

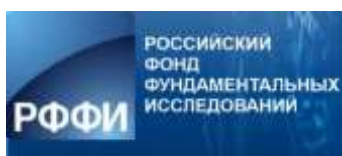
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
Высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

## **РЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ –ЭНЕРГИЮ И ЭНТУЗИАЗМ МОЛОДЫХ**

Сборник научных трудов  
V Всероссийской конференции студентов  
Элитного технического образования

**25-27 марта 2014 г.**



Томск 2014

УДК 504.062+620.3+004(063)

ББК 20.1+30.6+32.81л0

Р44

**Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых:** сборник научных трудов V Всероссийской конференции студентов Элитного технического образования; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014 – 311 с.

УДК 504.062+620.3+004(063)

ББК 20.1+30.6+32.81л0

## Организационный комитет

Чучалин А.И.	д.т.н., профессор, проректор по ОМД ТПУ, председатель оргкомитета
Соловьев М.А.	к.т.н., доцент, зам. проректора по ОМД ТПУ, сопредседатель оргкомитета
Замятина О.М.	к.т.н., доцент, начальник отдела элитного образования УМУ ТПУ
Вакалова Т.В.	д.т.н., профессор каф. ТСН ИФВТ ТПУ, председатель секции № 1
Гладков Е.А.	к.г.-м.н., начальник отдела разведочной геологии ООО «Норд Империял», сопредседатель секции № 1
Ливенцов С.Н.	д.ф.-м.н., профессор, зав. каф. ЭАФУ ФТИ, председатель секции № 2
Горюнов А.Г.	д.т.н., доцент каф. ЭАФУ ФТИ, сопредседатель секции № 2
Дмитриев А.В.	ген. дир. Томского центра ресурсосбережения и энергоэффективности, сопредседатель секции № 2
Пичугин В.Ф.	д.ф.-м.н., профессор, зав. каф. ТиЭФ ФТИ, председатель секции № 3
Годымчук А.Ю.	к.т.н., доцент каф. НиН ИФВТ, сопредседатель секции № 3
Вахитов А.Р.	к.т.н., начальник ИО ИК, председатель секции № 4
Аксёнов С.В.	к.т.н., доцент каф. ОСУ ИК, сопредседатель секции № 4
Калинин А.В.	генеральный директор «SibEDGE», сопредседатель секции № 4
Калиниченко А.Н.	к.т.н., доцент каф. ФМПК ИНК, председатель секции № 5
Редько В.В.	к.т.н., доцент каф. ИИТ ИНК, сопредседатель секции № 5
Чернов А.В.	ст. преподаватель каф. ТиЭФ ФТИ, председатель секции № 6, сопредседатель секции №10
Дронов В.В.	к.т.н., ст. преподаватель каф. АРМ ИК, сопредседатель секции № 6
Зайганова С.Ю.	педагог-организатор ЦЗН «Склад ума», сопредседатель секции № 6, председатель секции №10
Шамина О.Б.	к.т.н., доцент кафедры ТАМП ИК, председатель секции № 7
Мозгалева П.И.	эксперт отдела элитного образования, сопредседатель секции № 7
Серебрякова Е.Н.	директор IQ Group, сопредседатель секции № 7
Галажинский А.В.	д. ф.-м.н., профессор каф. ВМиМФ ФТИ, председатель секции №8
Зюбин С.А.	к.ф.-м.н., доцент каф. ВМ ФТИ, сопредседатель секции №8
Романенко С.В.	д.х.н., профессор каф. ЭБЖ ИНК, сопредседатель секции №8
Рудницкий В.А.	к.т.н., доцент каф. ИКСУ ИК, председатель секции №9
Морозов В.С.	ст. преподаватель кафедры ИЯ ИК, сопредседатель секции № 9
Фазылов М.А.	инженер ЦЗН «Склад ума», сопредседатель секции № 10

*Издание сборника осуществлено при финансовой поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований*

©ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2014

# СЕКЦИЯ 1. РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ГЛУБОКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

## ВЛИЯНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ОЦЕНКУ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ НА ПРИМЕРЕ ВЕРХНЕЮРСКИХ КОЛЛЕКТОРОВ КРАПИВИНСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Оловянишникова Т.Е.  
E-mail: tanyao@sibmail.com

*Научный руководитель: доцент, кандидат геолого-минералогических наук, зав. кафедрой проектирования объектов нефтегазового комплекса Центра подготовки и переподготовки специалистов нефтегазового дела ТПУ В.П. Меркулов*

Оптимальное использование ресурсов месторождений углеводородов тесно связано с проблемой тщательного изучения характеристик насыщения и фильтрационно-емкостных свойств продуктивных пластов, вскрываемых скважиной. Расчеты данных характеристик и изучения свойств необходимы для обнаружения в разрезе продуктивных пластов и закономерностей их распределения по площади, подсчета запасов нефти и газа, изучения строения месторождения, выбора наиболее рациональной системы разведочного бурения. Для качественного изучения, разработки и эксплуатации месторождений углеводородов необходимо создание вариантов петрофизических моделей коллекторов. Набор физических свойств во многом определяется литологическим составом и условиями образования горных пород. Целью данной работы является выявление пространственных закономерностей изменения петрофизических параметров свойств коллекторов в зависимости от литолого-фациальной зональности месторождения для повышения достоверности оценки физических свойств коллекторов нефти и газа.

Изучаемый район по своему расположению приурочен к Верхневасюганскому инверсионному антиклинорию и Верхнедемьянскому мегаантиклинорию с разделяющим их Чекинским прогибом. Крапивинское месторождение приурочено к одноименному локальному поднятию, расположенному на юго-западном склоне Моисеевского куполовидного поднятия, осложняющего южный склон Каймысовского свода. Нефтегазоносность на Крапивинской площади приурочена к отложениям верхней юры, где выделяют васюганскую, георгиевскую и баженовскую свиты. Основные промышленные запасы на месторождении связаны с песчаным пластом Ю<sub>1</sub><sup>3</sup> подугольной толщи [1, 2].

Особенностями геологического строения залежей нефти пласта Ю<sub>1</sub><sup>3</sup> Крапивинского месторождения являются:

- локальное расположение залежей в пределах покровного развитого коллектора;
- значительная изменчивость фильтрационно-емкостных свойств резервуара по разрезу и площади нефтеносных зон.

Основной продуктивный резервуар Ю<sub>1</sub><sup>3</sup> Крапивинского месторождения имеет дизъюнктивно-блоковое строение. Мозаичное распределение нефтяных полей в пределах Крапивинского поднятия объясняется наличием в теле коллектора серии лентоподобных, низкопроницаемых песчаных полос, выполняющих роль фронтальных экранов [2,3].

Осадконакопление происходило в дельтовых условиях. Особенности литологического строения и фильтрационно-емкостной неоднородности пласта позволяют выделить четыре литолого-петрофизические типа разреза на территории месторождения. Чередование по площади полосовидных участков улучшенных (литолого-петрофизический тип разреза 1а, 1б и 1в) и ухудшенных (литолого-петрофизический тип разреза 4) коллекторов, имеющих северо-восточное простирание, происходит с СЗ на ЮВ. В плане идет чередование отложений каждого типа. Переходно-дельтовые отложения (разрезы 3 литолого-петрофизического типа) отделяют отложения дельтовой протоки (2 литолого-петрофизического типа разреза) от береговых баровых песчаников (разрез 1 и 4 типа) и имеют северо-западную ориентировку (рисунок №1).

Для каждого литолого-петрофизического типа рассмотрен следующий набор петрофизических параметров: минералогическая, увлажненная плотности ( $\delta_{увл}$ ), коэффициенты открытой пористости, проницаемости ( $K_{пр.г}$ ), электрической пористости ( $P$ ), скорость продольных волн ( $V_p$ ) [4].

При петрофизическом исследовании проведены корреляционный и статистический анализы (таблица №1). Была изучена зависимость между коэффициентом открытой пористости и вышеперечисленными параметрами. Выявлено, что минералогическая плотность не зависит от коэффициента пористости. Отложения, принадлежащие типам 1б, 1в, 4, имеют одно уравнение корреляционной зависимости для увлажненной плотности отличное от уравнения для отложений 3 типа. Полученное можно соотнести с тем, что отложения 1 и 4 типов формировались в дельтовых условиях, а типа 3 в переходно-дельтовых. Для разрезов 1б и 1в типов уравнения, описывающие зависимость скорости продольной волны от пористости, имеют логарифмический вид, а для разрезов 3 и 4 типов экспоненциальный. Корреляционные уравнения электрического параметра пористости для всех типов разреза имеют линейную зависимость, но для разреза 1б типа для пористости 0-12% характерен экспоненциальный вид уравнения. Уравнение для проницаемости имеет экспоненциальный вид для всех литолого-петрофизических типов разреза. Отложения, принадлежащие литолого-петрофизическим типам 1а, 1б имеют одно уравнение. Также близки по значению коэффициенты уравнения для 2, 4 типов (рисунок №2).

