педагогический университет, 634041, Россия, г. Томск, ул. Киевская, 60

E-mail: Eretinata@tspu.edu.ru

Современное техническое знание позволяет человеку частично заменить ручной труд на автоматизированный, благодаря новейшим технологиям производства, компьютеризации систем, робототехнике и т.д. Весь арсенал благ человеческой цивилизации существует благодаря рождению и развитию научно-технического знания, а также развитию инженерной деятельности.

Прежде чем прийти к взаимодействию научного знания и производства, и результату этого успешного сотрудничества – вытеснению ремесла и промышленному перевороту, развитию фабрично-заводской промышленности и научно-технической революции промышленности Нового времени должна была пройти несколько этапов в своём развитии. [1]

Основой зарождения промышленности Нового времени явились ремесленные средневековые цехи. Что такое цеховое ремесло, и каким образом оно привело к развитию промышленности? Средневековые цехи – объединения городских ремесленников одной или сходных специальностей, научные знания среди ремесленников отсутствуют, но при производстве изделий мастера следуют рецептурным указаниям, со ссылкой на происхождение исходного материала и пошаговым способом его обработки. Рецептурные указания являли собой труд и опыт многих поколений, и передавались исключительно путём личного общения, таким образом, передавались и общечеловеческие личные качества. Через личный контакт помимо шагов технических следовали также указания о том, что каждое изделие, прежде всего, должно быть «зачато в недрах разума». Слово «умение» в средние века означало слово «ars» - ремесло было тесно связано с искусством. А «artes» делились на «свободные» и «механические», где основным характерным различием было умение мыслить и умение делать. Многие цеховые тайны никогда не раскрывались, особенно, такие знания, как стереометрия (обтёска камней), проекционные методы. [3]

Уже с 11 века развитие ремесленного искусства постоянно сопровождалось прогрессом техники, а к началу 15 века распространяется в ремесленном деле водяное колесо верхнего боя и доменная печь, что приводит к ускоренному развитию металлургии и других ремесленных производств, но главное происходит процесс замены пергаментной бумаги на современную и распространение книгопечатания при помощи разборных литер. Это означало появление относительно дешёвых книг, более широкого распространения знаний, и что явилось нехарактерным для того времени – возможность передавать и получать знания, исключая личный контакт. [1]

Развитие технологий производства, а также повышение спроса на продукцию ремесленников привело к дроблению цехов по операциям, таким образом, единство мастера и вещи разрывается, что исключает развитие индивидуального творчества мастера. По этой причине к XIV-XV вв. происходит разделение ремёсел, появляются мастера - живописцы и архитекторы - работа которых, ориентирована на индивидуальное творчество.

В эту эпоху времени происходит разграничение природного, естественного и технического, что создаёт новую систему ценностных ориентаций на человеческую деятельность и способы познания мира: «возможность ставить природе теоретические вопросы и получать на них ответы путём активного преобразования объектов». С категорией «природа» возникли такие смыслы, как «пространство», «время». Эти категории отразились на науке и философии, но также и на развитии искусства «где возникает концепция живописи «окна в мир» и где доминирующей формой пространственной организации изображаемого становится линейная перспектива однородного евклидова пространства». Идеи однородности пространства и времени создавали предпосылки теоретического/математического описания природы и её экспериментального изучения. [2]

Живописец Италии эпохи Возрождения Пьетро дель-Борго, в своём сочинении от 1458 года пишет о перспективе в живописи, даёт научное определение перспективы как канонической проекции перспективы, а Альберти даёт способ практического построения перспективы посредством сетки, о различных правилах построений перспективных изображений пишет в своём «Трактате о живописи» Леонардо да-Винчи.

Практические требования в живописи развиваются как полноценный теоретический аппарат основ теории живописи – учение о перспективе. Теория линейной перспективы развивалась исключительно в области живописи, и не являлась разделом математики, несмотря на то, что имеет геометрическую основу. Так же отдельно развивался и метод ортогональных проекций, этот метод обширно использовался в архитектуре и строительстве. Перечисленные методы использовались некоторыми представителями своей эпохи в купе для решения задач, возникших, скажем при строительстве, но общих идей проектирования сформулировано так и не было.

Заложение базиса для идей проектирования началось с деятельности таких учёных, как Коперник, Тихо Браге, Кеплер, Галилей. Их научная деятельность привела к рассмотрению образа ми-

ра, Вселенной как математически структурированного часового механизма.

Последователем их учений стал Рене Декарт, а его метод, физика и метафизика определили программу исследования дальнейшего развития науки. Основа метафизики Декарта – идентичность материи и пространства – раскрывает устройство мира и метод это инструмент его изучения. В своих «Правилах для руководства ума» Декарт представляет перечень метод, наиболее интересными для нас являются методы анализа и синтеза – эти методы современная наука по сей день имеет в своём арсенале.

Представление об устройстве мира по образу механических часов позволяет Декарту рассматривать мир: во-первых, как объект геометрических доказательств, основанных на идее протяжённости, а во-вторых, как машину, он создаёт законы изучения этого материального мира, механизма.

Закон, согласно которому каждая вещь стремится двигаться по прямой является одним из важнейших законов Декарта. Таким образом, он упрощает изучение природы и унифицирует действительность, это упрощение является созданием теоретической модели познания мира. «Декарт видит возможность унификации на основе механических моделей с геометрической основой, ... это новое измерение эмпирической конкретности и рациональной очевидности...образуется новое единство опыта и разума, ...союз теоретического исследования и технического действия, оба опираются на одни и те же основы и ориентируются на практическое применение».

Видение мира как механизма и рождение новой программы исследования порождают «новые ментальные и языковые структуры с дерзкими интерпретативными моделями реальности, характеризующимися ... принятием чисто геометрических и механических элементов». Весь мир поддается математическому анализу и математика становится во главе наук. Современную математику породило применение алгебраических механизмов в геометрии «и изучение кривых, поверхностей, геометрических фигур». Центральной идеей аналитической геометрии стало получение пространственного выражения с любым числом для измерений посредством введения координат, это явилось созданием геометрии более высокого уровня, по сравнению с античной геометрией. Декарт в своей «Геометрии» поставил 2 цели, достижение которых было выполнимо при использовании координатного метода: «1. освободить геометрию от фигур с помощью алгебраических действий и 2. придать алгебраическим операциям значение геометрической интерпретации; перевести геометрическую проблему на язык алгебраического уравнения и после упрощения уравнения, насколько возможно, решить его геометрическим способом». [4]

Нельзя сказать, что Декарт полностью достиг поставленных целей, но многие учёные эпохи Ново-

го времени оказывали попытки объединить их по определённым общим принципам, правилам. Например, обобщить различного рода проекционные методы смог Дезарг, он дал свою теорию перспективных построений, и написал сочинения «Курс перспективы», «Общий способ практического построения перспективы», «О конических сечениях», но его способы специалистам было очень трудно понять и решить на практике сложные задачи посредством этих методов и способов.

Существовало много различных геометрических методов, и в течение долгого времени каждый из них развивался по своему пути исходя из практических потребностей той или иной области/специфики деятельности. Например, изобразить пространственную фигуру при помощи чертежа возможно было при помощи различных проекций, но каждый учёный делал это по своему и для этого производились сложные чертежи.

Весь этот материал собрал и смог не только обобщить, но и построить полноценную научную систему господин Гаспар Монж – создатель курса «Начертательной геометрии» (*Geometrie descriptive*), чем и реализовал поставленные цели Рене Декарта. Метод Монжа заключался в следующем: «пространственный объект проектируется ортогонально (т. е. перпендикулярами) на плоскость и так же проектируется на некоторую другую ей перпендикулярную плоскость, и затем одна из этих плоскостей поворачивается вокруг прямой пересечения этих плоскостей, пока не совместится с другой. В результате на одной и той же плоскости оказываются две различные проекции рассматриваемого объекта, по которым уже можно, методами Монжа, восстановить все размеры, углы и т. д., имеющиеся у данного пространственного объекта в натуре».

Это послужило написанием «Начертательной геометрии», которая в свою очередь явилась началом и основанием работ, позволивших Европе овладеть геометрическим направлением.

Практическая ценность данной работы заключается в том, что по чертежам, произведенным на основе этого метода, образец, модель или конструкторский чертёж может прочитать любой инженер, появляется возможность лёгкого и точного определения размера и истинного вида изображаемого объекта.

Особенностью «Начертательной геометрии» Монжа, является тот факт, что теперь численные измерения величин не играют существенной роли. Его геометрия перешла на качественно новый этап – создание математической модели, в которой исследуются системно-структурные свойства и отношения явлений. В настоящем «неметрические модели позволяют исследовать разнообразные структурные характеристики и отношения систем», т.е. произошёл процесс абстрагирования от «лишних» свойств и отношений вещей посредством математизации объекта. [5]

Суть математизации заключается в том, что сфера абстрактных объектов технической теории «работает» только на теоретическом уровне знаний, а на эмпирическом уровне знаний «работает» сфера конструктивных элементов реальных технических систем. «...Эмпирическое знание, как правило, констатирует качественные и количественные характеристики объектов и явлений», по этой причине, перевод системы из теоретического уровня на эмпирический (процедура аппроксимации) происходит приближённо, с помощью более простых функций и расчётных схем, по причине того, что точная аппроксимация приводит к сложным расчётным схемам, решение которых затруднительно и может привести к возникновению ошибок. [6]

Вообще же процесс математизации в рамках инженерной деятельности неизбежен, это можно наблюдать через указанный В.Г. Гороховым процесс формирования и развития технической теории:

1. происходит образование нового прикладного исследовательского направления и формирование частных теоретических схем;

2. развёртывание обобщенных теоретических схем и математизация теории;

3. адаптация схем к новому эмпирическому материалу

и таким образом формировались технические теории, обобщение схем которых привело к необходимости создания математизированной теории и неметрического направления математизации научного знания – созданию новых математических методов, выражению теоретических моделей графически или схематично посредством идеализации/модели объекта, где все операции с ним заменяются на математические действия и преобразования. [7]

Особенностью современного технического знания, является процесс математизации знания, который с помощью методов аналитической геометрии привёл от использования численных измерений величин (метрическое направление математизации) в естественнонаучном знании к абстрагированию и упрощению – неметрическому направлению (возникновение числовой модели, схематизации и методу аппроксимации) в техническом.

Таким образом, появилась возможность использовать в области техники достижения фундаментальной естественнонаучной теории - для решения тех или иных инженерных задач специалисту достаточно владеть научно-теоретическим техническим знанием, основанном на математизации теории и разрабатываемом в рамках технических наук.

Список литературы:

1. Д.Э. Харитонович. Ремесло. Цехи и миф / Город в средневековой цивилизации Западной Европы. Т. 2. М.: Наука, 1999. – С. 118-124
2. Абушенко В.Л. Интернет-ресурс.
3. Стёпин В.С. Теоретическое знание. М.: Прогресс-традиция, 2000. – 744 с.
4. Антисери Д., Реале Дж. Западная философия от истоков до наших дней. От Возрождения до Канта / В переводе и под ред. Мальцевой С.А. С-Петербург, Пневма, 2002. – 880 с.
5. Штанько В.И. Философия и методология науки. Харьков: ХНУРЭ, 2003. – 292 с.
6. Стёпин В.С., Горохов В.Г., Розов М.А. Философия науки и техники.
7. Власов В.А., Степанов А.А., Зольникова Л.М., Мойзес Б.Б. Основы научных исследований. Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2007. – 202 с.

СПИРАЛИ КАК ОСНОВОПОЛАГАЮЩЕЕ СВОЙСТВО МАТЕРИИ

Максимов С.В., Соколов А.П.

Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: iscanderaga@rambler.ru

Спирали (от греч. *Spiralia* – виток) – кривые, закручивающиеся вокруг точки на плоскости (плоские спирали), например архимедова спираль, или вокруг оси (пространственная спираль), например винтовая линия. [1]

Спираль повсеместно проявляется в нашей жизни в окружающей нас действительности - от

структуры генов до законов диалектики. Вселенная как бы положила начало символической, - она создала свой собственный символ, свою модель.

Еще Гете, который был не только великим поэтом, но и естествоиспытателем, считал спираль одним из характерных признаков всех организмов, проявлением самой сокровенной сущности жизни.

В биологии спираль – символ зарождения жизни. Характерной чертой строения живых организмов и их развития является спиральность. Спирально закручиваются усики растений, по спирали происходит рост ткани в стволах деревьев, по спирали расположены семечки в подсолнечнике, спиральные движения (нутации) наблюдаются при росте корней и побегов. Очевидно, в этом проявляется наследственность организации растений, а ее корни следует искать на клеточном и молекулярном уровнях.

Исследования показали, что движение протоплазмы в клетке часто спиральное. Рост клеток также может быть спиральным, как показал ученый Кастрелл. [2] В жидкой среде клетки встречаются спиральные нити волокон – цитонем. И, наконец, носители информации – молекулы ДНК – также скручены в спираль. Следует отметить, что термин «спираль» не отражает точно строение молекул ДНК; более правильно говорить о винтовом расположении полипептидных цепей в этой молекуле. В этом нередком смешении, всё-таки двух разных терминов, заключается некоторая сложность толкования «истинного смысла спирали»*.

Посмотрим на сосновую шишку. Чешуйки на ее поверхности расположены строго закономерно - по двум спиралям, которые пересекаются приблизительно под прямым углом. Число таких спиралей у сосновых шишек равно 8 и 13 или 13 и 21. Такие же спирали видны в поперечных разрезах почек; здесь числа спиралей относятся как числа 3/5, 5/8, 8/13. В корзинках подсолнечника семена также расположены по двум спиралям, их число составляет обычно 34 и 55, 55 и 89. Здесь мы видим закономерное сочетание чисел Фибоначчи, расположенных рядом: 2/3, 3/5, 5/8, 13/21 и т.д. Их отношение в пределе стремится к числу $j = 0,61803\dots$. Рассмотренную закономерность расположения листьев, чешуек, семян называют филлотаксисом.