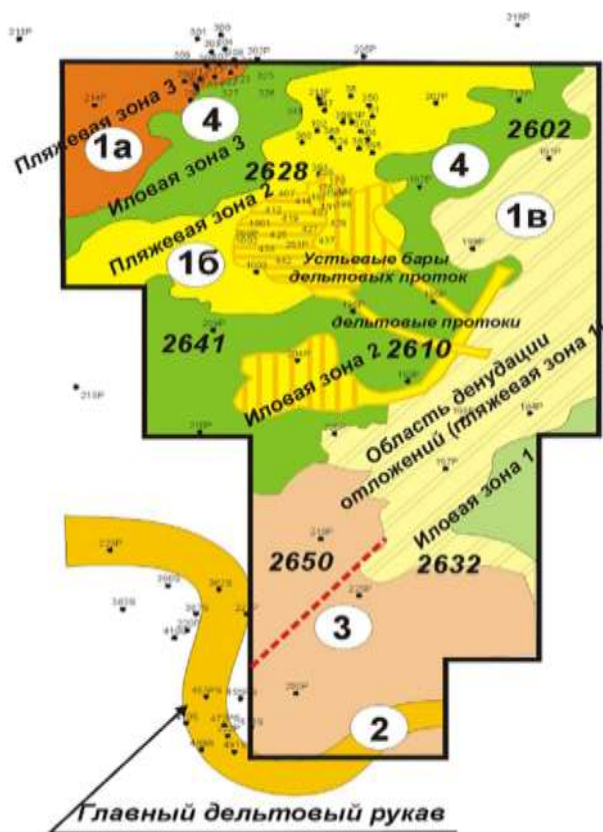


Рисунок 1.

Фациальная схема продуктивного резервуара Ю<sub>1</sub><sup>3</sup> Крапивинского месторождения  
1а, 1б, 1в, 2, 3, 4 - литолого-петрофизического типа разреза; 210Р – разведочная скважина; 1003 – эксплуатационная скважина

Таблица №1

Корреляционные зависимости петрофизических параметров для пласта Ю<sub>1</sub><sup>3</sup> Крапивинского месторождения (параметры приведенные в таблице коррелируют с коэффициентом открытой пористости)

	1а	1б	1в	2	3	4
пр.г	$y = 0,0004 * e^{-0,64x}$	$y = 0,0004 * e^{-0,64x}$	$y = 0,0016 * e^{-0,47x}$	$y = 0,0007 * e^{-0,585x}$	$y = 0,01 * e^{-0,347x}$	$y = 0,0005 * e^{-0,55x}$
	$y = 1,531x + 44,44$	$y = 1,97x + 56,64$ $y = 438,2 * e^{-0,98x}$		$y = -3,493x + 78,54$	$y = -2,858x + 73,03$	
р		$y = -1,4 * \ln x + 6,891$	$y = -0,83 * \ln x + 5,689$		$y = 5,777 * e^{-0,04x}$	$y = 4,354 * e^{-0,01x}$
увл		$y = -0,21 * \ln x + 2,971$	$y = -0,21 * \ln x + 2,971$		$y = -0,13 * \ln x + 2,797$	$y = -0,21 \ln x + 2,971$

Статистический анализ проводился по критерию Колмогорова-Смирнова [5]. Статистический анализ подтвердил существование зональности на территории данного месторождения (таблица № 2), но зоны, сложенные отложениями 1в, 3 и 4 типов, исходя из данного анализа, можно объединить в одну зону. При данном упрощении следует учитывать, что для отложений типов 1в, 3 и 1в, 4 минералогическая и увлажненная плотности являются различными соответственно. Значения петрофизических параметров 1а,2б и 1б, 1в имеют существенные различия для петрофизических параметров, а зоны отложений типов 1а и 1в можно объединить. В плане наблюдается чередование по площади полосовидных участков улучшенных (типы разреза 1а,1б) и ухудшенных (тип разреза 4) коллекторов, данное чередование также подтверждается в ходе статистического анализа.

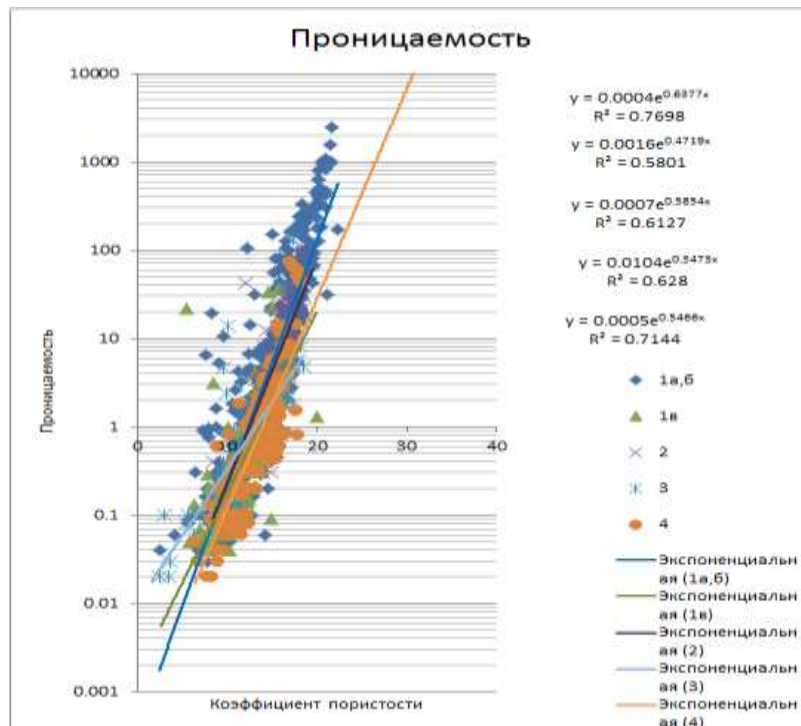


Рисунок 2.  
Корреляционная зависимость проницаемости от открытой пористости для выделенных типов.

Таблица №2.

*Результаты статистического анализа петрофизических данных по критерию Колмогорова-Смирнова (1-зоны по рассмотренному признаку не отличаются; 0 – зоны по рассмотренному признаку отличаются существенно).*

зоны Параметры	1а,б	1б,в	1а,в	1а,4	1б,4	1в,4	1в,3	2,3	3,4
$\delta_{\text{мин}}$	0	1	1	0	0	0	0	0	1
$\delta_{\text{увл}}$		0				1	0		1
$K_{\text{п.о}}$	0	0	0	0	0	1	1	0	1
$K_{\text{пр.г}}$	1	0	1	1	1	1	1	1	1
$P$	0							1	
$V_p$		0			0	1	1		1

Распределение петрофизических параметров соответствует литолого-фациальной зональности месторождения, но не в полной мере. Несколько зон, приведенных выше, можно объединить в предложенной петрофизической модели. Полученное соотношение позволяет более надежно давать оценку фильтрационных свойств с учетом места положения скважин в общей зональной схеме месторождения, что позволит оптимально расходовать имеющиеся ресурсы.

#### Литература

1. Белозеров В.Б. Седиментационные модели верхнеюрских резервуаров горизонта Ю1 Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции как основа для оптимизации систем их разведки и разработки. диссертация ... доктора геолого-минералогических наук – Новосибирск, 2008г. – 263с.
2. Кравченко Г.Г. Модель формирования продуктивных пластов горизонта Ю1 Крапивинского месторождения нефти: юго-восток Западной Сибири: диссертация кандидата геолого-минералогических наук - Томск, 2010. - 157 с.
3. Ежова А.В.. Литология. – М.: Издательство ТПУ, 2009. – 336 с.
4. Итенберг С.С. Геофизические исследования скважин. – М.: Недра, 1983. – 352 с.
5. Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике / Под ред. В.И Дмитриева. – М.: Недра, 1990. – 498 с.

## СПЕЦИФИКА НЕУСТОЙЧИВОГО ВЫТЕСНЕНИЯ ПЛАСТОВОЙ НЕФТИ В ПРОЦЕССЕ ЗАВОДНЕНИЯ

Таскин Н.О.  
E-mail: effect1ve@mail.ru

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

### Введение

Во время развития нефтедобывающей отрасли стали использовать такой метод как заводнение пласта. Заводнение широко используется для повышения пластового давления истощающегося коллектора и для получения дополнительного притока нефти к добывающим скважинам. Выигрыш состоит в низких капитальных и эксплуатационных затратах, особенно если сравнивать с большинством других методов увеличения нефтеотдачи, хотя при этом нужно учитывать и затраты на бурение новых нагнетательных скважин. Но главная проблема процесса заводнения пласта с нефтью - неустойчивое вытеснение нефти водой, на что и нацелено внимание данной статьи. Но из-за данного эффекта вода опережает нефть и проникает значительно дальше, чем хотелось бы, и на поверхность выкачивается смесь, содержащая в основном воду.

Цель исследования: рассмотрение особенностей данной проблемы на основе результатов моделирования в ячейке Хеле-Шоу и обзор существующих путей решения. Введение в проблему образования вязких пальцев будет представлять рассмотрением явления в двумерной геометрии с

представлением экспериментальных результатов. Затем будет обсуждение специфики процесса и рассмотрением существующих методов решения.

При вытеснении жидкостью с малой вязкостью другой жидкостью, с большой вязкостью, первоначально плоская поверхность фронта вытеснения переходит в поверхность, напоминающую пальцы перчатки. Такие структуры получили название вязких «пальцев». Иначе говоря, для таких систем выполняется условие самоподобия. Анализ этого явления и способов борьбы с ним очень важен для практики.

Впервые подобные структуры встретились в опытах Журавлёва (1956) и Saffman & Taylor (1958). В ячейке Хеле-Шоу Журавлёву, Саффману и Тейлору удалось изучить вязкий палец: рассчитать форму аналитически в предположении равенства давлений на межфазной поверхности жидкостей. В последнее время интерес к этой теме заметно вырос, и была выдвинута теория о фрактальной природе объектов.

### Обзор проблемы

Моделирование фильтрационных течений в пористых средах с однородной проницаемостью осуществляется с помощью ячейки Хеле-Шоу. Эта конструкция представляет собой две параллельные пластины, разделённые малым зазором, существенно меньшим, чем ширина пластин. Впервые предложена в конце IX века английским инженером Генри Хеле-Шоу [1]. Течения в ней легко поддаются визуализации и описываются простыми математическими моделями.

Уравнение для течения одной жидкости было выведено из уравнения Навье-Стокса и для скорости течения  $v$  имеет вид уравнения Дарси

$$v = -\frac{k}{\mu} \nabla p,$$

где  $p$  – давление,  $\mu$  – вязкость жидкости,  $k = \frac{b^2}{12}$  проницаемость ячейки Хеле-Шоу.

Процесс же вытеснения нефти водой рассматривается как случай, когда вязкостью воды можно пренебречь (она примерно в 80 раз меньше вязкости нефти). Вода прорывает фронт и начинает опережать общую скорость вытеснения, двигаясь по трещинам в вытесняемой жидкости. Последовательное дробление кончиков «пальцев» приводит к возникновению фрактальных кластеров, то есть поведение более протяженного участка оказывается подобным поведению менее протяженного.

Фрактальная структура образуется путем бесконечного повторения (итерации) какой-либо исходной формы во все уменьшающемся (или увеличивающемся) масштабе по определенному алгоритму, т. е. в соответствии с определенной математической процедурой. Этот несложный процесс с обратной связью дает поразительно многообразный морфогенез, нередко подобный созданию природных форм. Таким образом, фракталы характеризуются самоподобием, или масштабной инвариантностью [2].

Экспериментальная часть

**Оборудование:** йодиол (раствор поливинилового спирта с яркой синей окраской), раствор глицерина (1/3 55% глицерина), люминесцентный порошок, лампа, набор шприцов, две пластины из оргстекла.

**Методика:** на поверхность первой пластины сконцентрировано в центр наносится жидкость, далее накрывается второй, при этом проводятся работы по удалению оставшегося воздуха. Через вторую пластину, которая оборудована в центре отверстием и трубкой для ввода другой жидкости, с помощью шприца вводят вторую жидкость, обладающую, соответственно, другой вязкостью.

### Эксперимент №1.

Йодинол был введён в раствор глицерина. Образование языков началось сразу с момента контакта жидкостей, и фрактальная картина начала только увеличиваться

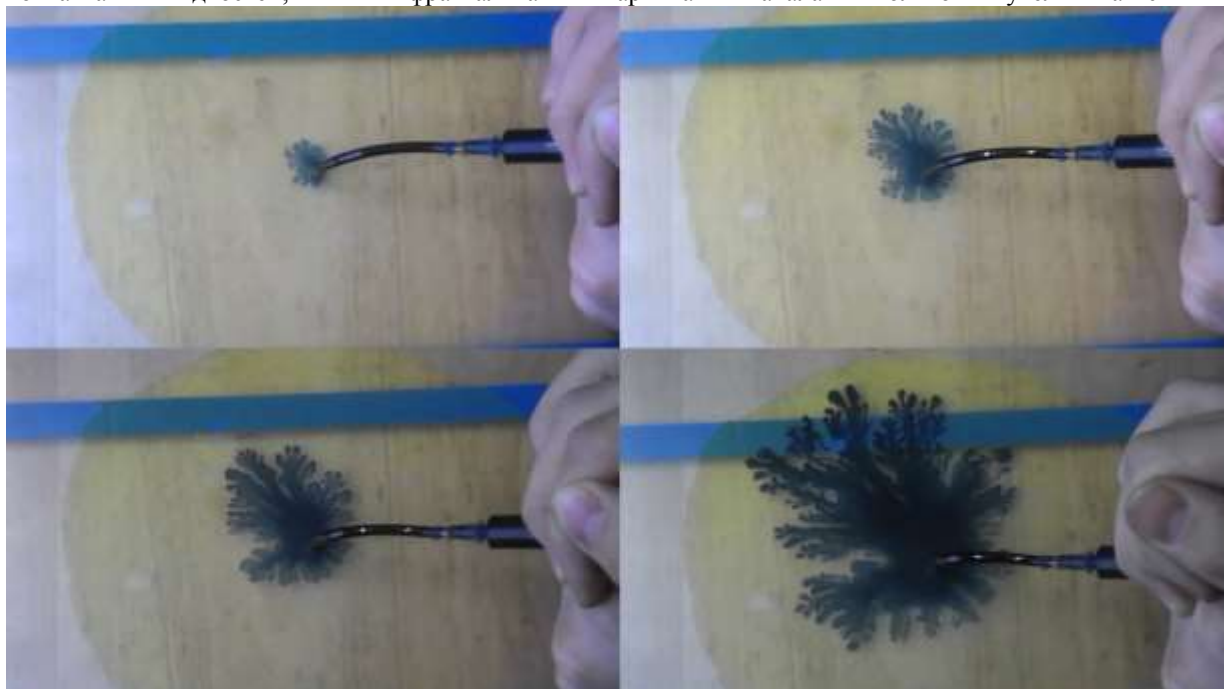


Рисунок 1. Эксперимент №1

### Эксперимент №2

Полностью аналогичный эксперименту №1, но в раствор глицерина был добавлен люминесцентный порошок, и всё было подсвечено ртутной лампой с целью улучшить визуальное восприятие процесса.

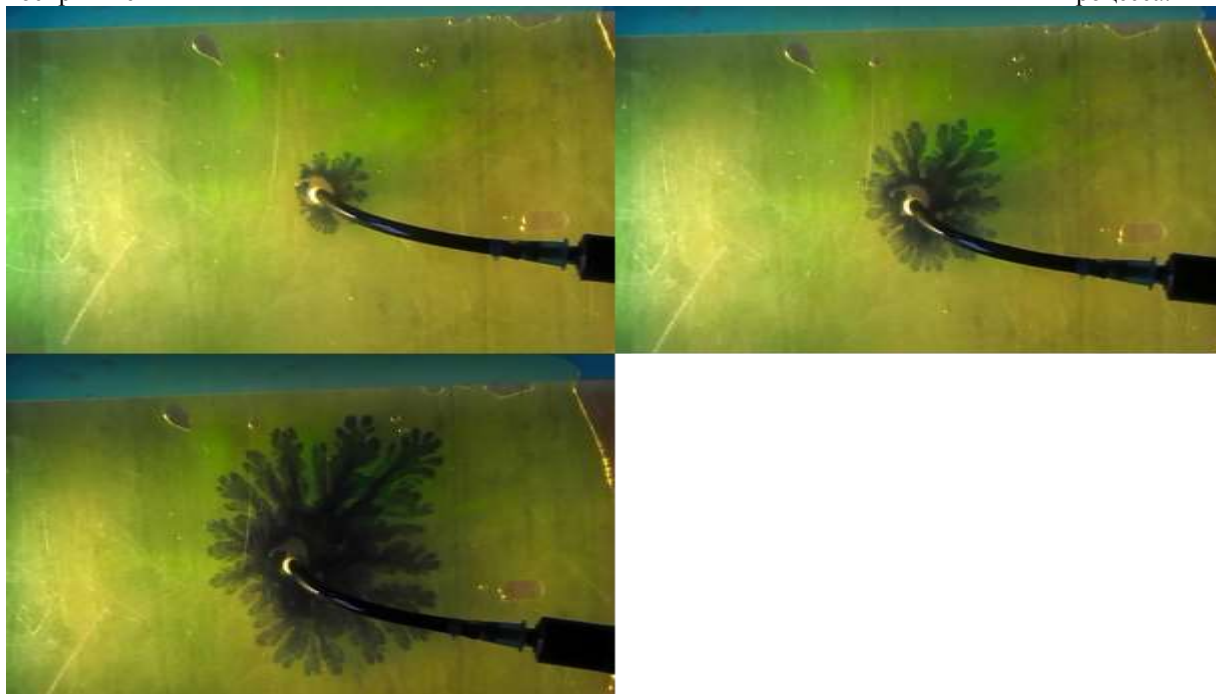


Рисунок 2. Эксперимент №2

В экспериментах была получена картина вязких пальцев, продемонстрирована фрактальная структура внедрения жидкости в более вязкую в процессе вытеснения.