Всю информацию, которую растение собрал за свою короткую жизнь, оно сжимает до точки, например, макового семени, обладающего колоссальной потенциальной энергией. Сжатие соответствует спирали цифры шесть, которая закручивается до точки. Перейдя в семя и приобретая новую энергию, оно приобретает и новые качества. Чаще всего человек питается семенами и плодами, так как они имеют качества, отличающиеся от остальной части растения. Еще семя отличается тем, что из этой точки по спирали коэффициента Фибоначчи в этих условиях жизни, символизируемой спиралью цифры девять, раскручивается новая жизнь – растение, обладающее качествами, отличающимися от семени. [3]

Цифры шесть и девять пишутся одинаково, вычерчивая спираль коэффициента Фибоначчи

(или золотого сечения), отражающего математический закон развития; они едины и соответствуют друг другу, но имеют противоположную направленность: справа на лево и слева направо или по часовой и против часовой стрелки. Если шесть символизирует процесс инволюции, то девять противоположный ей процесс – эволюции.

Эту особенность и различие очень давно заметили люди. Во многих культурах присутствует, как один из основных символов, свастика. Закручивающаяся по часовой стрелке спираль-свастика «говорила» о развитии, символизировала солнце, а значит торжество новой жизни; закрученная же против часов часто символизировала увядание, луну, темноту...

Это говорит о том, что значение свастики гораздо глубже, чем общепринятое, а восприятие свастики и подобных символов как "фашистских" абсолютно нелогично и противоречит конкретным историческим фактам - разве может разъединять то, что является общим? Разве может символ удачи нести насилие, а символ вечного круговорота - смерть?

Нет сомнений, что наследственная спиральность является одним из основных свойств организмов, она отражает один из существенных признаков живого. [4] На первый взгляд, кажется, что в кристаллах неорганических веществ спиральность или винтовая структура отсутствуют. Однако более глубокие исследования показали, что винтовое расположение атомов наблюдается и в некоторых кристаллах и выражается в образовании так называемых винтовых дислокаций. Такие кристаллы состоят из единственной винтообразной изогнутой атомной плоскости. При каждом обороте вокруг оси эта плоскость поднимается на один шаг винта, равный межатомному расстоянию.

Все эти проявления спирали нельзя считать совпадением. Вообще в науке такого термина существовать не может. К чему же можно приурочить все эти «факты» окружающего нас мира?

Асимметрия - характерный признак спирали, Золотой пропорции, ряда чисел Фибоначчи, иррациональных понятий и т.д. и т.п. Сила эволюции, гармония Вселенной, заложены в асимметрии окружающего мира. Поэтому, асимметрия присущая живым системам, не ошибка Природы, не случайный феномен, а закономерное свойство. Равновесие и сбалансированность - враг эволюции.

Вспомним различие между винтовым расположением элементарных единиц собранных в цепь (пример ДНК) и спиралью. Спираль обладает асимметрией, что и определяет её свойство развития или эволюции, увядания – инволюции, т.е. движения. А «ДНК»? - она симметрична, она

лишь кладезь, носитель информации и никаких двигающих тенденций в себе не несёт.

Кстати, наблюдательные психологи-физиономисты, врачи, подметили интересную особенность человеческого лица (невольно вспоминаются «Фаталисты» «Героя нашего времени» М.Ю.Лермонтова). Оно асимметрично, в принципе. Но не это вызывает интерес. Странно, что асимметричность его, с годами исчезает. Фотографируя человека, в разные годы, и анализируя фотографии лица, они пришли к выводу, что при старении организма, асимметричность пропадает, переходит в симметричность. Таким образом, интерполируя, можно точно предсказать дату смерти. Перед смертью, лицо человека становится полностью симметричным[5].

Идеи симметрии и асимметрии в отдельных её проявлениях и во Вселенной в целом не менее интересны и обсуждаемы, так же как и спираль.

При анализе распространённости спиралей в природе следует обратить внимание на следующее обстоятельство. С одной стороны спираль символизирует движение, и об этом уже было сказано. С другой стороны вид спирали приобретают уже зафиксированные (остановленные) формы природных объектов. Внешнее сходство картины движения объектов и остановленный форм природы говорит о возможном сходстве законов их образования. Однако на пути постулирования аналогии между тем и другим могут быть ошибки. Например, спирали встречаются чаще в живой природе, чем в неживой. Кроме того, неживая природа часто имеет кристаллическую структуру, чего нельзя сказать о живой природе. Вместе с тем, понятие кристалл в настоящее время расширено. От понятия кристалл, как упорядоченной структуры со строгими математическими соотношениями и прямолинейными формами, перешли к понятию, в котором есть место жидким кристаллам, для которых прямолинейные формы не приемлемы. В расширенное понятие кристалл можно внести нанотрубки. Нанотрубка – сложное образование самоорганизующейся природы. Проводившиеся исследования соединения этих трубок пока-

зали их внешнюю схожесть с соединениями нейронов в мозгу человека[6]. Этот пример указывает на то, что между живой и неживой природой становится всё больше общих точек соприкосновения. И в этом случае визуальная схожесть подсказывает направление научного поиска.

Другая ситуация в исследовании законов построения костной ткани. Микроскопия ткани кости, несущей осевую нагрузку, например берцовой кости, показала, что костная ткань вытягивается вдоль линий, образуя картину, напоминающую части телебашни В.Г.Сухова, линии в которой прямые, но визуально воспринимаются как винтовые. Сама же башня воспринимается как пирамида из параболоидов вращения.

Природные формы, особенно живой природы, трудно описывать математически. На отдельных участках эти формы приближаются к одним поверхностям, а на других участках к другим поверхностям.

Спираль присуща живой и неживой природе, и о спирали можно говорить как о материи. Движение – форма проявления материи, и движение осуществляется по спирали

Между живой и неживой природой выявляется всё больше связей. Поэтому спиральная форма связи будет выявляться всё чаще, и это ещё одно направление научного поиска.

Литература

1. Советский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1985.
2. Линник Ю. Прозрачность. – М.: Наука, 1980. – 98 с.
3. Яблоков А. Мир эволюции. М.: Наука, 1985. – 279 с.
4. <http://technomag.edu.ru/doc/70254.html>
5. Адабашев И.И. Трагедия или гармония? – М.: Мир, 1973. – 127 с.
6. Мальцев П.П. Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника. – М.: Техносфера, 2006. -152с.

МЕТАФОРЫ МАГИИ В КОНЦЕПЦИЯХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА

Степанов А.А., Зольникова Л.М., Мойзес Б.Б.

Томский государственный педагогический университет, Томский политехнический университет

Настоящая работа является продолжением статьи «Концепции творчества и метафоры рождения» [1], поэтому напомним исходные постулаты нашего подхода: 1) наиболее широкое определение творчества утверждает, что это процесс создания нового; 2) в различное время в европейской культуре процессы возникновения нового связывались с рождением, магией (колдовством), подражательной деятельностью (концепция мимезиса), эманацией, божественной креативностью, прогрессом, эволюцией, развитием и субъективной деятельностью; 3) неотрефлексированность этих различных по сущности процессов приводит к существованию современного многообразия некогерентных теорий творчества. В указанной статье [1] был произведен анализ процесса рождения и эксплицированы элементы этого процесса в современных теориях творчества. Аналогичную работу мы постараемся провести в отношении магии.

Значение слова магия (лат. *magia*, от греч. *μαγικός*) аналогична славянскому слову «волшба», и русскому «волшебство». Касаясь определения понятия «магия», необходимо отметить его полисемантическую. Так Г.Е. Марков считает, что «магия – символическое действие или бездействие, направленные на достижение определённой цели сверхъестественным путём» [2]; философский словарь под редакцией И.Т. Фролова утверждает, что «магия – одна из форм первобытной религии...» [3]; Леви-Брюль понимал магию как специфическую форму мышления [4]; И.Т. Касавин назвал магию таинственной способностью «уметь воздействовать на вещи и людей, даже на «демонов» и «духов», не прибегая к помощи естественных средств» [5] и т.п.

С наукой и техническим творчеством магию роднит определение, данное этому понятию Дж. Дж. Фрезером: «... Магия является искаженной системой природных законов и ложным руководящим принципом поведения; это одновременно и ложная наука, и бесплодное искусство» [6]. Магию как первобытную технику рассматривал Бронислав Малиновский [7], а также многие современные исследователи в области истории и философии науки отмечают генетическую связь между магией и экспериментальной наукой настоящего [см., например 8].

В отечественной философии взаимосвязь магии и творчества наиболее концептуально представлена В.С. Соловьевым. В своей работе «Философские начала цельного знания» он представил творчество как одну из трех сфер «общечеловеческого организма» [9, с.153]. Кроме творчества в состав этого организма входят сферы знания и практической деятельности (практическая деятельность понималась В.С. Соловьевым как формы социальной ор-

ганизации: церковь, государство, земство). Каждая из трех сфер в своем развитии, согласно В.С. Соловьеву, проходит три этапа или ступени развития: абсолютную, формальную и материальную. Абсолютной ступени развития сферы творчества соответствует магия («мистика»), формальной – художественное искусство, а материальной – техническое творчество («техническое искусство»). Конечной целью развития сферы творчества является синтез выше перечисленных этапов в «одно мистическое творчество, или теургию».

Теургия (греч. *Θεός* – «бог, божество» и греч. *Ἔργα* – «обряд, священнодействие, жертвоприношение») – магическое «искусство» воздействовать на божества, духов, или демонов для исполнения собственных желаний. Под теургией следует понимать осмысленный и интерпретированный философией, а, следовательно, и некоторым образом рационализированный уровень магии; это философская теория по поводу сущности магии. Теургия возникла в рамках неоплатонизма и наиболее развита в трудах Ямвлиха. Однако истолкование природы магии восходит к Платону. Так в «Пире» (202e - 203a) Сократ, спрашивая Диотиму о назначении демонов (или гениев, одним из которых является Эрот), слышит следующий ответ: «Быть истолкователями и посредниками между людьми и богами, передавая богам молитвы и жертвы людей, а людям наказания богов и вознаграждения за жертвы. Пребывая посредине, они заполняют промежуток между теми и другими, так что вселенная связана внутренней связью. Благодаря им возможны всякие прорицания, жреческое искусство и вообще все, что относится к жертвоприношениям, таинствам, заклинаниям, пророчествам и чародейству».

В этом отрывке интересно не только содержание, но и перевод. Во одних переводах «среднее между бессмертными и смертными» называют демонами, а в других – гениями [см., например 10]. Гений в «древнеримской мифологии: дух – покровитель человека, позже – вообще олицетворение добрых или злых сил» [11, с. 128]. В современной литературе гением принято называть высшую творческую способность. Еще Гегель писал, что «гений есть всеобщая способность к созданию подлинных художественных произведений, равно как и энергия, благодаря которой он развивает и упражняет эту способность» [12, с. 294]. Таким образом, даже на уровне тезауруса и лингвистики вырисовывается взаимосвязь между творческим и магическим. Неслучайно многие мыслители, которые высказывались по поводу гениальности, отмечали сверхъестественные, таинственные, магические черты этого качества [см., например: 13, с. 22-36].

Мистико-магический характер имеет и слово «вдохновение», широко используемое для описания процесса творчества. Вдохновиться означает проникнуться, впустить или вдохнуть в себя нечто, что не присутствует в обыденном состоянии. С точки зрения В.С. Соловьева, именно вдохновение – общий источник магического, художественного и технического творчества [9, с.174].

Вообще для религиозно-философской традиции в русской философии было типичным соотносить, а иногда и отождествлять творчество и магию, понимаемую как теургия. Характерным примером может послужить Н.А. Бердяев. В главе X «Творчество и красота. Искусство и теургия» своей знаменитой работы «Смысл творчества» Бердяев пишет: «Теургия – искусство, творящее иной мир, иное бытие, иную жизнь, красоту как сущее. Теургия преодолевает трагедию творчества, направляет творческую энергию на жизнь новую. В теургии слово становится плотью» [14].

От демонстрации исторической, лингвистической и феноменальной общности магии и научно-технического творчества перейдем к структурному сравнению этих процессов. В качестве одного из видов научно-технического творчества возьмем инженерную деятельность (изобретательство). Она предполагает: «а) выделение и изучение в естественной или технической науке природных процессов, обещающих практический эффект, б) разработку с использованием инженерных знаний и схем конструкций, обеспечивающих запуск и действие выделенных природных процессов, в) реализацию в материале нащупанных конструктивных решений и отладку полученных инженерных изделий или сооружений» [15, с.51.]. Другими словами, инженер (субъект творческого процесса) ищет природный закон (1), который можно использовать для достижения собственных целей; далее он ищет средства воздействия или способы «соединения» собственной цели и природного закона (2); и практически реализует найденные решения в действии (3). Аналогична и деятельность мага: (1) маг выбирает (ищет) природную силу (гения, духа и т.п.); (2) ищет способ воздействия (заклинание, молитва, жертвоприношение и т.п.) на эту силу; (3) практически реализует (колдует).

Инженерная деятельность основана на вере (или знании), что в природе существуют силы, которые можно использовать на благо (или во вред) человеку. Та же самая вера (или знание) лежит в основе магии: «В природе существует сила, совершенно иначе могущественная, чем пар; благодаря этой силе, человек, который сможет завладеть и управлять ею, будет в состоянии разрушить и изменить лицо мира» [16].

Чем примитивнее народ, практикующий магию, тем натуралистичнее представление об этой «природной силе». Так Леви-Брюль приводит любопытный факт: «В Аляском округе Иркутской губернии буряты при опасном заболевании ребенка

думают, что его макушка поедается маленьким зверьком, анокхой, имеющим облик крота или кошки; никто, кроме шамана, не в состоянии видеть этого зверька» [4, с.50]. Современные маги и колдуны говорят об этой силе как об энергии, используя тезаурус современной науки.

Идея «завладеть и управлять» природными силами была заимствована зарождающейся наукой Возрождения и Нового времени из магических учений неоплатонизма, герметизма и Каббалы. Отсюда следует и учение о могуществе человека. Так П.П. Гайденко пишет: «...Эти течения изменили общемировоззренческую установку сознания: они создали образ Человека-Бога, способного не только до конца познавать природу, но и магически воздействовать на нее, преобразовывать ее в соответствии со своими интересами и целями. Ослабив сознание человеческой греховности, герметизм сократил дистанцию между трансцендентным Богом и тварным миром, с одной стороны, Богом и человеком - с другой» [8, с.59].

Представляет интерес и анализ качеств, какими должен обладать маг и ученый. «Цари науки – жрецы истины ... это люди, познавшие истину, и истина сделала их свободными; Человек, любящий свои идеи и боящийся их потерять, пугающийся новых истин и не расположенный скорее сомневаться во всем, чем допустить что-нибудь случайно, – должен закрыть эту книгу; Ум и воля человека – инструменты неисчислимого значения и силы» [16] – это высказывание не об ученых, это качества необходимые, с точки зрения Эфиаса Леви, магам.

Существует связь теории магии с учением о творчестве как биологическом рождении. Так Элифас Леви пишет: «Творческий принцип – идеальный фаллос, и принцип созданный – формальный ктеис. ... Итак, что такое творенье? – Это дом Слова-творца. Что такое ктеис? – Это дом фаллоса. Какова природа деятельного принципа? Пролить. Какова природа принципа пассивного? – Собрать и оплодотворять» [16].

Заканчивая статью о взаимосвязи магии и научно-технического творчества необходимо вспомнить «отца» кибернетики Норберта Винера, который в своей последней книге «Творец и робот», рассматривая проблему самообучающихся и «размножающихся» машин, проводил аналогии как с биологическим размножением, так и с магией. В постскрипуме этой книги Н. Винер написал: «И ВОТ Я ПЕРЕЧИТАЛ эти очерки, объединенные одной внутренней темой творческой активности - от Творца до машины, - написанные под одним углом зрения. Машина, как я уже сказал, - это современный двойник Голема, созданного некогда пражским раввином. ... я не думаю, что я превысил пределы общепринятой авторской свободы, назвав эту книгу «God and Golem, Inc.»» [17].

Литература

1. Степанов А.А., Зольникова Л.М., Мойзес Б.Б. Концепция творчества и метафоры рождения // XV Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии» / Сборник трудов в 3-х томах. Т. 3. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – С. 579-583
2. Марков Г.Е., Религиозные верования. Предполагаемый генезис и история [http: \[Электронный ресурс\]](http://www.ethonet.ru/lib/0503-02.html). – Режим доступа: www.ethonet.ru/lib/0503-02.html
3. Философский словарь / Под ред. И.Т. Фролова. – 6-е изд. – М.: Политиздат, 1991. – С. 236.
4. Леви-Брюль Люсьен. Сверхъестественное в первобытном мышлении. – М.: Педагогика-Пресс, 1994. – 608 с.
5. Касавин И.Т. Магия // Философия: Энциклопедический словарь / Под ред. А.А. Ивина. – М.: Гардарики, 2004. – 1072 с.
6. Фрезер Джеймс Джордж, Золотая ветвь. Исследование магии и религии. Перевод М.К. Рыклина. М.: Политиздат, 1980
7. Бронислав Малиновский. Магия, наука и религия. Пер. с англ. — М.: «Рефл-бук», 1998. — 304 с.
8. Философско-религиозные истоки науки. Сб. ст. под ред. П.П. Гайденко. – М.: Мартис, 1997. – 320 с.
9. Соловьев В.С. Философские начала цельного знания // Соловьев В.С. Сочинения в 2-х т. – М.: «Мысль», 1988. Т. 2. – С. 140-288.
10. Платон. Пир [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http: // www. philosophy.ru/ library/ plato/pir.html](http://www.philosophy.ru/library/plato/pir.html)
11. Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка. М.: Азбуковник, 1999. – 944 с.
12. Гегель Г.-В.-Ф. Эстетика. В 4-х т. Т.1. – М., 1968.
13. Гончаренко В.Н. Гений в искусстве и науке. – М.: Искусство, 1991. – 432 с.
14. Бердяев Н.А. Смысл творчества. Опыт оправдания человека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vehi.net/berdyayev/10.html>
15. Традиционная и современная технология: (филос.-методол. анализ). – М.: ИФ РАН, 1998. – 213 с.
16. Элифас Леви. Учение и ритуал высшей магии. Т.1. Учение. / Пер. А. Александрова (Dogme et Rituel de la haute Magie. Paris: Germer-Bailliere, 1856). – Санкт-Петербург, 1910 //
17. Винер Н. Творец и робот (The M.I.T. PRESS Massachusetts Institute Of Technology Cambridge, Massachusetts) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sunhome.ru/books/b.tvorec_i_robot.

СОЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

Штер К.А.

Научный руководитель: Степанов А.А., д.ф.н., профессор

Томский государственный педагогический университет, 634061, Россия, г. Томск, ул. Киевская, 60а

E-mail: Phoelix@yandex.ru

В современном обществе информационные технологии занимают все больше пространства, проникают во все процессы, помогая им развиваться, являясь неотъемлемым средством предоставления, обмена и анализа информации. И на территории нашего государства, в экономически развитых регионах, каждый второй житель имеет свободный доступ к сети Интернет, что не может не свидетельствовать о развитии информационных сетей в России. Активно ведутся разработки по дальнейшему внедрению информационных технологий в Регионы. На государственном уровне принимаются решения по внедрению технологий “электронного правительства”. В планах введение социального портала на основе Интернет технологий, который мог бы облегчить и поднять эффективность работы

социальных служб. В предыдущем году была опробована электронная система голосования, а программа внутренняя программа центр избиркома функционирует уже несколько лет. Все это свидетельствует о том, что мировая паутина, окутывает граждан России очень и очень стремительно и теперь можно наблюдать, как она становится одним из главных механизмов в социальных технологиях. Разумеется, утверждение о том, что в ближайшие 10 лет Интернет может стать одним из доминирующих механизмов в этой сфере будет крайне опрометчиво, но то, что с каждым годом сеть набирает все большие очки спорить бесполезно.

Поскольку было определено, что сеть Интернет является одним из механизмов социальных технологий, необходимо прояснить, что можно

понимать под этим понятием, как можно его определить. Понятие социальная технология слишком объемно, но допустим следующее определение, которое в широком смысле объективно описывает данное понятие – определенных алгоритм методов и приемов, позволяющий добиваться нужных результатов во взаимодействии индивидов, и индивидов и общества. Существует множество видов социальных технологий: экономический, политический, управленческий, социальный и другие. Наиболее интересный и наиболее прогрессивный вид социальных технологий в российском Интернет пространстве – политический.

Очевидно, что основная работа, в этой сфере, возложена на более привычные и более доступные средства СМИ, такие как: радио, телевидение и газеты. Но тут возникает дискуссионный вопрос об отнесении Интернета к числу средств массовой коммуникации. Именно Интернет сегодня является, с одной стороны, наиболее динамично развивающейся, а с другой - наименее изученной формой массовой коммуникации. Интернет - глобальная социально-информационная сеть, предназначенная для удовлетворения информационно-коммуникационных потребностей индивидов и групп посредством использования телекоммуникационных технологий. Как представляется, в предложенной дефиниции отражены следующие отличительные признаки Интернета:

1. социально-коммуникационная сущность сети, обусловленная коммуникационно-пространственной и коммуникационно-временной функциями, то есть способностью обеспечивать движение информации в пространстве и времени
2. предназначенность для удовлетворения информационно-коммуникационных потребностей индивидов и социальных групп, обусловленных их стремлением к социализации и самореализации
3. вхождение в систему электронной коммуникации благодаря использованию компьютерной базы и телекоммуникационных технологий
4. Глобальные масштабы. [3]

Для Интернета характерны в той или иной степени все характеристики, приведенные в теоретической модели системы средств массовой коммуникации Г. Гербнера:

1. Средства массовой коммуникации включают в себя дистанционные способы передачи информации, максимально доступные аудитории. Эта доступность может быть рассмотрена: в физическом смысле, когда информационная инфраструктура достигает необходимой насыщенности на всем ареале проживания аудитории; в экономическом смысле - потребление информации финансово доступно самым широким массам населения.
2. Информация адресуется большим массивам разрозненной и анонимной для источника аудитории.
3. Система функционирует как производство, под-

чиняющееся основным законам бизнеса; как корпоративное производство со своими социальными целями; как конвейерное производство с максимальным разделением труда, где каждый участник имеет узкую специализацию и в малой степени определяет выходные параметры готового продукта.

4. Источником информации для системы средств массовой коммуникации является не личность, а формальная организация со своими стандартами качества продукции и профессиональными требованиями к работникам.
5. Производство информации в системе сложно технологически.
6. Для аудитории средств массовой коммуникации характерна черта, которую можно определить как устойчивость, регулярность отношений.
7. Взаимоотношения информационного продукта и потребителя подчиняются законам рынка, где происходит обмен продукта на деньги и внимание потребителя.[1]

На данном примере можно сделать вывод, что имеются все основания для отнесения Интернета к числу средств массовой информации. Однако к этому числу можно отнести не всю глобальную систему, а лишь ту часть ресурсов, посредством которой распространяется массовая оперативная информация.

Действующее российское законодательство о средствах массовой информации не противоречит отнесению Интернета к числу средств массовой информации, хотя и далеко от совершенства в плане регулирования отношений в массово-коммуникационной сфере, в частности, в Интернете. Ведь оттого, что какое-либо средство не является средством массовой информации (коммуникации) согласно законодательству, оно не перестает функционировать в соответствии с объективными научными (не юридическими) законами, описывающими массово-коммуникационные процессы. В полной мере относится это мнение и к Интернету.

Итак, поверхностный теоретический анализ показал, что имеются все основания для отнесения Интернета к числу средств массовой информации. Являясь средством массовой коммуникации, Интернет в то же время играет особую роль в формировании новой информационной культуры, становлении новейших диалоговых форм общения с аудиторией. Интернету, как средству массовой коммуникации, свойственны следующие особенности:

1. Отсутствие централизованной организационной структуры. Отсутствие в Сети цензуры и распространение в ней информации случайным образом.
2. Высокая скорость распространения информации.
3. Запущенное сообщение распространяется самостоятельно.
4. Возможность фокусировать воздействие на конкретную узкопрофильную целевую аудиторию,

в которой заинтересована организация. Обобщая данные разных исследований по изучению Интернет-аудиторий, большой процент аудитории Интернета составляют активные слои населения, которые участвуют в процессе принятия решений.

5. Коммуникация в Интернете интерактивна. Возможность вступать в прямой диалог с аудиторией, обратной связи, адекватно анализировать сложившуюся ситуацию и своевременно реагировать в случае необходимости.

6. Интернет — это глобальный виртуальный электронный рынок, не имеющий каких-либо территориальных или временных ограничений. Здесь может быть размещено сколько угодно много информации, объем которой не будет ограничен рамками эфирного времени передачи или количеством печатных знаков.[4]

Итак, определив сеть Интернет, как отдельное стоящее, уникальное и не до конца исследованное СМИ, необходимо остановиться на конкретном виде социальных технологий, виде, реализуемый в политической сфере общественной жизни, используемый на площадках российского Интернет пространства. Здесь Интернет, как канал СМИ, будет интересен по следующим причинам. Во-первых, в сложившейся политической ситуации в стране, когда доступ к СМИ со стороны оппозиционных политических структур и неподконтрольных общественных организаций достаточно сильно ограничен, площади Интернета становятся последней реальной возможностью массовой коммуникации. В сети мы реально можем наблюдать, немного позабытое в последнее время понятие, как плюрализм мнений. Во-вторых, достаточно давно обсуждается проблема обратной связи, именно в контексте политика и СМИ. Здесь подразумевается следующее, что информация идеологического характера направлена на перцепиента, но он реально не может вести двустороннюю коммуникацию. Эта проблема поднимается еще в работе Ж. Бодриера “Реквием по масс-медиа”. Проблема закрытости и отсутствия обратной связи у Бодриера ставится еще жестче: таким образом, вся современная архитектура масс-медиа основывается на этом нашем последнем определении: они являют собой то, что навсегда запрещает ответ, что делает невозможным процесс обмена (разве только в формах симуляции ответа, которые сами оказываются интегрированными в процесс передачи информации, что, однако, ничего не меняет в односторонности коммуникации). Именно в этом — их подлинная абстракция. И именно на этой абстракции основывается система социального контроля и власти.[2] И именно Интернет реально дает возможность двусторонней связи. У этой медали, правда, то же существует обратная сторона, ведь что касается Интернет общения, не всегда с полной уверенностью можно заявить, что направленный вами запрос был обработан непосредственным адресантом. Примером могут являться популярные блоги высокопоставленных чиновников, в которых они размещают информацию о себе, а народ в ответ

может оставлять комментарии и задавать вопросы, на которые, кстати, часто получают ответы, но нет уверенности, что их пишут те люди.

Затронутая тема Интернет блогов, на сегодняшний день является чуть ли не одной из самых популярных политических социальных технологий в сети. Во-первых, Интернет поле молодых, социально активных людей, а эта часть электората, к сожалению, не всегда является активными избирателями, можно сказать больше, именно для этих социально-демографических групп характерно развитие абсентеизма. А политик, свободно и активно пользующийся сетью Интернет, не ассоциируется с консерватизмом, который на сегодняшний день является основной идеологической линией правящей партии. Следующим важным мотивом создания данных блогов может являться решение именно той проблемы односторонности СМИ, которая была затронута выше. И совершенно не важно кто будет отвечать, специально обученный человек или же непосредственный адресант, главное, что основная задача по формированию образа открытого, отзывчивого и самое главное доступного политика будет решена, цель будет достигнута. Здесь вырисовывается своеобразная модель, алгоритм политических социальных технологий, выглядит он примерно следующим образом:

1. привлечение внимания
2. информирование
3. изменение поведения людей

Важнейшим шагом на пути сближения политической сферы, в России всегда закрытой и консервативной, с сетью Интернет, стало повальное открытие Интернет ресурсов администраций, а так же органов представительной власти самых различных уровней. Данное стремление представлять себя в сети является огромным и тщательно проработанным планом. Дается толчок для развития самой сети Интернет, ведь поставленная задача повсеместной компьютеризации, информатизации до конца так и не была выполнена. Схожий с блогами плюс мы наблюдаем и в этой ситуации, власть становится открытой и более близко к своим гражданам. Свой Интернет ресурс дает различным уровням власти отличную возможность за совершенно минимальные затраты иметь постоянный контакт с избирателями, что является совершенно необходимым для людей занимающих выборные должности. Наличие официального ресурса, дает так же возможность пользоваться всеми достижениями современных информационных технологий. Коммуникация в сети Интернет интерактивна, что дает возможность вести диалог в режиме реального времени с разными точками страны, что несомненно привлекает наибольший интерес, а так же формирует положительное мнение о политической единице. Каждый, несмотря на его географическое местонахождение на территории страны, одинаково интересен и важен.