На практике из-за описанного эффекта вода опережает нефть и проникает значительно дальше, чем хотелось бы, и на поверхность выкачивается смесь, содержащая в основном воду. При этом важное значение имеет линейная скорость движения воды по трещинам. При чрезмерно высоких темпах нагнетания в пласт воды или, напротив, чрезмерно высоких темпах отбора жидкости из пласта возникают условия, при которых опережающее движение воды по трещинам ведет к "блокировке" пористых блоков и "защемлению" в них нефти.

#### **Обзор методов снижения негативного эффекта заводнения**

По предложению А.П. Крылова коэффициент нефтеотдачи стали представлять в виде произведения двух коэффициентов: коэффициента вытеснения и коэффициента охвата пластов вытеснением.

$$\eta = \eta_1 \eta_2$$

Коэффициентом вытеснения нефти водой  $\eta_1$  при разработке нефтяных месторождений с применением заводнения называется отношение извлеченной из пласта нефти к ее запасам, первоначально находящимся в части пласта, подверженной воздействию заводнением.

Коэффициентом охвата пласта воздействием  $\eta_2$  называется отношение запасов нефти, первоначально находившихся в части пласта, подверженной воздействию заводнением, к геологическим запасам нефти в пласте.

Обеспечение равномерного вытеснения высоковязкой нефти из пласта путем уменьшения отношения коэффициентов подвижности для высоковязкой нефти и вытесняющего рабочего агента.

Для увеличения охвата пласта заводнением целесообразно использовать рабочие агенты с подвижностью значительно большей, чем подвижность воды, например, путем добавки в воду полимера (полимерное заводнение), ПАВ - поверхностно-активного вещества (мицеллярно-полимерное заводнение) или путем закачки оторочек водонефтяной эмульсии обратного типа с регулируемыми реологическими свойствами [3].

Добавление полимеров в воду, используемую для заводнения коллектора, повышает ее вязкость. Это снижает коэффициент подвижности воды относительно нефти и облегчает вытеснение нефти к добывающим скважинам. Сам по себе переход к полимерному заводнению не требует, как правило, больших капитальных затрат, однако следует учитывать текущие издержки на приобретение полимеров и их использование.

Тепловые методы подразумевают паротепловое воздействие на пласт, внутрипластовое горение, вытеснение нефти горячей водой, пароциклические обработки скважин, а также комбинированное использование этих технологий. Россия обладает значительными запасами тяжелых нефтей (9,0 млрд тонн), что позволяет рассматривать их как важный резерв сырьевой базы. Из всех новых методов повышения нефтеотдачи пластов, насыщенных тяжелыми нефтями, как в России, так и за рубежом, наиболее подготовленными в технологическом отношении являются термические методы, которые позволяют добывать нефть вязкостью до 10 000 мПа.с, увеличивая нефтеотдачу с 6 – 20% до 30 – 50%, что сегодня невозможно достичь никакими другими методами.

Тепловое воздействие, основанное на снижении вязкости нефти при нагревании, приводит к увеличению ее подвижности в пластовых условиях.

Применение газовых методов предполагает воздействие на пласт углеводородного газа, двуокиси углерода, азота, дымового газа, а также водогазового воздействия. Газовые методы давно применяют в США, Норвегии и Канаде [3].

Газовое заводнение – технология разработки нефтяных залежей, сочетающая преимущества газа и воды. Очень важно понять: почему при вытеснении нефти водой коэффициент нефтеотдачи выше, чем при вытеснении нефти газом? На многих нефтяных месторождениях Западной Сибири коэффициент вытеснения нефти водой равен 0,5, а коэффициент охвата пластов вытеснением равен 0,7. В итоге получается коэффициент нефтеотдачи 0,35. В тех же условиях коэффициент вытеснения нефти газом равен 1,0, потому что газ растворим в нефти, а коэффициент охвата пластов вытеснением равен 0,25, потому что велико соотношение подвижностей газа и нефти, и в итоге коэффициент нефтеотдачи получается равным 0,25, что почти в два раза меньше, чем при вытеснении нефти водой. Если соединить преимущества закачки газа и закачки воды – от газа взять высокий коэффициент вытеснения нефти 1,0, а от воды взять достаточно высокий коэффициент охвата пластов вытеснением 0,7 и в итоге получить коэффициент нефтеотдачи близкий к 0,7, т.е. вместо обычного заводнения осуществить газовое заводнение и почти в 2 раза увеличить коэффициент нефтеотдачи пластов и соответственно почти в 2 раза увеличить начальные извлекаемые запасы нефти при одних и тех же начальных балансовых геологических запасах нефти.

Его реализация позволит решить сразу две проблемы: повысить процент использования (утилизации) растворенного (попутного) газа и одновременно увеличить нефтеотдачу пласта.

#### Выводы

1. Проведёнными экспериментами в ячейке Хеле-Шоу был воспроизведён процесс неустойчивого вытеснения одной жидкостью другой более вязкой.
2. Получена картина вязких пальцев и визуально представлена их фрактальная структура.
3. Выявлена тенденция развития методов нефтедобычи и рассмотрен метод газового заводнения, который будет активно использоваться в ближайшем будущем.

#### Литература

1. Логинов О.А. Диссертация «Особенности неустойчивого вытеснения вязкой жидкости из ячейки Хеле-Шоу при больших числах Пекле» - МГУ имени М.В. Ломоносова, 2011 – 117 с.
2. Федер Е. Фракталы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. -254 с., ил.
3. Шелепов В.В. Новые технологии повышения нефтеотдачи в проектных документах ЦКР Роснедр по УВС// Бурение и Нефть, Ноябрь 2011.

## ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ И СОРБЦИЯ ВОЛЬФРАМА ИЗ БЕДНОГО МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Аманбаев Д.Д.

E-mail: daleramanbayev@gmail.com

*Научный руководитель: аспирант, Чегринцев С. Н., ФТИ, кафедра ХТРЭ НИ ТПУ.*

#### Актуальность работы

На территории ОАО «Новосибирский Оловянный Комбинат» скопилось более 600 000 тонн отходов, в которых содержание вольфрама достигает 2,5-3 %. При рыночной стоимости металлического вольфрама на рынке 55 000 USD за тонну [1] переработка сырья с низким содержанием вольфрама представляется перспективной и выгодной. В литературе [2] описана возможность рентабельной переработки сырья с 5 % содержанием вольфрама, однако данные исследования проводились в шестидесятых годах XX века. Использование современных методов вскрытия сырья и применение надежного оборудования позволяет снизить эту планку до 1,5 %, то есть делает экономически эффективным использование отходов ОАО «НОК» в качестве сырья для производства вольфрама.

Введение в оборот вторичного сырья – отходов ОАО «НОК» – является альтернативой использованию природных руд, что делает предлагаемую технологию производства вольфрама ресурсоэффективной.

В данной работе рассмотрены технологические аспекты автоклавного содового выщелачивания вольфрамсодержащего сырья с последующим концентрированием металла ионным обменом.

#### Экспериментальная часть

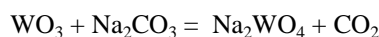
Отходы оловянного производства содержат от 0,5 до 3 % оксида вольфрама(VI). Макрокомпонентами шлаков металлургии олова являются оксиды, железа, кальция, кремния и алюминия; в сырье присутствует сера (табл. 1).

*Таблица 1. Усредненный химический состав отходов оловянного производства ОАО «Новосибирский оловянный комбинат»*

Вещество	Содержание, %					
	Fe	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al	S	WO <sub>3</sub>
Шлак оловянного производства	23,4	13,7	43,4	5,6	0,7	1,8

На сегодняшний день самым эффективным способом вскрытия вольфрама является автоклавное выщелачивание сырья с содой  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Наряду с высокой степенью извлечения вольфрама, оно требует меньших капитальных вложений [3].

Целью исследования автоклавного извлечения вольфрама в раствор являлось определение времени проведения процесса и соотношения сырья к выщелачивающему раствору. Как отмечено выше, выщелачивающим раствором является концентрированный раствор соды. Нерастворимый оксид вольфрама(VI) переходит в растворимый вольфрамат натрия:



Выщелачивание проводили при 225 °С при постоянном перемешивании со скоростью 60 об/мин.

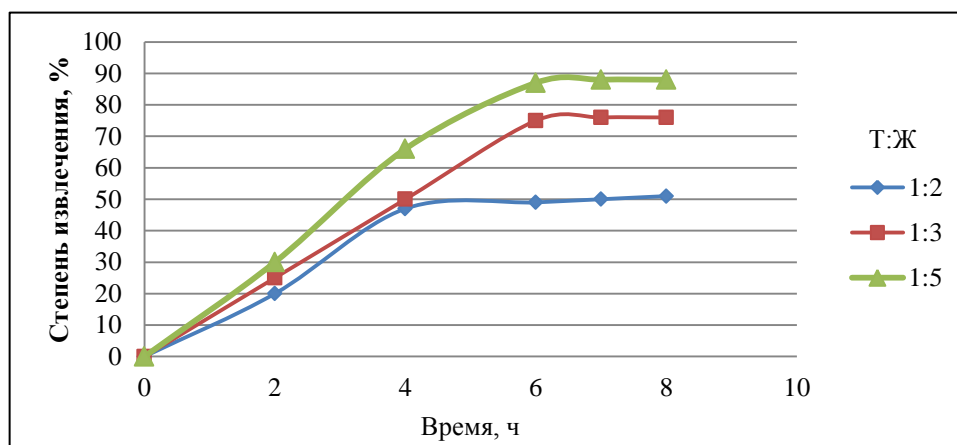


Рисунок 1. Степень извлечения вольфрама в автоклаве концентрированным раствором соды.

Из рисунка 1 видно, что удовлетворительных результатов можно добиться при соотношении сырья к выщелачивающему раствору  $T:Ж = 1:5$  за 6 часов. По истечении шести часов кривая выходит на плато при степени извлечения вольфрама 87 %. Концентрация вольфрама в продуктивном растворе 2,97 г/л в пересчете на металл.

Помимо вольфрама в раствор из сырья переходят бор, алюминий, сера, кремний, калий, кальций, сурьма. Элементы, содержание которых не превышает 10 мг/л, не указаны (табл. 2).

Таблица 2. Состав продуктивного раствора после выщелачивания.

Элемент	B	Al	S	Si	K	Ca	Sn	W	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
Концентрация, мг/л	267	17	834	1374	613	56	159	2970	2180000

Следующим этапом рассматриваемой технологии является извлечение вольфрама из продуктивного раствора выщелачивания. Вольфрам в растворе находится в форме вольфрамат-иона  $\text{WO}_4^{2-}$ . Для его извлечения выбрали метод ионного обмена [4]. В качестве ионообменных смол выбрали высокоосновные аниониты, широко применяемые в промышленности – АВ-17-8 и Amberjet 4200, так как вольфрамат-ион несёт отрицательный заряд, а среда раствора сильнощелочная.

Исследование сорбции вольфрамат-иона на смоле из сильнощелочных растворов провели в три этапа: сорбция вольфрамат-иона из чистых модельных растворов, сорбция вольфрамат- и карбонат-ионов из продуктивных растворов и сорбция модельных растворов в две стадии. Цель первого этапа – определить оптимальное соотношение количества анионита к раствору (анионит:раствор), тип подвижного иона и емкость смолы по вольфраму. Цель второго и третьего этапов – определить емкость смолы для соответствующих растворов.

В ходе первого эксперимента установили, что большей емкостью по вольфраму обладает анионит АВ-17 – 8 – 42,5 кг/м<sup>3</sup> против 32 кг/м<sup>3</sup> для Amberjet 4200. По этой причине дальнейших исследований на смоле Amberjet 4200 не проводили.

Для первой части исследования приготовили модельный раствор вольфрамата натрия  $\text{Na}_2\text{WO}_4$  концентрацией 3 г/л по вольфраму. Установили, что оптимальным соотношением анионит:раствор является 1:8. Из рисунка 2 видно, что увеличение объема анионита в 4 раза дает незначительный

выигрыш в степени извлечения – 2,7%, однако значительно увеличивает материальные затраты на анионит.

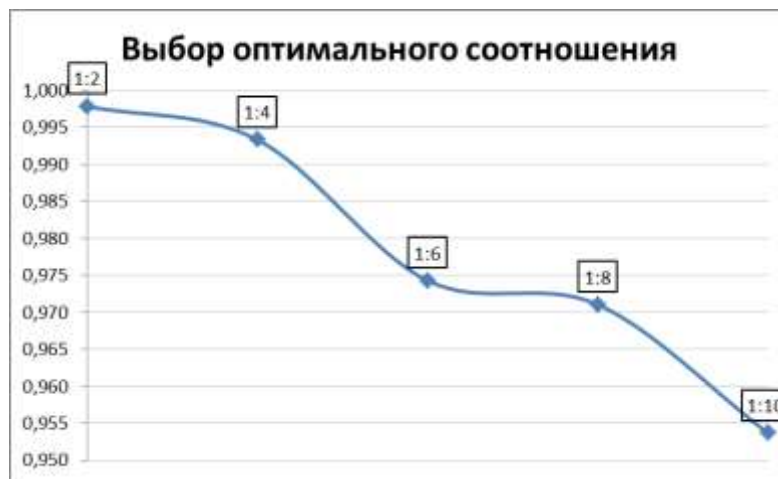


Рисунок 2. Выбор оптимального соотношения анионит:раствор.

Определение подвижного иона, обеспечивающего максимальную емкость по вольфраму, проводили на том же модельном растворе вольфрамата натрия при соотношении анионит:раствор – 1:8. Зарядку анионита АВ-17-8 проводили хлорид-, нитрат-, гидроксид- и сульфат-ионами в течение суток. Из рисунка 3 видно, что наибольшей равновесной емкостью по вольфраму – 588,26 кг W на 1 м<sup>3</sup> смолы – обладает анионит, заряженный ионом хлора.



Рисунок 3. Равновесная емкость анионита АВ-17-8 по вольфраму для различных подвижных ионов.

Сорбция вольфрама из продуктивных растворов показала, что емкость смолы по вольфраму уменьшается на порядок – 15,6 кг/м<sup>3</sup>. Более того, присутствие карбонат-ионов смещает равновесие сорбции в сторону свободных ионов, то есть ионы CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> при сорбции вытесняют ион WO<sub>4</sub><sup>2-</sup> из фазы ионита в раствор. Поскольку карбонат-ион препятствует сорбции вольфрама, было решено провести ионный обмен в две стадии с сорбцией CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> на первой и WO<sub>4</sub><sup>2-</sup> - на второй. В результате третьего эксперимента установили, что емкость ионита по вольфраму после очистки раствора от карбонатов увеличилась до 42 кг на 1 м<sup>3</sup> смолы.

## Результаты

1. Параметры автоклавного выщелачивания: температура 225 °С, перемешивание 60 об/мин, соотношение Т:Ж = 1,5; время 6 часов.
2. Оптимальное соотношение анионит:раствор – 1:8 с ионом хлора Cl<sup>-</sup> в качестве подвижного;
3. Решено проводить сорбцию в два этапа. При этом емкость анионита АВ-17-8 по вольфраму в продуктивных растворах выщелачивания достигает 42 кг/м<sup>3</sup>.

## Список использованной литературы

1. <http://www.infogeo.ru/metalls/worldprice>
2. Практика обогащения руд цветных и редких металлов том 4 Обогащения руд редких металлов. Т. 4: Обогащения руд редких металлов / М. А. Фишман, Д.С. Соболев. — М. : Госгортехиздат, 1963. — 712 с. : ил. — Библиогр. в конце гл.
3. B. D. Pandey, V. Kumar, D. Bagchi, R. K. Jana // Min. Proc. and Extract. Metal. Rev., v. 22, № 1, p. 101-120, (2001).
4. Зеликман А. Н., Коршунов Б. Г. Металлургия редких металлов: учебное пособие. — М.: Металлургия, 1991. —431 с.

## ИМПЕРАТИВНЫЕ МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРАВ ГРАЖДАН В СРАВНИТЕЛЬНОМ АНАЛИЗЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО И ПРИРОДООХРАННОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ФЕДЕРАТИВНОЙ РЕСПУБЛИКИ ГЕРМАНИЯ

Дорошенко О.В.  
E-mail: HWBEK@sibmail.com

*Научный руководитель: Дукарт С.А., к.и.н, доцент, место работы: Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет*

Экологическое право Германии носит более императивный характер, чем в Российской Федерации. Требования и запреты, содержащиеся в германском экологическом законодательстве, строго соблюдаются каждым, что обеспечивается высоким уровнем экологического правосознания нынешнего поколения, эффективным воплощением программного принципа правового государства и, конечно же, неотвратимостью наказания за экологические правонарушения. В Уголовном кодексе Германии [1] также нашли отражения нормы, регулирующие отношения в сфере экологических преступлений. Раздел двадцать девятый включил в себя такие параграфы: «Загрязнение водоема», «Загрязнение почв», «Загрязнение воздуха» «Особо тяжкий случай наказуемого деяния против окружающей среды» и др. Административные правонарушения в сфере экологического права предусмотрены другими законами ФРГ об окружающей среде. Например, глава 10 Закона «Об охране природы и охране ландшафта» предусматривает штрафные санкции и инструкцию их применения за экологические правонарушения [2].

Кроме того, в Германии существует отдельный закон, посвященный экологической проверке (Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung – UVPG). В нем закреплены нормы, регулирующие стратегическую экологическую проверку при планировании ландшафта, путей сообщения, инструкции при проведении проверки, ответственность за нарушения экологических требований, а также другие правовые предписания [3].

Несмотря на приемлемость императивного метода в экологическом праве, нужно учитывать не только его имманентность публично-правовым отношениям, а также иметь в виду несовершенство или, может быть, недостаток эффективных регуляторов рыночного типа в условиях российской современной экономики, где запретительно-обязывающая регуляция, несмотря на продуктивность государственного принуждения в области защиты природы, сохраняется, едва ли не единственным

возможным. Конечно, данная мысль не снимает задачу создания новых средств экономического стимулирования и внедрения старых.

Одним из основных правовых способов осуществления экологических прав является правовая ответственность за нанесение экологического ущерба. По мнению И.О. Красновой, перед совершенствованием данного механизма стоит сложная задача: способствовать не только балансированию экономической и технической работы по ликвидации неблагоприятных природных последствий хозяйственной эксплуатации окружающей среды, а также стимулированию экологического корректного поведения, не препятствуя экономическому росту [4].