Интернет форумы так же оказываются в центре внимания технологов, когда этого требует ситуация. Весной 2009 года, в городе Томске проходили выборы мэра, была достаточно серьезная борьба, по результатам социологических исследований два кандидата шли с разницей менее 5%. Автором, как активным пользова-

телем Интернет, было проведено интересное наблюдение. В ходе избирательной кампании, в разделе “Политика”, любого из томских форумов десятка самых активных тем касалась предстоящих выборов, это при том, что основная масса посетителей молодежь, а ведь по данным большинства российских социологов, молодежь в большинстве своем индифферентна к политическим процессам. Применение технологии, которая давно уже используется в рекламе товаров, раскрутке новых фильмов, просто для привлечения внимания к нужному товару. Специально подготовленные люди начинали создавать определенный дискурс в сети. Сначала действие происходило достаточно ненавязчиво, а далее все как в выше указанной схеме. Активно работающий профессиональный коллектив коммуникаторов, может достаточно сильно расшатать либерально настроенное и сплоченное Интернет сообщество. Существует и еще один мотив, когда просто необходимо привлечь молодежь к процессу. Ни одна избирательная кампания не проходит без социологического сопровождения, соответственно заранее известно какие социально-демографические группы вызывают интерес и должны по максимуму принять участие, а какие нет.

Таким образом, можно как повышением активности, так и снижением явки решать свои задачи. Таким образом, можно отметить, что политические социальные технологии в сети Интернете очень перспективное направление.

Список использованной литературы:

1. Gerber G. Mass Communication and Human Communication Theory // Dance F. (ed.). Human Communication Theory: Original Essays.-N.Y.: Holt, Rinehart and Winston, 1967.-331s.

2. Бодриар Ж. Реквием по масс-медиа // Поэтика и политика. Альманах Российско-французского центра социологии и философии Института социологии Российской Академии наук. - М.: Институт экспериментальной социологии, СПб., 1999.- С. 193-226

3. Журавлева, Е.Ю. К определению сети интернет / Е.Ю. Журавлева // Технологии информационного общества - интернет и современное общество: труды VII Всероссийской объединенной конференции. Санкт-Петербург, 10-12 ноября 2004 г.- СПб., 2004.- С. 8-10

4. Засурский Я.Н. Информационное общество, интернет и новые средства массовой информации // Информационное общество. - 2001. - № 2. - С. 24-27.

СЕКЦИЯ 14

**КРУГЛЫЙ СТОЛ «ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКОГО
ТВОРЧЕСТВА МОЛОДЕЖИ»**

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В СИСТЕМЕ ОРГАНИЗАЦИИ МОЛОДЕЖНОЙ НАУКИ

Зольникова Л.М., Мойзес Б.Б., Кайрова Н.Н.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: srw@tpu.ru

Эффективная организационно-управленческая деятельность в системе, как осуществление в ней цепи последовательных решений, направленных на организацию процессов, невозможна без информации, информационного обеспечения, информационных ресурсов. Такая ситуация предопределяется тем, что организационно-управленческая деятельность в своей сущности основана на информации, отражающей состояние управляемого объекта, окружающей среды, качества исполнения принятых организационно-управленческих решений.

В данном контексте под вышеперечисленными понятиями понимается:

- информация – сведения, необходимые для целенаправленного воздействия в системе организации молодежной науки на ее субъектов;
- информационное обеспечение – совокупность сведений, необходимых субъектам системы для эффективной деятельности и достижения максимально возможного целевого результата;
- информационные ресурсы – документы и пакеты документов, учебные, справочные, научные издания, базы данных и т. п.

Система организации молодежной науки Национального исследовательского Томского политехнического университета (НИ ТПУ) тому не исключение.

Задача создания информационных ресурсов ТПУ возложена в первую очередь на информационные системы, такие как, научно-техническая библиотека, банки данных, архивы, фонды и т. д.

Современные возможности позволяют иметь университету электронные источники информации на различных носителях, в том числе, электронные каталоги научно-технической библиотеки, библиографические базы данных на CD-ROM, электронные варианты реферативных журналов и т. п.

Свободный доступ через глобальную сеть Internet к виртуальным библиотекам, электронным базам данных, Internet-порталам, к электронной доставке документов обусловил качественно новый уровень информационного обеспечения.

Формирование информационного обеспечения системы организации молодежной науки в НИ ТПУ основано, прежде всего, на:

- производстве информации в виде результатов научных исследований, изобретений, открытий участниками научно-инновационной деятельности: молодыми исследователями и их научными руководителями;

- поиске, сборе и анализе информации, необходимой для организационно-управленческой деятельности в системе и включения полученного знания (результатов научно-инновационной деятельности) в структуру существующего;
- организации информационных потоков: определение потребителей и состава информации, тиражирование и адресное распространение информации соответствующим субъектам в соответствии с функциями и задачами в системе;
- перманентном контроле степени эффективности использования информации;
- хранении информации;
- обобщении теоретического и практического опыта в организации информационных потоков в системе молодежной науки.

Основой эффективного формирования информационных потоков является созданное в университете единое информационное пространство системы организации молодежной науки, как совокупности информационных пространств субъектов системы: молодых исследователей и их научных руководителей, должностных лиц и административных структурных подразделений в инфраструктуре системы организации молодежной науки. Сформированное информационное пространство позволяет субъектам системы проводить согласованную политику, направленную на развитие молодежной науки.

Заинтересованность в налаживании постоянных и оперативных каналов общения между субъектами, обмене и распространении информации в системе привела к укреплению коммуникационных связей, которые позволяют собирать и обрабатывать информацию в заранее определенных точках процесса организации молодежной науки, тем самым обеспечивая полноту, оптимальность, объективность, оперативность получения информации.

При этом основные каналы формирования информационного обеспечения в системе приведены на схеме (рис. 1).

Для оптимизации информационных потоков в ТПУ сформирована база данных талантливых молодых исследователей и их разработок. В данном случае информация о проводимых научных мероприятиях своевременно и непосредственно доставляется до конкретных учащихся, студентов, аспирантов и молодых ученых.

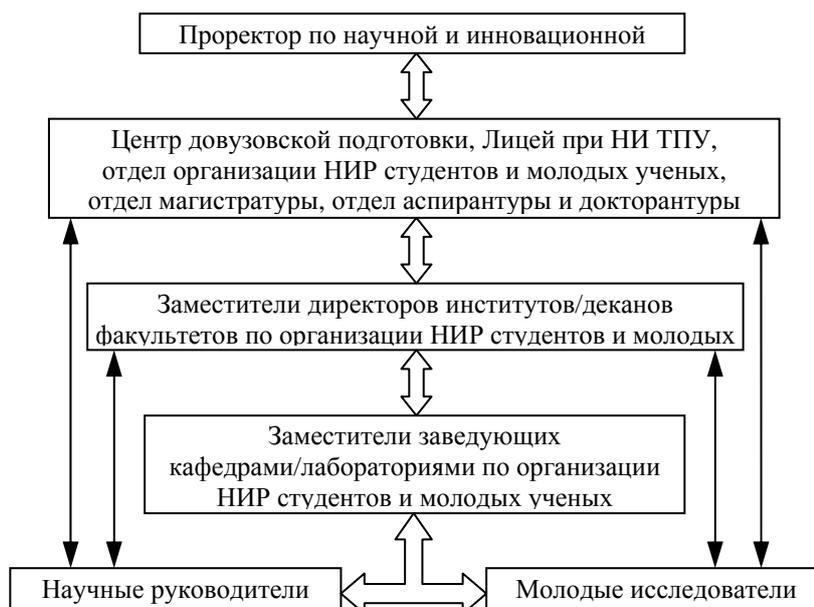


Рис. 1. Основные каналы формирования информационного обеспечения системы организации молодежной науки

Полнота информационного обеспечения обусловлена тем, что потребность в информации субъектов системы молодежной науки различна и определяется, прежде всего, решаемыми ими задачами, поэтому поиск и сбор информации осуществляется на каждом уровне информационной структуры.

Оптимальность информационных потоков, характеризуемая степенью содержания во всем объеме информации только необходимых сведений, достигается фильтрацией ненужных сведений выше- и нижерасположенными субъектами информационной структуры.

Объективности информационного обеспечения способствует перманентный сбор информации, отражающей состояние нижерасположенных «звеньев» организационно-управленческой структуры [1], внутреннего и внешнего научно-образовательного пространства, качества исполнения принятых ранее решений.

Оперативность обмена информацией достигается посредством применения современных компьютерных технологий, которые позволяют автоматизировать процессы сбора и хранения информации, обмена ею.

Автоматизированная информационная структура системы организации молодежной науки, построенная на базе единой информационной среды и корпоративной сети TPUNet, обеспечивает автоматизацию основных видов управленческой деятельности и доступ к информационным ресурсам университета.

Корпоративная сеть TPUNet объединяет все корпуса и большинство общежитий университета. Web-сайт НИ ТПУ (www.tpu.ru) содержит подробную и актуальную информацию о структуре и всех сферах деятельности

университета. На сайте размещены методические и организационные документы, итоговые отчеты о научной, образовательной и финансовой деятельности, рейтинги подразделений и другая важная информация.

Рабочие места всех организаторов молодежной науки оснащены современными средствами получения и обработки информации (персональными компьютерами, офисной техникой и т. п.). При этом организаторы имеют электронную почту, которая дает им возможность извлекать, предназначенные для них сообщения в удобное для них время, тиражировать и направлять данное сообщение далее заинтересованным лицам.

Степень эффективности использования информации обусловлена умением субъектов инфраструктуры молодежной науки:

- своевременно находить и квалифицированно использовать информацию, необходимую для успешного решения поставленных задач;
- формировать содержание информационных потоков с учетом концентрации внимания нижестоящих «звеньев» организационно-управленческой структуры на поставленных задачах;
- обеспечивать необходимую поддержку должностных лиц, функционирующих согласно иерархии управленческой пирамиды.

Список литературы

1. Организация и развитие молодежной науки в политехническом университете: монография. В 2 т. Т. I/Власов В.А., Л.М. Зольникова, Б.Б. Мойзес, А.А. Степанов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 220 с.

АКТИВНОЕ УЧАСТИЕ В НИР, КАК ОДНА ИЗ ОСНОВ УСПЕШНОЙ МОБИЛЬНОСТИ

Кайрова Н.Н., Зольникова Л.М., Мойзес Б.Б.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: natkair@tpu.ru

Мобильности студентов, аспирантов, преподавателей, научных сотрудников и административного персонала вузов в современных социально-экономических условиях придается важное значение. Мобильность позволяет ее участникам воспользоваться возможностями единого научно-образовательного пространства и способствует укреплению сотрудничества между различными учреждениями, что приводит к развитию:

- образовательных технологий и услуг;
- кадрового потенциала;
- рынка труда;
- конкурентоспособности университета.

Вышесказанное положительным образом влияет на повышение качества образования.

Понятие «мобильность», в первую очередь, рассматривается как академическая мобильность, т. е. возможность ее участникам продолжить образование либо обогатить свой научный опыт за рубежом путем участия в научно-образовательных программах.

Можно назвать различные критерии «отбора», позволяющие молодым людям быть «мобильными» в сфере научно-образовательной деятельности, из которых основными считаются:

- знание иностранных языков;
- академические достижения (успешная учеба, наличие публикаций и т. п.).

Для нас – организаторов молодежной науки Томского политехнического университета, мобильность – это также участие молодежи в российских и зарубежных научных мероприятиях, а именно, конференциях, конкурсах, стажировках.

Большое внимание уделяется, прежде всего, студенческой мобильности, так как их активное участие в НИР является основополагающим фактором становления молодого исследователя ученым. При этом участие студентов в выездных олимпиадах, являющихся показателем их успешного обучения в рамках определенной дисциплины, как мобильность нами не рассматривается.

Ежегодно в различных молодежных научных мероприятиях в России и за рубежом участвуют порядка 70-80 студентов Томского политехнического университета. При детальном анализе мобильных студентов выявляется следующая закономерность: у большинства из них хорошая либо отличная успеваемость, многие активно занимаются научно-исследовательской работой и, как следствие, являются участниками, лауреатами и дипломантами научных конкурсов и конференция различного уровня.

В связи с этим нас заинтересовал вопрос о возможном влиянии активного участия студентов в НИР на их мобильность в дальнейшем, в том числе и академическую.

Если говорить об активном участии студентов в научно-исследовательской работе, то индикатором данного вида деятельности для Томского политехнического университета может выступить их участие в ежегодном конкурсе «Лучший студент ТПУ». Только активное участие студентов в НИР с последующим представлением результатов своей исследовательской деятельности (в виде докладов на конференцию, публикаций, представления работ на конкурсы и т. п.) позволяет студенту добиться успеха в данном конкурсе. Конкурс «Лучший студент ТПУ» «ранжирует» студентов согласно набранному рейтингу по критериям успешности и результативности в образовательной, научной и общественной деятельности, а также уровню владения иностранными языками.

За время существования конкурса абсолютными победителями стали 10 студентов, лауреатами – 218, общее количество участников составило 658 человек.

Нами был проведен анализ мобильности студентов и студентов-лауреатов конкурса, который продемонстрировал активную мобильность последних притом, что ежегодно в НИР вовлекаются более 4000 человек (рис. 1).

Данный анализ был проведен на основе статистической информации, собранной в отделе организации НИР студентов и молодых ученых, в котором визируются приказы, касающиеся научных командировок студентов и молодых ученых. Поэтому можно говорить о большой степени достоверности полученных результатов анализа.

Активная мобильность студентов-лауреатов конкурса объясняется тем, что практически все научные мероприятия, проводимые вузами и организациями г. Томска были ими уже охвачены и г. Томск стал «тесным» для:

- продвижения результатов своей научной деятельности, проектов и разработок на рынок;
- обмена знаниями и опытом;
- оттачивания мастерства представления результатов своей НИР.

Таким образом, становится понятным стремление молодежи, активно занимающейся научно-исследовательской деятельностью, к мобильности.

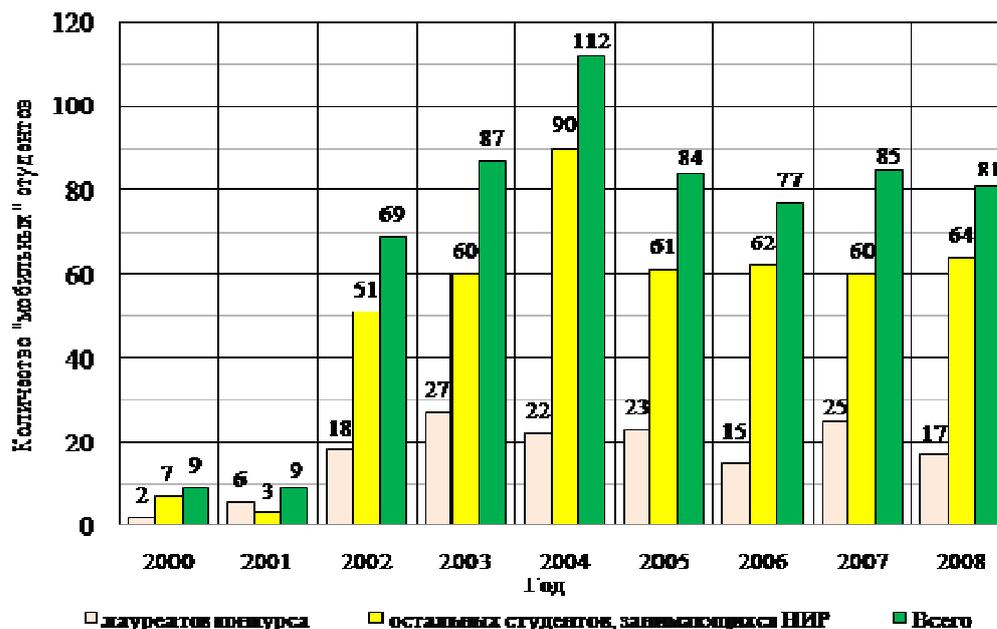


Рис. 1. Диаграмма активности мобильности студентов, занимающихся НИР

Желание студентов участвовать в зарубежных научных мероприятиях стимулирует многих к изучению иностранного языка (а порой и нескольких), который является своеобразным «ключиком», открывающим дверь в мировое пространство.

Это обуславливает становление к старшим курсам студента, как творчески развитую в научном плане личность, со знанием, по крайней мере, одного иностранного языка и, как отмечалось выше, с хорошей либо отличной успеваемостью в учебе.

Если проследить результаты, которых достигли студенты-победители конкурса, то видно, что активная научно-исследовательская деятельность может стать основой для больших перспектив в будущем.

Приведем несколько примеров.

Коваль Анна Викторовна (победитель конкурса 2000 г.), магистрант машиностроительного факультета с 2006 работает в ООО «Технологическая компания Шлюмберже», филиал в г. Москве, научный сотрудник.

Ротарь Константин Валентинович, (победитель конкурса 2003 г.) обучался на кафедре оптимизации систем управления факультета автоматики и вычислительной техники, затем поступил в магистратуру на инженерно-экономический факультет.

В настоящее время работает аналитиком Швейцарского банка в Великобритании, г. Лондон.

Сурина Екатерина Юрьевна (победитель конкурса 2005 г.), студентка Института геологии и нефтегазового дела, сейчас работает инженером в компании Шлюмберже, Канада, провинция Альберта, г. Ред Дир.

Коржова Ольга Дмитриевна (победитель конкурса 2008 г.), студентка Института инженерного предпринимательства, в настоящее время обучается в международной магистратуре по менеджменту информационных технологий (International Master in Management of Information Technology), финансируемой Европейским Союзом по программе грантов Эрасмус Мундус. Магистратура предусматривает обучение последовательно в трех университетах, входящих в консорциум:

- IAE Aix Graduate School of Management, Université Paul Cezanne Aix-Marseille III, France (осенний семестр 2009-2010 уч. г.);
- Turku School of Economics, Finland (весенний семестр 2009-2010 уч. г.);
- Tilburg University, The Netherlands (осенний семестр 2010-2011 уч. г.).

Таким образом, академические достижения и хорошее знание языка становятся не только основополагающими факторами успешной мобильности, но и основой конкурентоспособности студентов на мировом рынке.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УПРАВЛЕНИЮ ВНУТРИВУЗОВСКИМ ТУРОМ ВСЕРОССИЙСКОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ТОМСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Космынина Н.М.

Томский политехнический университет, Электротехнический институт;
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: kosm_nm@tpu.ru

В соответствии с регламентом проведения Всероссийской студенческой олимпиады (приложение к приказам Рособразования) в Томском политехническом университете (ТПУ) ежегодно организуется и проводится внутривузовский тур Всероссийской студенческой олимпиады (I тур ВСО). I тур закладывает базу для достижений студентов в НИРС, и в тоже самое время является школой для организаторов олимпиад II (регионального) и III (всероссийского) туров ВСО.

К 2000 г. в ТПУ сложилась сбалансированная система организации и проведения университетского тура ВСО.

Так было разработано Положение о внутривузовском туре ВСО [1] с детальной проработкой все этапов организации (планирование, подготовка, проведение, отчетность) по уровням управления: кафедральное, факультетское (институтское), университетское.

Ежегодно оптимизировался и контролировался график проведения олимпиад по отдельным дисциплинам [2].

Проверялось представительство финального тура олимпиады, по итогам которого определялись лауреаты.

Кроме того, что очень существенно, были определены оптимальные сроки, к которым готовились организационно-распорядительных документы:

- заявки от подразделений на проведение олимпиад – конец учебного года;
- приказ на проведение университетского тура ВСО – октябрь – начало ноября;
- проведение осеннего этапа университетского тура – декабрь;
- приказ об итогах осеннего этапа университетского тура – февраль;
- чествование лауреатов университетского тура – июнь;
- приказ об итогах университетского тура ВСО – июнь;
- приказ о премировании организаторов олимпиад – июль-сентябрь;
- совещание организаторов олимпиад – октябрь.

На совещаниях анализировались итоги участия студентов ТПУ не только в мероприятиях вузовского уровня, но и рассматривались олимпиады областного, регионального, всероссийского, международного уровней [3].

Кроме того, такой же системный подход применялся для управления олимпиадами областного тура.

Помимо премирования за вузовский тур предусматривалось материальное поощрение организаторов и руководителей команд ТПУ, обеспечивших высокие результаты в студенческих олимпиадах всех уровней.

В настоящее время вышеописанная система перестала действовать, и, по мнению автора, возрождение ее невозможно. Но такое масштабное и ответственное мероприятие, как университетский тур ВСО, требует системного управления.

Проблема еще состоит в том, что происходит смена состава организаторов. Приходит молодое поколение преподавателей, не имеющее опыта в проведении подобных мероприятий.

Предлагается два варианта управления олимпиадным движением.

Первый вариант - децентрализованное управление.

Подразделения, хорошо зарекомендовавшие себя в организации олимпиад, выделяются в отдельную группу. Подразделение этой группы самостоятельно готовит всю организационно-распорядительную документацию, начиная от подготовки проекта приказа ректора университета на проведение олимпиад на базе кафедр данного подразделения, и, кончая, подготовкой проектов приказов ректора на премирование лауреатов и организаторов. Все документы предоставляются координатору научного или учебного управления для окончательной подготовки приказов.

В качестве такого подразделения можно, например, предложить Электротехнический институт (ЭЛТИ).

На базе кафедр ЭЛТИ в 2008-2009 уч.г. было организовано и проведено 20 университетских мероприятий (олимпиад и конкурсов по специальностям). Заявки, итоговая документация – все представлялось в отдел организации научно-исследовательской работы студентов и молодых ученых (НИР СиМУ) научного управления ТПУ в оговоренные им сроки. После утверждения заявок для организации осеннего тура олимпиад издавался приказ директора ЭЛТИ (в настоящее время приказ по ТПУ издается позднее). Отделом НИР студентов аспирантов и молодых специалистов ЭЛТИ контролировался график проведения и численность участников мероприятий.

Информация об институтских олимпиадах Велось документирование университетского оперативно выставлялась на сайте ЭЛТИ (рис.1). тура .

24.11.2009 Осенний этап университетского тура ВСО 2009-2010 уч.г. .

В ЭЛТИ в рамках университетского тура Всероссийской студенческой олимпиады 2009-2010 г. проводятся следующие олимпиады:

- релейная защита (кафедра ЭСТ)
- электроэнергетика (кафедра ЭСТ)
- общая электротехника (кафедра ТОЭ)
- электромагнитная совместимость (кафедра ЭСВТ)
- электросбережение в электроэнергетике (кафедра ЭСПП)
- электроснабжение (кафедра ЭСПП)
- электрические машины (кафедра ЭМА)
- электрические и электронные аппараты (кафедра ЭМА)

19 ноября состоялась олимпиада по электромагнитной совместимости. Организатор олимпиады - доцент кафедры ЭСВТ Тихонов Д.В.



Рис. 1. Фрагмент информации сайта ЭЛТИ – университетский тур ВСО

Остальные подразделения работают через координатора научного или учебного управления по олимпиадному направлению.

Второй вариант предусматривает управление университетским туром аналогично управлению III тура ВСО: создание группы управления.

Группа управления, возглавляемая ректором университета, состоит из руководства, рабочей группы и методической комиссии.

Руководство:

- осуществляет общее руководство организацией и проведением мероприятий;
- решает вопросы целенаправленного финансирования.

Основные функции рабочей группы:

- разработка проекта приказа и плана проведения I тура ВСО согласно заявкам подразделений;
- осуществление организации и контроля за проведением I тура ВСО;
- анализ отчетов о проведении внутривузовского тура;
- подготовка проекта приказа ректора об итогах и премировании лауреатов;
- подготовка проекта приказа ректора о поощрении организаторов.

Рабочая группа состоит из руководителей НИР СиМУ подразделений и координатора со стороны научного или учебного управления.

Методическая комиссия:

- осуществляет контроль за соблюдением методических требований к проведению

мероприятий; разрабатывает рекомендации по совершенствованию форм и методов проведения;

- обобщает передовой опыт проведения ВСО, организует и проводит университетские научно-методические совещания, посвященные проблемам развития олимпиадного движения.

Методическая комиссия состоит из руководителей учебных структурных подразделений, имеющих опыт организации и проведения олимпиад.

Данные предложения будут переданы руководству Томского политехнического университета для обсуждения.

Литература.

1. Зольникова Л.М., Космынина Н.М. Университетский тур Всероссийской студенческой олимпиады (I тур ВСО) в Томском политехническом университете. Методические указания.- Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 16 с.
2. Космынина Н.М. Оценка работы подразделений ТПУ по организации и проведению I тура Всероссийской студенческой олимпиады 2005-2006 уч. года //Современные техника и технологии: Труды XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых - Томск, 26-30 марта 2007. - Томск: ТПУ, 2007 - т. 3. - с. 377-379.
3. Итоги участия студентов Томского политехнического университета в олимпиадах 2004/2005 уч.года // Материалы совещаний отдела организации НИР студентов и молодых ученых НУ ТПУ. Составители: Зольникова Л.М., Космынина Н.М. -Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 32 с.

СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ В НАЦИОНАЛЬНОМ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ТОМСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕ

Абрамовских А.А., Сурменев Р.А., Мойзес Б.Б.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: mbb@tpu.ru

Одним из важных факторов конкурентоспособности университетов в едином образовательном пространстве является подготовка специалистов мирового уровня.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет (НИ ТПУ), как один из ведущих технических университетов России, всегда нацелен на обеспечение высококвалифицированными специалистами научно-образовательной, производственной сфер и сферы наукоемкого бизнеса.

Принятие в 2007 году правительством РФ законопроекта о переходе на уровневую систему высшего образования (бакалавриат, специалитет, магистратура) актуализировало вопросы развития магистратуры. Данная система позволяет студентам выбирать траекторию своего развития, обеспечивает им мобильность, а именно возможность смены профиля дальнейшего образования.

В связи с этим магистратура призвана стать ключевым механизмом подготовки конкурентоспособных магистров и, впоследствии, кадров высокой и высшей квалификаций, готовых к осуществлению комплексной исследовательской, проектной и предпринимательской деятельности, направленной на разработку и внедрение конкурентоспособной научно-технической продукции.

Это акцентировало внимание на разработке технологий формирования требуемых компетенций конкурентоспособных магистров и привело к созданию:

- системы подготовки, как совокупности подразделений университета для решения целевых задач в рамках магистерской подготовки;
- организационно-управленческой структуры, как механизма реализации всех процессов.

Вышесказанное потребовало всестороннего анализа существующей системы подготовки магистров, который показал, что для эффективного обучения по магистерским программам студенты должны иметь не только первичные навыки, но и желательно опыт научно-исследовательской деятельности, являющейся доминирующей компонентой магистерского обучения. В связи с этим необходимо:

- прививать студентам заинтересованность к НИР на ранних стадиях обучения (первый-второй курсы);
- создать механизмы интенсивного накопления опыта научно-исследовательской деятельности у студентов;

- усилить научную и инновационную деятельность магистрантов, как основу успешной профессиональной деятельности или эффективного обучения в аспирантуре.