По мнению профессора В.В. Круглова отсутствие четкого инструмента компенсации экологического ущерба, причиненного гражданам предприятиями, неимение нормативного требования, касающегося планирования природоохранной и экологической деятельности фирмами приводит к плохой реализации экологических прав граждан [5].

Но даже у такого развитого государства как Германия, имеются проблемы осуществления экологических прав граждан. Выделяется две основные проблемы: небезупречность правотворчества и недостатки правоприменения.

Верить в беспроblemность законодательства видится неправильным. Правоприменению зачастую противодействует большое число правовых норм, непрерывно увеличивающаяся концентрация правового регулирования, неимение внутреннего соответствия экологического законодательства и допустимость многообразия в интерпретировании законодательства [6].

Стоит обратить внимание на интересный факт. В Основном законе ФРГ [7] ничего не говорится об «экологическом благополучии», «праве граждан на благоприятную окружающую среду», «экологическом развитии», «охране окружающей среды», «обеспечении экологической безопасности», «бережном отношении к природным богатствам». В Конституции РФ [8], напротив, данным проблемам уделяется значительное внимание. Отсутствие регулирования данных отношений Конституцией ФРГ обусловлено, по нашему мнению, тем, что в Германии к принятию конституции уже настолько выработался механизм осуществления экологических прав, защиты окружающей среды, экологической безопасности, что законодатель не посчитал нужным отнести данные правоотношения к наиболее значимым для государства.

Учитывая все вышеперечисленное, появляется вопрос: по какой причине осуществление экологических прав граждан в Российской Федерации находится на довольно невысоком уровне, вопреки их фиксации в законодательстве, а в ФРГ, несмотря на отсутствие обнародованных экологических прав, человек ощущает себя более защищенным при взаимодействии с окружающей средой?

По нашему мнению, ответ заключается в невысоком уровне правового механизма осуществления экологических прав граждан России, низком уровне экологического правового сознания, плохой гарантированности этих прав со стороны государства, неосуществлении субъектами правоотношений их экологических обязанностей, неисполнении принципа неотвратимости наказания за нарушение экологического права и др.

Таким образом, неудачи России заключаются в невысоком уровне экологического правового сознания, недостаточной гарантированности экологических прав граждан со стороны государственных органов, неисполнением правовыми субъектами своих экологических обязанностей, несоблюдением принципа неотвратимости ответственности за экологические правонарушения.

### Литература

1. Уголовное уложение (Уголовный кодекс) Федеративной Республики Германия / перевод: Серебrenникова А.В. М.: Зерцало-М, 2000. 208 с.
2. Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG) [Электронный ресурс]. URL: [http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bnatschg\\_2009/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bnatschg_2009/gesamt.pdf) (дата обращения: 21.09.2013).
3. Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/uvpg/gesamt.pdf> (Дата обращения: 23.09.2013).
4. Краснова И.О. Правовое регулирование возмещения экологического вреда // Экологическое право. 2006. № 4. С. 26–33.
5. Круглов В.В. Экологические права граждан РФ и их организационно-правовое обеспечение // Права человека: Регулирование, реализация, защита. Материалы конференции (14 декабря 2007 г.). Екатеринбург: Филантроп. 2008. С. 15.

6. Breuer R. Praxisprobleme des deutschen Wasserrechts nach der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie // Natur und Recht. 2007. № 8. S. 503–513.
7. Окуньков. Л.А. Основной закон Федеративной Республики Германии // Федеративная Республика Германия. Конституция и законодательные акты. Пер. с нем. / Под ред. Ю.П. Урьяса. – М.: Прогресс, 1991. – Приводится по: Конституции государств Европейского Союза / Под общей редакцией Л.А. Окунькова. – М.: Издательская группа ИНФРА-М –НОРМА, 1997. – С. 181–234.
8. "Конституция Российской Федерации" (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ) // «Рос. газета», № 7, 21.01.2009

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА НЕФТЕПРОДУКТОВ В ТРУБОПРОВОДАХ**

Куделин Н.С., Дедеев П.О., Урустемов Н.Н.  
E-mail: kudelin@tpu.ru

*Научный руководитель: доктор физико-математических наук, академик РАН, Харламов  
С.Н., профессор кафедры ТХНГ ИПР НИ ТПУ*

Настоящая статья имеет цель накопления знаний о природе вихревых течений и особенностях процессов переноса тепла, массы и импульса, а также и способах их математического моделирования. Такие сведения полезны в решении проблем разработки газоконденсатных месторождений, в проектировании металлоемкого и высокоэффективного оборудования по транспортировке сырья, снижения потерь на трения и теплоотдачу, что определяет актуальность рассматриваемых задач о комплексном физико-математическом моделировании вибро-акустических и гидродинамических процессов в трубопроводах, о моделировании движения неньютоновских жидкостей и движения углеводородной среды в круглых каналах сложной пространственной конфигурации.

В силу вышеупомянутого, достижение поставленной цели сводится к решению следующих задач:

1. Детально проанализировать имеющийся библиографический опыт по конкретной тематике;
2. Использовать статические модели второго порядка для предсказания или моделирования процессов движения неньютоновских жидкостей, движения углеводородных сред в круглых каналах сложной пространственной конфигурации и комплексных процессов виброакустики и гидравлики;
3. Определить достоинства статистических моделей «напряжения-поток».

### **Гидродинамика и теплообмен в условиях установившегося неньютоновского течения нефтепродуктов в трубопроводах**

Как показывают многочисленные исследования [1,2], особенность неньютоновских течений определяется специфическим характером изменения поля скорости, температуры по всей длине трубопровода. В случае, если течение существенно неизотермично, для достаточного его описания требуются эффективные методы численного моделирования пространственных процессов переноса импульса и тепла [3,4]. Учитывая эти обстоятельства, а также затраты на реализацию модели, привлекательным представляется использование дифференциальной модели для замыкания систем определяющих уравнений гидродинамики и теплообмена.

В данной статье рассматриваются турбулентные неизотермические течения в трубопроводах. Для иллюстрации математической модели ниже представлена система определяющих уравнений к описанию усредненных и пульсационных процессов. При моделировании турбулентных процессов используются современные статистические модели «напряжения-поток». Детали численного

решения достаточно полно представлены [3], причем для простоты записи уравнений для напряжений  $(\overline{u'_i u'_j})$ , потоков тепла  $(\overline{u'_i t'})$ , кинетической энергии турбулентности (k), времени пульсаций динамического поля ( $\tau$ ) в турбулентном течении используется индексная форма (1-4). Здесь общепринятые обозначения (полно представленные в [3]).

$$\begin{aligned} \frac{D(\overline{u'_i u'_j})}{Dt} = & \frac{\partial}{\partial x_\alpha} \left[ \left( \nu + c_{\mu_1} f_\mu \overline{u'_i u'_j} \tau \right) \frac{\partial \overline{u'_i u'_j}}{\partial x_\alpha} \right] - \frac{d_2}{\tau} \left( \overline{u'_i u'_j} - \frac{2}{3} k \delta_{ij} \right) \\ & - d_3 \nu \frac{\overline{u'_i u'_j}}{\tau^2 k} - \frac{2}{3} d_4 \frac{k}{\tau} \delta_{ij} + P_{ij} - \frac{\partial \nu}{\partial x_\alpha} \frac{\partial \overline{u'_i u'_j}}{\partial x_\alpha}; \end{aligned} \quad 1)$$

$$\begin{aligned} \frac{D(\overline{u'_i t'})}{Dt} = & \frac{\partial}{\partial x_\alpha} \left[ \left( \nu + \frac{a - \nu}{n_1 + 2} + c_{\mu\theta} f_{\mu\theta} \overline{u'_i u'_j} \tau \right) \frac{\partial \overline{u'_i t'}}{\partial x_\alpha} \right] - \frac{c_2}{\tau} \overline{u'_i t'} \\ & - c_3 (\nu + a) \frac{\overline{u'_i t'}}{l_{u'_i t'}^2} - \overline{u'_i u'_\alpha} \frac{\partial T}{\partial x_\alpha} - \overline{u'_i u'_\alpha} \frac{\partial U_i}{\partial x_\alpha} - \frac{\partial \nu}{\partial x_\alpha} \frac{\partial \overline{u'_i t'}}{\partial x_\alpha}; \end{aligned} \quad 2)$$

$$\frac{Dk}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x_\alpha} \left[ \left( \nu + c_{\mu_2} f_\mu \overline{u'_i u'_j} \tau \right) \frac{\partial k}{\partial x_\alpha} \right] - c_{kl} \overline{u'_i u'_j} \frac{\partial U_i}{\partial x_j} - \frac{k}{\tau}; \quad 3)$$

$$\begin{aligned} \frac{D\tau}{Dt} = & \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \left( \nu + c_{\mu_2} f_\mu \overline{u'_i u'_j} \tau \right) \frac{\partial \tau}{\partial x_i} \right] - \frac{2}{\tau} \left( \nu + c_{\mu_2} f_\mu \overline{u'_i u'_j} \tau \right) \frac{\partial \tau}{\partial x_i} \frac{\partial \tau}{\partial x_i} + \\ & + (c_{\varepsilon_2} f_2 - 1) - (1 - c_{\varepsilon_1}) \frac{\tau}{k} \overline{u'_i u'_j} \frac{\partial U_i}{\partial x_i} + \frac{2}{k} \left( \nu + c_{\mu_2} f_\mu \overline{u'_i u'_j} \tau \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \frac{\partial \tau}{\partial x_i}. \end{aligned} \quad 4)$$

Численное решение такой задачи строится с использованием неявных конечно-разностных схем, схем расщепления по пространственным переменным с последующим применением метода прогонки. Аппроксимация производных 2-го порядка точности относительно шагов  $\Delta x$ ,  $\Delta t$ . В определении поля давления используется обобщенный метод Симуни Л.М. [5], позволяющий успешно рассчитывать внутренние ньютоновские и неньютоновские потоки. Результаты исследования гидродинамики и теплообмена в трубопроводах показывают, что сформулированная модель турбулентности может успешно предсказывать изменения в тепловой и динамических структурах потока [6].