Комплексный подход к эффективной подготовке магистров и кадров высшей квалификации обусловил реформирование структуры организации научной и инновационной деятельности университета, а именно создание отдела магистратуры и объединение трех отделов (организации НИР студентов и молодых ученых, магистратуры, аспирантуры и докторантуры) в единое управление для координации усилий.

Основные задачи организации молодежной науки, а именно, мотивирование молодежи к НИР на ранних стадиях обучения и дальнейшее ее развитие, возложены на подразделения университета, эффективному решению которых способствует отдел организации НИР студентов и молодых ученых, а решение вопросов, связанных с воспроизводством кадров высшей квалификации, – на отдел аспирантуры и докторантуры.

Отдел магистратуры, в задачи которого входит усиление научной компоненты магистерской подготовки, работая в тесном сотрудничестве с вышеупомянутыми структурами, не только курирует процесс обучения перспективной и способной к НИР молодежи, но и помогает студентам преодолеть возможные барьеры и препятствия на пути к магистратуре, а магистрантам – к аспирантуре.

Для активизации инновационной деятельности научной молодежи управление магистратуры, аспирантуры и докторантуры (МАД) активно взаимодействует с подразделениями управления по инновационной и производственной деятельности.

Результатом системно-интегрированного подхода к интенсификации научной деятельности студентов стало создание системы подготовки, объединяющей для решения задач магистерской подготовки кафедры и лаборатории факультетов и институтов НИ ТПУ, структуры Томского научного центра СО РАН, подразделения управления по инновационной и производственной деятельности.

Укрепление связей отделов управления магистратуры, аспирантуры и докторантуры позволило создать единую систему подготовки магистров и кадров высшей квалификации по научно-образовательной траектории: студент-магистрант-аспирант-докторант.

Важнейшими задачами, решаемыми отделами управления МАД, являются:

- индивидуальное сопровождение молодых исследователей;
- организационная, информационная и финансовая поддержка талантливой научной молодежи;
- обеспечение непрерывности продвижения молодых исследователей по траектории;
- мотивация молодежи к достижению максимально возможных результатов в научно-образовательной деятельности.

В НИ ТПУ индивидуальное сопровождение молодых исследователей в научно-образовательном процессе, базируется на:

- свободе выбора направления научных исследований согласно его интересам и потенциальным возможностям;
- комплексности задач, решаемых молодыми исследователями в своей научно-исследовательской деятельности.

Мощным импульсом в развитии магистерской подготовки в университете стали Инновационно-образовательная программа (ИОП) «Развитие в университете опережающей подготовки элитных специалистов и команд профессионалов мирового уровня по приоритетным направлениям развития, технологий и техники» и программа «Национальный исследовательский университет ресурсоэффективных технологий».

В рамках ИОП создано девять инновационных научно-образовательных центров (ИНОЦ) по приоритетным направлениям развития науки, техники и технологий.

Оснащенность центров современным специализированным оборудованием и лицензионным программным обеспечением позволило сформировать базу для эффективного решения широкого спектра научных задач в рамках подготовки глобально конкурентоспособных магистров. В результате чего в ИНОЦ начата подготовка магистров по 27 программам, а общее число магистерских программ достигло 112.

Обучение в ИНОЦ – это:

- научно-образовательная среда мирового уровня;
- возможность обучения по Double Degree программам и получения двух дипломов;
- гибкость в формировании учебного плана магистранта, основанная на совместной разработке индивидуального плана с предприятием-заказчиком;
- проведение исследований на современном оборудовании;
- проектно-ориентированный и командный метод обучения;
- мобильность – научные стажировки в ведущие отечественные и зарубежные университеты, институты, научные центры;

- свободное владение профессиональным иностранным языком.

Как показывает первый опыт реализации магистерских программ на базе ИНОЦ, спрос на выпускников центров многократно превышает предложение, что говорит об их конкурентных преимуществах, а именно:

- глубоких профессиональных знаниях, необходимых для генерации инноваций;
- умению проводить исследования на современном оборудовании;
- владению профессиональным иностранным языком;
- навыкам управления проектами и умению работать в команде;
- способности быстро ориентироваться и выбирать оптимальные решения в многофакторных ситуациях;
- способности использовать самоменеджмент для профессионального роста;
- владению методологией и средствами автоматизированного проектирования сложных систем на всех этапах их жизненного цикла;
- развитыми инновационным мышлением и креативностью;
- способностью комплексно сочетать исследовательскую, проектную, предпринимательскую деятельность и прогнозировать ее результаты;
- владению системно-интегрированными междисциплинарными знаниями, многокритериальной постановкой задач и поиском вариантов их решения.

Таким образом, магистерское обучение в ИНОЦ, привлечение магистрантов к проведению научных исследований мирового уровня на современном оборудовании, стимулирование их трудоустройством в ИНОЦ на время обучения – эффективная база подготовки глобально конкурентоспособных магистров.

Таким образом, современная концепция подготовки конкурентоспособных магистров предполагает:

- привлечение будущих магистрантов к НИР на ранних стадиях обучения;
- индивидуальное сопровождение привлеченных к научно-исследовательской деятельности студентов;
- повышение результативности НИР студентов;
- усиление научной компоненты магистерской подготовки;
- подготовка на базе ИНОЦ.

Данные аспекты позволяют не только сформировать у студентов набор необходимых компетенций для продуктивной инновационной научно-образовательной и проектной деятельности в магистратуре, но и эффективно вести воспроизводство кадров высшей квалификации.

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕКЦИЯ №8

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

ОСОБЕННОСТИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ ИЗОТОПНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ В ОБМЕННЫХ КОЛОННАХ

Балашков В. С., Вергун А. П.7

ВЛИЯНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПАРАМЕТРЫ ДИФРАГИРОВАННОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Бегаев А.В., Попов Ю.А.9

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ТПУ-ИМКЭС ПО ВЛИЯНИЮ ПОЧВЕННОГО РАДОНА НА АТМОСФЕРУ

Бескороваев В.В., Манаков А.С.11

МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОДУКТОВ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ТИОКАРБОМОИЛИРОВАННОГО ПОЛИСИЛОКСАНА

Голуб А.Я.13

ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАЗМЫ МАГНЕТРОННОГО РАЗРЯДА В УСЛОВИЯХ ОСАЖДЕНИЯ ОКСИДОВ И ОКСИНИТРИДОВ ТИТАНА

И.А. Гребнева, Н.С. Морозова, И.М. Ермолович.15

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ ЭРОЗИИ

Демшин К.А.17

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КООРДИНАТ ПРОЛЕТА ЧАСТИЦЫ В КРУПНОГАБАРИТНЫХ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ДЕТЕКТОРАХ

Дусаев Р. Р.19

ИМПУЛЬСНАЯ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КРИСТАЛЛОВ LiF-W

Елисеев А.Е., Лисицына Л.А., Корепанов В.И.21

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПЛАЗМЕННОГО МОДУЛЯ В РЕЖИМЕ АВТОНОМНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Жуков А.А., Каренгин А.А.23

РАЗДЕЛЕНИЕ СОЛЬВАТИРОВАННЫХ КАТИОНОВ ЦЕРИЯ И СВИНЦА В ВОДНОМ РАСТВОРЕ СМЕСИ НИТРАТОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ АСИММЕТРИЧНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Занин М.К., Долгополов С.Ю., Ломов И.В.25

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ИРИДИЯ С ФТОРОКИСЛИТЕЛЯМИ НА ОСНОВЕ ТРИФТОРИДА БРОМА

В.И. Зюбанова, Е.В. Гребенюк, К.В. Бобровская.27

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОТОПНООБОГАЩЕННОГО РЬ ИЗ РЬ(CH₃)₄

Индык Д.В., Цыденова Э.Д.29

ПЛАЗМЕННЫЙ ГЕНЕРАТОР ТЕПЛА

Побережников А.Д., Каренгин А.А.31

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АНАЛИЗАТОРА «РЕТРАН»

Карпов Д. А., Стрежнева Т. Н.33

О МЕХАНИЗМЕ УСТАНОВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА ЭЛЕКТРОННОГО КОЛЛЕКТОРА В ФОРВАКУУМНОМ ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ

Климов А.С., Гореев А.К.35

ПЕРЕХОДНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ МАГНИТНОГО МОМЕНТА ПРИ НАКЛОННОМ ПАДЕНИИ

Коньков А.С., Дусаев Р.Р.37

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗЫ В ВОДНОМ ФАНТОМЕ

Куликова Е.С., Вагнер А.Р.39

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ КУРСА ФИЗИКА ПЛАЗМЫ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ Z-ПИНЧА И НАПРЯЖЕНИЯ ПРОБОЯ ОТ ЭЛЕКТРОДНОГО РАССТОЯНИЯ

Лужанчук Я.В., Санников Ф.А.41

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПРОТОЧНОГО ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ФАКЕЛЬНОГО ПЛАЗМОТРОНА Маркин А.А., Каренгин А.А.....43	БИОИНДИКАТОРОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ. Рогова Н. С.....57
ЭКСТРАКЦИЯ УРАНА В СМЕСИТЕЛЕ-ОТСТОЙНИКЕ Михайлов В.С., Горюнов А.Г.....45	ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ УВЛАЖНЕННОСТИ МЕСТ ПРОИЗРАСТАНИЯ И ВРЕМЕНИ СБОРА СЫРЬЯ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОБРАЗЦАХ МХА ВИДА <i>S.FUSCUM</i> Метляева С.Г., Рындюк К.Ю, Ледюкова С.И.....59
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ ЗАРЯДА ТОНКИХ ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ TiO₂, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ Морозова Н.С., Быкова Ю.В., Сурменев Р.А.....47	ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ РОДА <i>STELLARIA</i> И РОДА <i>SPHAGNUM</i> Метляева С.Г., Горина Я.В., Рындюк К.Ю.....61
ОПТИЧЕСКИЙ ПРОБОЙ ПРЕССОВАННЫХ ПОРОШКОВ ИНИЦИИРУЮЩИХ И ВТОРИЧНЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ЛАЗЕРНОМ ИНИЦИИРОВАНИИ Нестеренко К.А., Чуркин М.Б., Ципилев В.П...49	МОДЕЛЬ ПЕРЕНОСА РАДОНА, ТОРОНА И ПРОДУКТОВ ИХ РАСПАДА В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ Санников Ф.А., Лужанчук Я.В.....63
ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАЗМЫ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ФАКЕЛЬНОГО РАЗРЯДА С ЕГО ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ Плеханова И.В., Зеленецкая Е.П., Луценко Ю.Ю.....51	ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ТОКА В УСТАНОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ Козин К.А., Горюнов А.Г., Сачков С.А.....65
ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ МЕТОДАМИ КЛАСТЕРНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ И ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА Попов С.А.....53	ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА НАКЛОНА ТРЕЩИНЫ В РАСТЯНУТОЙ ЗОНЕ БАЛКИ НА НАПРЯЖЁННОЕ СОСТОЯНИЕ Троценко К.В.....67
ИЗУЧЕНИЕ АККУМУЛЯЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ НАЗЕМНЫХ МХОВ Рогова Н. С.....55	ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ВОДНЫХ СТРУКТУР Уляхина Д.А.....69
СРАВНЕНИЕ АККУМУЛЯЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕСНЫХ НАЗЕМНЫХ И ЭПИФИТНЫХ МХОВ КАК	КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССОВ ВЗРЫВНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ АТМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЛАЗЕРНЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ Чуркин М.Б., Нестеренко К.А., Ципилев В.П....71

СЕКЦИЯ №9 КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА Ананина А.А.....75	ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ПЫЛИ НА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ЦИКЛОННОГО АППАРАТА Арзамасцева Е.Ю., Василевский М.В.....77
--	--

КОНТРОЛЬ ПОВЕДЕНИЯ ПОТОКА В ЦИКЛОННОМ ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕМ АППАРАТЕ Арзамасцева Е.Ю., Василевский М.В.....79	Корф Е.Д.....101
АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ НА УЧАСТКАХ ТРУБОПРОВОДОВ. ИХ ЗНАЧЕНИЕ И МЕРЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ Белькова М.Е.....81	ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗАО «СЕВЕРСКИЙ СТЕКОЛЬНЫЙ ЗАВОД» Корф Е.Д.....104
УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ Воронкин А.С.....83	ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛЁТНОЙ ГОДНОСТИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ Корчевская А.В.....106
РАЗРАБОТКА АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА УЛЬТРАЗВУКОВОГО СИГНАЛА И ВЕЙВЛЕТ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ Голов В.В.....85	ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ИСТОЧНИКАХ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ Коснырева Н.А., Ратникова Н.В.....108
МОНИТОРИНГ СНЕГОВОГО ПОКРОВА ГОРОДА ТОМСКА Дутова А. Н.....87	ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЧЕРЕЗ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ Кустова И. В.....110
ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕДУРЫ АТТЕСТАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ ПО УСЛОВИЯМ ТРУДА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ Жидкова Н.В., Сакур Т.С., Канина Е.А.....89	ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ОТНОШЕНИЙ ПРЕДПОЧТЕНИЯ Новикова О.Л.....112
ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИТ-УСЛУГ Засухина Т.С., Виноградская М.И.....91	МОНИТОРИНГ ЗДОРОВЬЯ УЧАЩИХСЯ ВУЗА Павлов А.А., Никифорова О.А, Андреев Д.А.....114
ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ РИСКА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДВОДНОГО МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА Засухина Т.С.....93	СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ В СМАЗОЧНОМ МАСЛЕ Пономарева О.В., Гильц В.О.....117
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ Зеленцова О.А.....95	КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ НА РЕНТГЕНОВСКОМ ДИФРАКТОМЕТРЕ «ДИФРЕЙ» Пьянкова Л.А., Елохин В.А., Комиссаров А.А.....119
ПРИБОР ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ Ивженко О. О.....97	ОЦЕНКА РИСКОВ – НЕПРЕМЕННОЕ УСЛОВИЕ ДЛЯ РАБОТЫ ВНУТРЕННИХ АУДИТОРОВ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА Рупакова В. В.....120
УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ВНУТРИТРУБНЫХ ОБЪЕКТОВ Калиниченко А.Н., Лапшин Б.М.....99	ОЦЕНКА ЗРЕЛОСТИ СМК В ВУЗЕ Сергеева А.А.....122
УСЛОВИЯ ТРУДА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ЗАО «СЕВЕРСКИЙ СТЕКОЛЬНЫЙ ЗАВОД»	РАДИОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ УСКОРИТЕЛЬНЫХ КАМЕР БЕТАТРОНА Сидор А.М.....124

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ
КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ
ОБУЧЕНИЯ**

Сорокина Л.В.....126

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА
НА БАЗЕ СТАНДАРТОВ СЕРИИ ISO 9000 НА
ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Стаценко С.Г.....128

**РАЗРАБОТКА ЦИКЛА ДИСТАНЦИОННЫХ
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО «МЕТРОЛОГИИ»**

Степанова Е.В., Казаков В.Ю.....130

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
СИСТЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СИСТЕМНОГО МЕТОДА
КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ**

Сумарченкова И.А.....132

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА
КИРПИЧА КЕРАМИЧЕСКОГО СПОСОБОМ
ПОЛУСУХОГО ПРЕССОВАНИЯ**

Терёхина Ю.В., Котляр В.Д.....134

**ВЫДЕЛЕНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ
ВОДОПОДГОТОВКИ ТОМСКОГО
ВОДОЗАБОРА**

Усова Н.Т.....136

**КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ
ПРОЦЕССА ДЕГИДРИРОВАНИЯ ВЫСШИХ
ПАРАФИНОВ**

Францина Е.В., Афанасьева Ю.И.....138

**КОНТРОЛЬ ПРОЦЕНТНОЙ МАССЫ Gd_2O_3
В СНАРЯЖЕННОМ ТВЭЛЕ**

В.С.Хорев Ю.В Алхимов.....140

**МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ
РАЗРАБОТОК ВУЗА**

Чернета С.Г.....142

**МОДЕЛЬ ДИДАКТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
АКТИВИЗАЦИИ
ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ
САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ
КАК АЛГОРИТМ КОНТРОЛЯ И
УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

Шерстнёва А.И., Тарбокова Т.В.....144

**ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА
НА ЭДАФОСФЕРУ**

Шмидт Е. И., Мосина Е. Ю.....146

**СЕКЦИЯ №10
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИБЛИЖЕННОЙ
МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ
ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ В
ГАРДИРНЕ**

Абраменко И.А., Голдаев С.В.....151

**ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС ПРИ СУШКЕ
ДРЕВЕСИНЫ КОНДУКТИВНЫМ
СПОСОБОМ В УСЛОВИЯХ
ПОНИЖЕННОГО ДАВЛЕНИЯ**

Алексеев М.В.....153

**ДВУХСЛОЙНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ
ТЕПЛОПРОВОДОВ ПРИ ВЫСОКИХ
ТЕМПЕРАТУРАХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ
НА ОСНОВЕ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫХ
СКОРЛУП**

Ананин А.В., Козлобродов А.Н.....156

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В
АППАРАТЕ ПОГРУЖНОГО ГОРЕНИЯ**

Бабушкин Н. А.....158

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В
АППАРАТЕ ПОГРУЖНОГО ГОРЕНИЯ**

Бабушкин Н. А.....160

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ТОПОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ТОПКИ КОТЛА БКЗ-
210-140Ф НА ВИР-ТЕХНОЛОГИЮ**

Бетхер Т.М., Лебедев Б.В., Гиль А.В.....162

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ БУДЖЕТНОЙ СФЕРЫ
И ЖКХ**

Бокоев А.К.....164

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПРОБЛЕМА
УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ
ЖИВОТНОВОДСТВА**

Брюханова Е.С., Ушаков А.Г.....166

**ПРОЦЕДУРА УЛУЧШЕНИЯ ТОЧНОСТИ
АППРОКСИМАЦИЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ОБОРУДОВАНИЯ
ПО МАССИВУ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ
ДАННЫХ**

Власов А. В., Кузьмин А. В.....168

**ЗАЖИГАНИЕ ПЛЁНКИ ЖИДКОСТИ
ЛАЗЕРОМ В УСЛОВИЯХ ПОГЛОЩЕНИЯ
ИЗЛУЧЕНИЯ**

Высокоморная О.В., Кузнецов Г.В.
Стрижак П.А.....170

**МОДЕЛИРОВАНИЕ
ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА ДРЕВЕСИНЫ
ПРИ НАГРЕВЕ В КАМЕРЕ С
ПОНИЖЕННЫМ ДАВЛЕНИЕМ**

Горешнев М.А., Казарин А.Н., Алексеев М.В.....172

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ
КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В УСЛОВИЯХ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕГРУЗКИ**

Григорьева М.М., Кузнецов Г.В.....174

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ТЕПЛООБМЕНА В КОНДЕНСАТОРЕ ТУРБИНЫ
СТАНЦИИ № 3 ТОМСКОЙ ГРЭС-2**

Дутов Л. Л.....176

**К ВОПРОСУ ЗАМЕНЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЭС
ГАЗОТУРБИНЫМ ПРИВОДОМ**

Дьяченко О.С., Галашов Н.Н.....178

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ДОМОВ ДЛЯ
УСЛОВИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Зайцева Т. В.....180

**АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ
КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ПРОЦЕССЕ
ВУЛКАНИЗАЦИИ**

Иванова Е.В.....182

**ОЦЕНКА ГРАНИЦ ПРИМЕНИМОСТИ
ГАЗОВОГО ПЕРЕГРЕВА ПАРА В ПТУ АЭС
С ВОДООХЛАЖДАЕМЫМИ РЕАКТОРАМИ**

Кряжев А.В.....184

**ВЫБОР СХЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ
ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ГТУ
В ТУРБОУСТАНОВКЕ НАСЫЩЕННОГО ПАРА**

Кряжев А.В.....186

**ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ХЛАДАГЕНТА R-
134А В ПАРОВОЙ ФАЗЕ**

Куйбина Е. П.....188

**К ВОПРОСУ ЗАМЕНЫ ТУРБОПРИВОДА
ПИТАТЕЛЬНЫХ НАСОСОВ
ЭНЕРГОБЛОКОВ ГАЗОТУРБИНЫМ
ДВИГАТЕЛЕМ**

Манчин А.А., Галашов Н.Н..... 190

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
ТЕПЛОМАССООБМЕНА
В ОХЛАДИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ ТЭС**

Мустафин Р.Р.....192

**ВЫБОР КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ
СОСТОЯНИЯ ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ
СИСТЕМЫ
ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ
ВНУТРИСТАНЦИОННЫМИ РЕЖИМАМИ ТЭС**

И.П. Озерова, А.А. Олесьюко.....194

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕМНОЙ
КРИСТАЛЛИЗАЦИИ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

Павлова М.Л.....196

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
НЕНЬЮТОНОВСКИХ ТЕЧЕНИЙ
В КОЛЬЦЕВЫХ КАНАЛАХ**

Платонов Д.В.....198

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
НЬЮТОНОВСКИХ ТЕЧЕНИЙ В
КОЛЬЦЕВЫХ КАНАЛАХ**

Платонов Д.В.....200

**ОЦЕНКА НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРОДУКТОВ
СГОРАНИЯ НАТУРАЛЬНЫХ ТОПЛИВ ТЭС**

Сартаев А.Е., Гвоздяков Д.В.....202

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ КОТЛА БКЗ-
420-140 ПРИ ПОДГОТОВКЕ
СПЕЦИАЛИСТОВ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Сафронов А.В.....204

**К ВОПРОСУ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ
ПОКРЫТИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ**

Сладков С.О.....206

**ОДНОМЕРНОЕ НЕСТАЦИОНАРНОЕ
УРАВНЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ
ДЕРЕВЯННОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ
КОНСТРУКЦИИ С ОГНЕЗАЩИТНЫМ
ПОКРЫТИЕМ**

Сладков С.О.....208

**ВЫБОР СИСТЕМЫ ВИЗУАЛЬНОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА
ТЕПЛОВЫХ СХЕМ
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

Смирнов Д.К., Галашов Н.Н.....210

НАДЕЖНОСТЬ ТУРБОМАШИН ТЭС

Степанов И.А.....212

**ОПЫТНЫЕ ДАННЫЕ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ
ТЕМПЕРАТУРЫ ПАРОВ
ПРИ ПРОСТОЙ ПЕРЕГОНКЕ СМЕСЕЙ**

Феоктистов Д.В., Логинов В.С.....214

**ВЛИЯНИЕ РЕАЛЬНОЙ ВЯЗКОСТИ
ПАРОГАЗОВОЙ СМЕСИ НА ЕЕ
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ В
ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАМЕРАХ**

Хромова Е.М.....216

**РЕКОНСТРУКЦИЯ КОТЕЛЬНОГО
АГРЕГАТА ДКВр-10-13 С ПАРОВОГО
НА ВОДОГРЕЙНЫЙ РЕЖИМ**

Шабунина О.С.....218

**О СОБСТВЕННЫХ ЧИСЛАХ ШТУРМА-
ЛИУВИЛЛЯ В КРАЕВЫХ ЗАДАЧАХ
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И
КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА**

Шабунина О.С.....220

**АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В
СЛОЕ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ФОРМИРОВАНИЯ
ВИХРЕВЫХ СТРУКТУР**

**В РЕЗУЛЬТАТЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПРОДУКТАМИ
СГОРАНИЯ НАТУРАЛЬНЫХ ТОПЛИВ ТЭС**
В.Е. Губин, С.А. Янковский.....222

**БЕЗНАПОРНЫЕ ГЭС КАК ИСТОЧНИК
АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ,
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
ТУРБУЛИЗАЦИИ ВОДНОГО ПОТОКА
ПЕРЕД ТУРБИНОЙ**

С.А. Янковский.....224

**ЛАМИНАРНЫЕ РЕЖИМЫ СОПРЯЖЕННОЙ
ЕСТЕСТВЕННОЙ КОНВЕКЦИИ В
ЗАМКНУТОЙ ПОЛОСТИ СО СТЕНКОЙ
КОНЕЧНОЙ ТОЛЩИНЫ**

М.А. Аль-Ани.....226

**ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА
ТЕПЛООТДАЧИ НА ТЕМПЕРАТУРАХ
3-Х МЕРНОГО УГЛА ОГРАЖДАЮЩЕЙ
КОНСТРУКЦИИ**

Худобин С.А., Козлобродов А.Н.,
Цветков Д.Н.....228

СЕКЦИЯ №11

ДИЗАЙН И ТЕХНОЛОГИЯ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

ДИЗАЙН КНИЖНЫХ ПОЛОК

Акентьева О. Е., Шишова А. А.....233

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИЗАЙНА
САЙТА**

Беляева А.М.....235

**ВИДЫ ОГРАНКИ И ПРИМЕНЕНИЕ К
НИМ МЕТОДА СДВОЕННОЙ ОГРАНКИ**

Блинова И.В.....237

**СОЗДАНИЕ ДИЗАЙНА ПЭТ БУТЫЛОК ДЛЯ
ПРОХЛАДИТЕЛЬНЫХ НАПИТКОВ ПРИ
ПОМОЩИ ВАРЬИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ
МОДЕЛИ В САПР**

Будянская Н.С.....239

**ХУДОЖЕСТВЕННОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ
ДЕКОРАТИВНОГО ПОДСВЕЧНИКА**

Денисова М.В., Тузовская А.В.....241

**ДИЗАЙН ЮВЕЛИРНЫХ УКРАШЕНИЙ –
ТРАНСФОРМЕРОВ**
Куманин В.И. Зябнева О.А.....242

**ДИЗАЙН И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
КОЛЬЕ «РЕЛИКТОВЫЙ СОН»**
Капельчук Т.И., Барсуков В.Н.,
Ванькова Л.К.....244

**ТИПОГРАФИКА «НОВОЙ ВОЛНЫ»: ИГРЫ
БЕЗ ПРАВИЛ**
Карсакова Д.А.....247

**ДЕТСКАЯ ДЕРЕВЯННАЯ ИГРУШКА-
ОБЕРЕГ ПО МОТИВАМ КУЛЬТУРЫ
ДРЕВНИХ СЛАВЯН**
Кокарева Д.Ю., Тарасенко А.П.....249

**ПЛАСТИФИКАЦИЯ» СИМВОЛОВ
МОДЕРНА**
Кравчук А.С., Соколов А.П.....251

ДИЗАЙН АВТОМОБИЛЯ
Локтионов А. С.....253

АРТ-ДИЗАЙН ПОСРЕДСТВОМ СВАРКИ
Мамлясов К.В., Соколов А.П.....255

**ДИЗАЙН ЭЛЕМЕНТОВ ИНТЕРЬЕРА
АВТОМОБИЛЯ**
Манаков В.Н.....257

БИОКАМИНЫ: ОГОНЬ В ИНТЕРЬЕРЕ
Мертинс К. В., Петрова М. В.....259

ТРУБА КАК МАТЕРИАЛ В ДИЗАЙНЕ
Мингазетина И.О, Соколов А.П.....261

БАЗЫ В ДИЗАЙНЕ НА ПРИМЕРЕ РЕШЁТОК
Немцева И.Н. Соколов А.П.....263

**СЛАВЯНСКИЕ СИМВОЛЫ В
СОВРЕМЕННЫХ ЮВЕЛИРНЫХ
УКРАШЕНИЯХ**
Нивзорова Д.В. Аристова А.О.....265

ДИЗАЙН КРЕСЛА-НЯНИ ДЛЯ РЕБЕНКА
Оболенская Т.Н.....267

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В
ОСВЕЩЕНИИ НА НОВОМ
ИСТОРИЧЕСКОМ ЭТАПЕ**
Дырдина А.В., Петракевич И.В.....268