#### **Исследование нелинейных взаимодействий акустических и гидродинамических пространственных процессов в трубопроводах сложной формы в режимах их возбуждения**

Создание нового энергоэффективного оборудования в нефтегазовой отрасли требует увеличения ресурса его функционирования и ведет к необходимости повышения прочности и надёжности трубопроводов. В таких условиях стоит задача комплексного физико-математического моделирования гидродинамических и виброакустических процессов в трубопроводах сложной формы в условиях сильного возбуждения пульсациями течения вязкой углеводородной жидкости, решение которой приведёт к возможности расчета прочностных характеристик, необходимых для корректного проектирования линейной части нефтегазопроводов и предотвращения аварийных ситуаций.

Старение системы магистральных нефтепроводов требует более детального изучения влияния изменения “тонких” параметров среды на возбуждение трубопровода. Вопросы такого возбуждения для трубопроводной системы рассмотрены достаточно полно, детальный анализ представлен в [7]

Заметим, что в [8] представлено дифференциальное уравнение прогибов оси трубопровода при поперечных вибрациях:



$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = P - N \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - 2 \frac{\partial N}{\partial x} \frac{\partial y}{\partial x} - y \frac{\partial^2 N}{\partial x^2}, \quad (5)$$

где  $E$  – это модуль упругости,  $I$  – момент инерции сечения относительно нейтральной оси,  $y$  – прогиб трубопровода,  $M$  – изгибающий момент,  $N$  – продольной сжимающей силы,  $P$  – нагрузка на единицу длины.

В рамках допущений об одномерном характере течения вязкой среды, данное уравнение сводится к виду, готовому для параметрического анализа [8]:

$$\frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + a_{10}(x,t) \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + a_{20}(x,t) \frac{\partial^2 y}{\partial x \partial t} + a_{30}(x,t) \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + a_{40}(x,t) \frac{\partial y}{\partial x} + a_{50}(x,t)y - a_{30}(x,t)g = 0; \quad (6)$$

где выражения  $a_{i0}$  – известные функции ряда определяющих процесс параметров. Стоит заметить, что расчет в аналитическом виде такой системы сложен и неперспективен для инженерных приложений [Дедеев, Харламов].

На текущий момент выполнено обобщение (6) на учет пространственного характера изменения поля скорости, полученного из решения многомерной гидравлической задачи о сложном сдвиговом течении углеводородной среды в трубопроводе. Причем в турбулентном режиме структура потока предсказывалась на базе  $k$ - $L$  и  $k$ - $\omega$  двух параметрических моделей Глушко-Уилкокса [9]. Результаты расчета показывают, что в условиях развивающихся течений конвективно-диффузионные механизмы изменения поля скорости вызывают интенсификацию акустических процессов в трубопроводе. Об этом свидетельствуют распределения компонент вектора скорости на участках развивающихся процессов. Также в работе выясняются детали изменения структуры потока в зонах криволинейной стенки.

Заметим, что при построении численных решений системы определяющих уравнений взаимодействия акустических и гидродинамических процессов используется метод конечных разностей с аппроксимацией производных по пространственным координатам со второй степенью точности. В определении поля давления используется обобщенный алгоритм Л.М. Симуни [3].

Полученные результаты могут служить основой для совершенствования модели напряжений RSS (Reynolds Shear Stresses) [3] в расчетах нелинейных акустических и гидродинамических процессов, которая может быть сведена к алгебраической модели с учётом эффектов сопряжения теплообмена.

Результаты исследования указывают на успешное выполнение упомянутых выше задач: проведение детального анализа имеющегося библиографического опыта; использование статических моделей второго порядка для предсказания и моделирования процессов движения неньютоновских жидкостей, движения углеводородных сред в круглых каналах сложной пространственной конфигурации и комплексных процессов виброакустики и гидравлики; определение достоинств статистических моделей “напряжения-поток”.

Перспективным представляется разработка алгебраических моделей теплообмена при ламинарном или турбулентном течении для сопряжения с уже выполненными расчетами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. S.N.Kharlamov, R.E.Tereschenko. Heat transfer in laminar non-Newtonian flow through circular pipes // Proceedings of IFOST 2013: The 8th International Forum on Strategic Technology 2013, Pages 720-721;
2. S.N. Kharlamov, R.A. Alginov, R.E. Tereschenko and S.A. Pavlov. Closure Models for RANS and Wall Modelling of Turbulent Shear Flows in Power Systems // Proceedings of IFOST 2013: The 8th International Forum on Strategic Technology 2013, Pages 714-719;
3. Харламов С.Н и др. Математические модели течения и теплообмена во внутренних задачах динамики вязкого газа. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1993. - 187с.
4. J. Laufer. The structure of Turbulence in Fully Developed Pipe Flow // NACA. -1954. Rep. 1174. P. 1-18;
5. Симуни Л.М. Численное решение задачи при неизотермическом движении вязкой жидкости в плоской трубе// Инженерно – физический журнал 1966. Т10. No1, с. 86- 91.
6. Харламов С.Н., Терещенко Р.Е., Куделин Н.С. Гидродинамика и теплообмен в условиях установившегося неньютоновского течения нефтепродуктов в трубопроводах //Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов,

посвященной 50-летию создания Тюменского индустриального института. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. - с. 244-248.

7. Харламов С.Н., Дедеев П.О. Исследование нелинейных взаимодействий акустических и гидродинамических пространственных процессов в трубопроводах сложной формы в режимах их возбуждения // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов, посвященной 50-летию создания Тюменского индустриального института. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. - с. 241-244.

8. Канторович Л. В., Крылов В. И. Приближенные методы высшего анализа. — 5-е изд. — Л.-М.: Физматлит, 1962. — 708 с.

9.. Блехман И.И. Вибрационная механика. М.: Наука, 1994, 400 с.

## **ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАЙОНЕ С. БАКЧАР**

Моисеева Ю.А.

E-mail: julchiky@mail.ru

*Научный руководитель: доцент, кандидат географических наук, М.В. Решетько, доцент  
кафедры ГИГЭ ИПР НИ ТПУ*

Развитие климатологии во второй половине XX в. показало, что климат не постоянен. Изменения климата происходят как под действием естественных причин, так и вследствие антропогенного воздействия на климатическую систему. Наблюдаемая изменчивость метеорологических величин сопровождается аномалиями погоды, т. е. ненаправленными отклонениями от постоянных климатических средних значений.

**Актуальность:** В связи с глобальным изменением климата, который отмечен и в Западной Сибири возникает необходимость установить, насколько проявились изменения климата в районе с. Бакчар и как это скажется на величине водного стока.

### **Задачи:**

- вычисление характеристик и выявление изменений метеорологических величин с помощью статистического анализа
- оценка влияния изменений климатических параметров на водный сток.

В ходе исследования проведен статистический анализ данных климатических параметров и с помощью математической модели формирования водного стока выделены предполагаемые изменения гидрологических условий в исследуемом районе.

Материалом послужили специализированные массивы, как месячных, так и срочных данных [5] температуры воздуха, атмосферного давления, количества атмосферных осадков, упругости водяного пара, средней скорости ветра и продолжительности солнечного сияния метеостанции с. Бакчар за период с 1972 по 2008 гг.

В результате проведенного статистического анализа данных выявлено повышение среднегодовой температуры воздуха на 1,8°C в период с 1970 по 2008 гг (Рис. 1) и увеличение упругости водяного пара среднегодовых значений на 0,67 гПа (Рис. 2), особенно в зимние (0,53 гПа) и летние (1,39 гПа) времена года.