СВЕТОДИЗАЙН КАБИНЫ ЛИФТА
Пишулина Д.А.....270

**ДЕКОРАТИВНО-ИЗОБРАЗИТЕЛЬНЫЕ
ПРИЁМЫ В РИСУНКЕ И ИХ
ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ**
Решетов Р.В.....272

**ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ РАЗРАБОТКИ
ТЕХНОЛОГИИ КООРДИНАТНОЙ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ РАЗМЕРНОЙ
ОБРАБОТКИ**
Сабанцев И.А.....274

**КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ
ВЫСТАВОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ**
Серяков В.А.....277

**ЗОЛОТЫЕ СЕРЬГИ-ПОДВЕСКИ В
ГОТИЧЕСКОМ СТИЛЕ:
ИЗНОСОУСТОЙЧИВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**
Силаева Е.М., Соболева Л.И.....280

**ДИЗАЙН И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ОБЛОЖКИ ИЗ БЕРЕСТЫ**
Тисленко А. А.....283

**«ДРЕВНЕЕ ВООРУЖЕНИЕ»:
ШЕДЕВР ИСКУССТВА И
ТЕХНОЛОГИИ**
Толмачева О.А., Куликовских С.Н.....285

**КИНЕМАТИКА В ВЫСТАВОЧНЫХ
КОМПЛЕКСАХ**
Чеболтасова А.В.....287

ВИНТОВЫЕ ФОРМЫ В ДИЗАЙНЕ
Шишкова Н.В, Соколов А.П.....289

**ПРИМЕНЕНИЕ СИМВОЛИЧЕСКИХ
ЭЛЕМЕНТОВ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ
НАХОДОК АБХАЗИИ В ДИЗАЙНЕ
СОВРЕМЕННЫХ КОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ**
Шляхтина М.П.....291

**АДАПТАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ
АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ В ОБЛИКЕ
СТАРИННЫХ ФАХВЕРКОВЫХ СТРОЕНИЙ**
Гавриков Д. С.....293

СЕКЦИЯ №12 НАНОМАТЕРИАЛЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ И НОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТЕКЛОГРАНУЛЯТА НА ОСНОВЕ МАРШАЛЛИТА И МИКРОКРЕМНЕЗЕМА Аверкова А.В.....	297	ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЁРДОКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОМ ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ Ефимова К.Б., Шипилова А.В.....	315
НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК Александрова В. М.....	299	НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО И КОНСТРУКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЙ Иванов А.А., Булавин А.А.....	317
ЗАВИСИМОСТЬ ИНТЕНСИВНОСТИ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ОКСИДА ЦИНКА ОТ ЭНЕРГИИ И ПЛОТНОСТИ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА Аль-Обайди Н.Дж., Шапиев И.М.....	301	КЕРАМИЧЕСКИЕ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА Иванов А.А., Булавин А.А.....	319
ЭКОНОМСИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МОЩНОСТИ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК Аялбергенов К., Глеуов А.Х.....	303	ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ТОНКИХ ПЛЕНОК ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ЗАМЕЩЕНИЯ PbS_ySe_{1-y} Катышева А.С.....	321
ВЛИЯНИЕ ДОБАВЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ НАНОВОЛОКНИСТОГО УГЛЕРОДА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭПОКСИДНОЙ КОМПОЗИЦИИ Баннов А.Г.....	305	ФИЗИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПЛЕНОК $TiAlSiN$ ПОВЫШЕННОЙ ТВЕРДОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ В ДУГОВЫХ РАЗРЯДАХ Кириленко А.Г., Вилицова Ю.С., Гончаренко И.М.....	323
ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВА Борозна В.Ю.....	307	ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ЭЛЕКТРОЛИТА НА НАГРУЗОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТВЕРДОКСИДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА Ковальчук А. Н.....	325
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ Волошин И.Н., Глеуов А.Х.....	309	ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ЗОЛЕЙ СЕРЕБРА НА УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ЭЛЕКТРОДАХ Коновчук Т.В.....	327
ГИГАНТСКИЙ МАГНИТНЫЙ ИМПЕДАНС КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНЫХ ПЛЕНОЧНЫХ НАНОСТРУКТУР Волчков С. О., Курляндская Г. В., Васьковский В.О.....	311	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ $SiCl_4$ НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ РАЗМЕР SiO_2 ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ Кочкоров Б.Ш., Холодная Г.Е., Пономарев Д.В.....	329
ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ НАНОВОЛОКНИСТОГО УГЛЕРОДА Городилова Е.В., Баннов А.Г., Варенцов В.К.....	313		

**НАНОСТРУКТУРНЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ
ТОНКИЕ ПОКРЫТИЯ TiAlN
С ПОВЫШЕННОЙ ТВЕРДОСТЬЮ,
ПОЛУЧЕННЫЕ
ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ В
ВАКУУМЕ**

Крипакова М.В., Гончаренко И.М.....331

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА
КАТАЛИТИЧЕСКИМ ПИРОЛИЗОМ
ПРОПАНА НА БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ Ni-
СОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРАХ**

Ласуков В.В.....333

**ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ
НА ОСНОВЕ ДВОЙНЫХ ОКСИДОВ
ТАНТАЛА (V) И ЛАНТАНА (III)**

Лисеенко О.В.....335

**ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЙ
ЖИДКОСТЕЙ В МИКРОКАНАЛАХ**

Лобасов А.С.....337

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СМЕШЕНИЯ
ЖИДКОСТЕЙ В МИКРОКАНАЛАХ**

Лобасов А.С.....339

**К ВОПРОСУ СВЕТОРАССЕЯНИЯ В
ПОРОШКАХ**

Лучшев М.А.....341

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВНЕКАРКАСНЫХ
КАТИОНОВ И МОЛЕКУЛ ВОДЫ
В СТРУКТУРЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО
ПАУЛИНГИТА**

Магдысюк О.В.....342

**ЭЛЕКТРОДЫ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ
КОЛЛОИДНЫМ ЗОЛОТОМ**

Миронец Е.В.....345

**ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ
МАГНИТОУПРАВЛЯЕМЫХ ЛИОЗОЛОЕЙ
ЖЕЛЕЗА И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИХ С
ДОКСОРУБИЦИНОМ И ПЛАЗМОЙ
ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ КРОВИ**

Митькина В.А.....347

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ НАНЕСЕНИЯ
ЗАЩИТНЫХ И ИЗНОСОСТОЙКИХ
ПОКРЫТИЙ С НАНОСТРУКТУРОЙ**

Морева Н.А.....349

**МОБИЛЬНЫЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ
УСТРОЙСТВА**

Мостовщиков А.В., Толбанова Л.О.,
Русанов М.П.....351

**ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ
КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ЦЕОЛИТА
И НАНОРАЗМЕРНЫХ ПОРОШКОВ
МЕТАЛЛОВ В ПРОЦЕССЕ
КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА
ТЯЖЕЛОЙ УСИНСКОЙ НЕФТИ**

Мурзагалиев Т. М., Козлов В.В.,
Головко А.К.....353

**СТРУКТУРА И СВОЙСТВА
ПЕНОСТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ
МАТЕРИАЛОВ**

Мухортова А.В., Поплетнева Ю.В.....354

**ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ОБРАЗОВАНИЯ И
СИНТЕЗ ЦЕОЛИТА ПАУЛИНГИТА**

Николаева Е.А.....357

**МОДИФИКАЦИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО
МАТЕРИАЛА РЕМОНТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
НАНОДИСПЕРСНЫМ ОКСИДОМ ЖЕЛЕЗА**

Новоселова С.Н., Углова Т.К., Ишматов А.Н...359

**НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ
ПОЛИМЕРЫ С НАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ
УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК:
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА**

Абрамов Г. В., Гаврилов А. Н., Положно Е. А.....361

**КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОРОШКА
АЛЮМИНИЯ С ВОДОЙ**

Пономарёва М.Ю., Кабардин А.Г., Дитц А.А...363

**МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ
ВНУТРИКОСТНЫХ ДЕНТАЛЬНЫХ
ИМПЛАНТАТОВ ПУТЕМ КАТОДНОГО
ВНЕДРЕНИЯ БИОСОВМЕСТИМЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ В БИОКОМПОЗИЦИОННОЕ
ПОКРЫТИЕ**

Пошивалова Е.Ю., Гоц И.Ю.....365

**ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ
МАТЕРИАЛОВ С НАНОСТРУКТУРОЙ**

Приходько Е.А.....367

ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОБЛОЧНОГО ИЗОМОРФИЗМА В ГЕТЕРОФАЗНЫХ КРИСТАЛЛАХ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОФАЗОВОГО АНАЛИЗА Пьянкова Л.А., Штукенберг А.Г., Пунин Ю.О.....	369	АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ УГЛЕРОДНОГО ДЕПОЗИТА В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОДУГОВОГО СИНТЕЗА НАНОТРУБОК Абрамов Г. В., Гаврилов А. Н., Татаркин Е.С.....	383
ИНТЕНСИВНАЯ ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ВЫСОКОПРОЧНЫМ ИНДЕНТОРОМ, КОЛЕБЛЮЩИМСЯ С УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЧАСТОТОЙ Ромашова Ю.Н., Руктуев А.А.....	371	ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С ДОБАВКАМИ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ МЕТОДАМИ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ Теплых А.М., Огнев А.Ю., Лаптев И.С.....	385
ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА СВОЙСТВА СЕНСОРОВ ДИОКСИДА АЗОТА НА ОСНОВЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ТОНКИХ ПЛЕНОК WO₃ и SnO₂ Рудов Ф.В., Сергейченко Н.В., Анисимов О.В.....	372	МЕТОД ПОДГОТОВКИ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА (WC) СЕПАРИРОВАНИЕМ Терентьев Д.С.....	387
ЛАЗЕРНОЕ И ЭЛЕКТРОННОЕ ТЕКСТУИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ АЛЮМООКСИДНОЙ КЕРАМИКИ Саврук Е.В.....	375	СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИССЛЕДОВАННЫЕ МЕТОДОМ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ Тумашевская А.Е., Шипилова А.В.....	389
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСТУПЛЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН Садуакасова Г.Б., Тлеуов А.Х., Слободян С.М....	377	ЦЕПНОЙ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОДИСПЕРСНЫХ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ Гриняева Е.А., Кочкоров Б.Ш., Холодная Г.Е.....	391
ЭЛЕКТРОСОРБЦИЯ НАНОЧАСТИЦ ГИДРООКСИДА МАРГАНЦА НА УГЛЕВОЛОКНИСТЫЙ МАТЕРИАЛ Серенко С.А.....	379	УНИВЕРСАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ ЭВП Цыганкова М.В.....	393
ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОПОРОШКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПУТЕМ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ИСПАРЕНИЯ ЛУЖЕНЫХ МЕДНЫХ ПРОВОДНИКОВ В ИНЕРТНОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ Синкин С. А.....	381	ГОРЕНИЕ В ВОЗДУХЕ НАНОПОРОШКА АЛЮМИНИЯ С ДОБАВКАМИ ПОРОШКА ОКСИДА МЕДИ Е.В. Шинкевич.....	395
		МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО КАНАЛЬНО-УГЛОВОГО ПРЕССОВАНИЯ ТИТАНА Шипачев А.Н., Суглобова И.К., Зелепутин С.А....	397
		ФОРМИРОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ В НАНОРАЗМЕРНЫХ ПЛЕНОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ CoSb_{1.82-2.51}(30нм)/SiO₂(100нм)/Si(001) - ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ТЕРМОЭЛЕКТРОНИКИ Ю.Н. Макогон, Г. Беддис, Р.А. Шкарбань...	399

СЕКЦИЯ №13
КРУГЛЫЙ СТОЛ “ФИЛОСОФИЯ ТЕХНИКИ”

ВОПРОСУ О ФИЛОСОФИИ ТЕХНИКИ: ЧЕЛОВЕК, ТЕЛО И ПРИРОДА – НОВЫЕ ВАРИАНТЫ «КРИСТАЛЛИЗАЦИИ» ДУХА Былицкая С.В.....403	Еретица Т.А.....409
СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСОВ Воронкин А.С.....405	СПИРАЛИ КАК ОСНОВОПОЛАГАЮЩЕЕ СВОЙСТВО МАТЕРИИ Максимов С.В., Соколов А.П.....411
АНТОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ФАНТОМОВ Дорохова Д.И., Соколов А.П.....407	МЕТАФОРЫ МАГИИ В КОНЦЕПЦИЯХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА Степанов А.А., Зольникова Л.М., Мойзес Б.Б.....414
МАТЕМАТИЗАЦИЯ ЗНАНИЙ И НАУЧНО ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС	СОЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ Штер К.А.....416

СЕКЦИЯ №14
**КРУГЛЫЙ СТОЛ “ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА МОЛОДЕЖИ”**

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В СИСТЕМЕ ОРГАНИЗАЦИИ МОЛОДЕЖНОЙ НАУКИ Зольникова Л.М., Мойзес Б.Б., Кайрова Н.Н.....423	ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УПРАВЛЕНИЮ ВНУТРИВУЗОВСКИМ ТУРОМ ВСЕРОССИЙСКОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ТОМСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА Космынина Н.М.....427
АКТИВНОЕ УЧАСТИЕ В НИР, КАК ОДНА ИЗ ОСНОВ УСПЕШНОЙ МОБИЛЬНОСТИ Кайрова Н.Н., Зольникова Л.М., Мойзес Б.Б.....425	СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ В НАЦИОНАЛЬНОМ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ТОМСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ Абрамовских А.А., Сурменев Р.А., Мойзес Б.Б.....429

Научное издание

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

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

В трех томах

Том 3

Компьютерная верстка *В.П. Аршинова*

Дизайн обложки *А.М. Петелин*

Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета

Подписано к печати 01.06.2010. Формат 60x84/8. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 25.3. Уч.-изд. л. 22.88.
Заказ 000-10. Тираж 150 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Система менеджмента качества

Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел/факс: +7 (3822) 56-35-35, www.tpu.ru