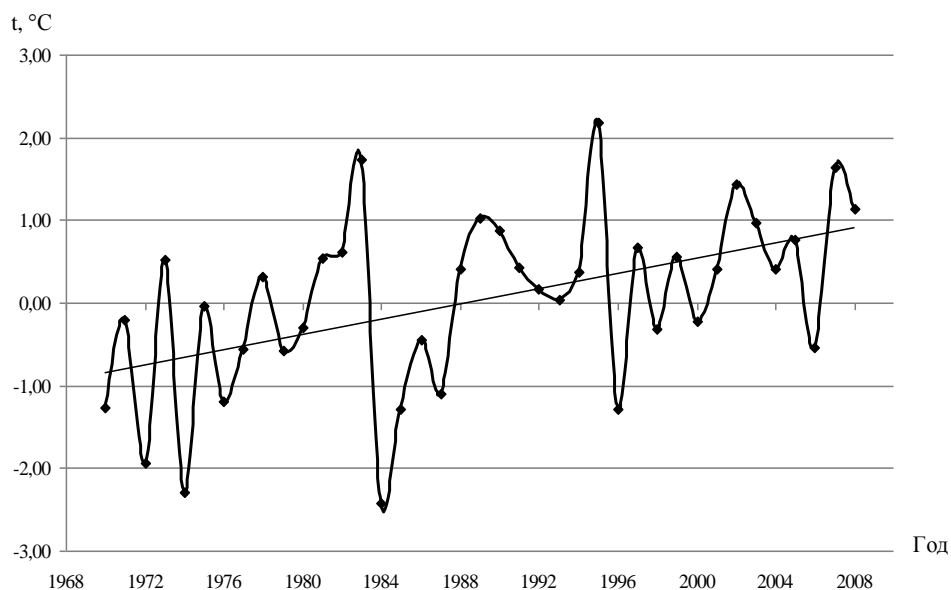


Рисунок. 1. Временной ход среднегодовой температуры воздуха с линейным трендом, период 1970 – 2008 гг.

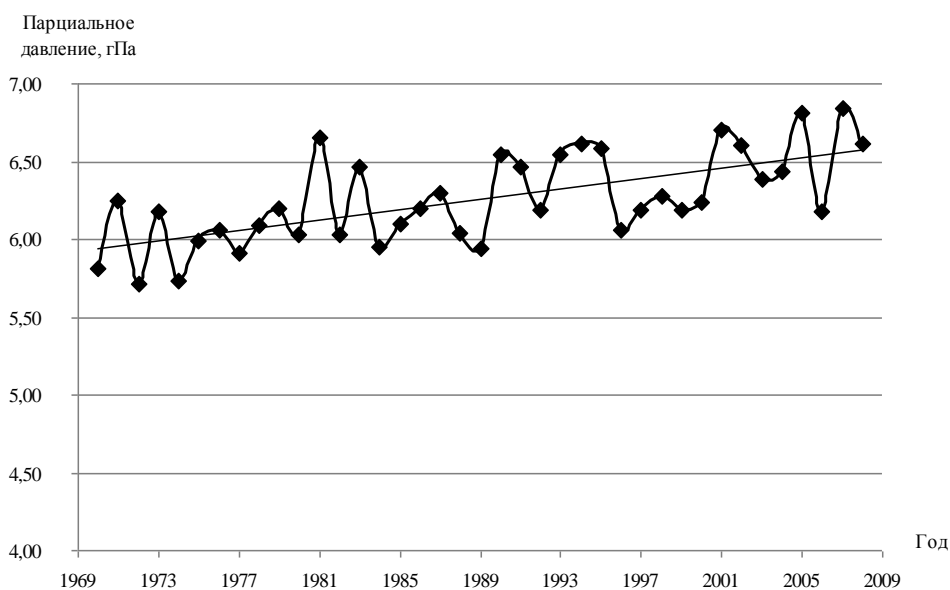


Рисунок. 2. Динамика изменений парциального давления водяного пара за период с 1970 по 2008 гг.

В данной работе тренды выявлены для рядов среднегодовых данных температуры воздуха в такие месяца, как февраль, март, май, июль, октябрь и упругости водяного пара в зимние (декабрь, февраль, март) и летние (май, июнь, июль) время года и для среднегодовых данных. Для продолжительности солнечного сияния скорости ветра, атмосферного давления и атмосферных осадков (тренд наблюдается в мае и декабре месяце), тренд статистически не выявлен.

При сравнении данных рассчитанных за период с 1970 по 2008гг и климатологических данных из справочных материалов за период 1961-1990гг [1], установлено, что среднегодовая температура воздуха района за период с 1970 по 2008гг. увеличилась в переходные сезоны года и в зимний период, наблюдается увеличение суммы атмосферных осадков в холодный период и уменьшение в теплый периоды, а так же прослеживается тенденция к увеличению скорости ветра во все периоды года, кроме периода половодья исследуемого района.

Для оценки влияния изменений климатических параметров на водный сток была использована математическая модель водного баланса малой реки Ключ – элемента речной сети «Ключ – Бакчар – Чая – Обь» (Западная Сибирь) автора О.Г. Савичева [4].

С помощью модели водного баланса было оценено среднее многолетнее значение атмосферного увлажнения, которое составило 470,8 мм, суммарного испарения – 387 мм. Можно сделать вывод, что за последние 40 лет количество атмосферных осадков, рассчитанных в период с мая по сентябрь меньше климатической нормы (1961-1990 гг.), а испарение превышает норму преимущественно в теплый период времени (Рис. 3 (а, б)).

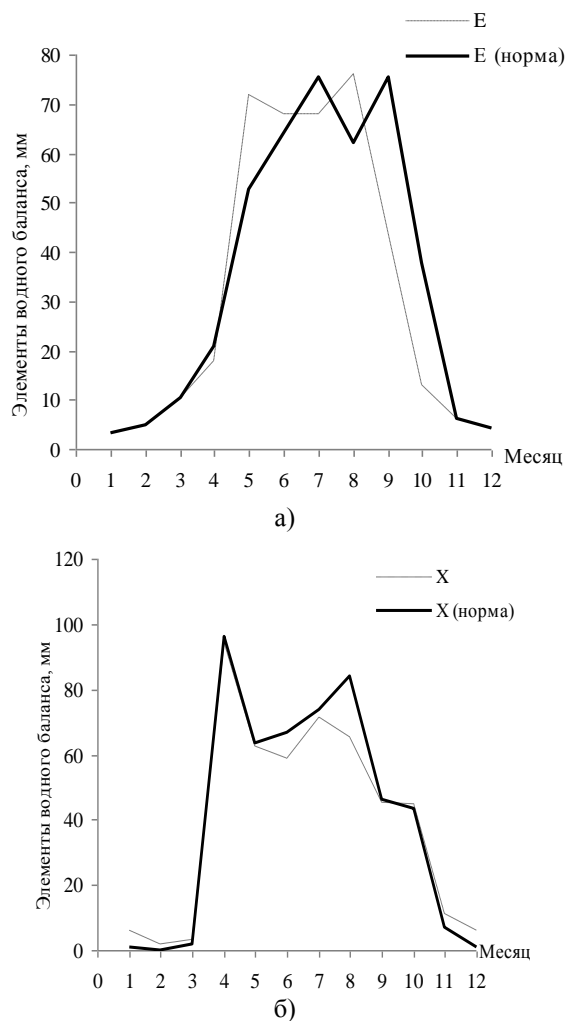
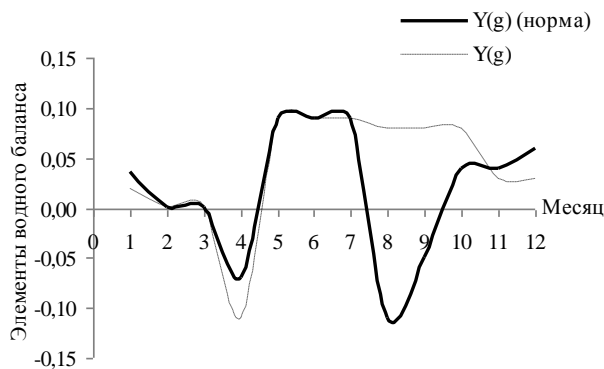
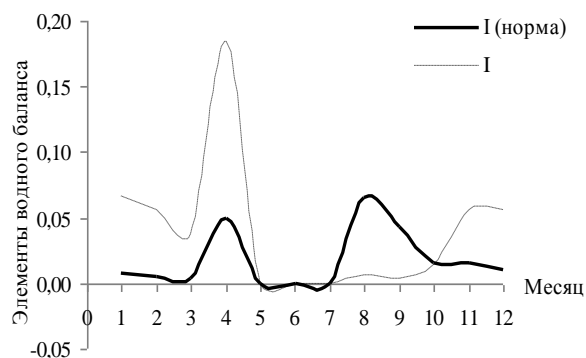


Рисунок. 3. Сравнение расчетного внутригодового распределения атмосферного увлажнения  $X$  (а) и испарения с поверхности водосбора  $E$  (б) со значениями, оцененными по климатической норме

Другие результаты получены в части оценки среднее многолетних значений инфильтрации и подземной составляющей речного стока в размере 0,2 мм. Столь низкие, по мнению авторов [4] её величины объясняются наличием водоупора из суглинков, подстилающего торфяную залежь и затрудняющего взаимосвязь между поверхностными и подземными водами. Тем не менее, такая связь прослеживается. На площади водосбора р. Ключ она заключается в подпитке речными водами подземных горизонтов в апреле, причём в противофазе с изменениями инфильтрации талых и дождевых вод (рис. 4 а).



а)



б)

Рисунок. 4. График сравнения расчетного внутригодового распределения подземной составляющей стока р. Ключ у с. Польшанка  $Y(g)$  (а) и инфильтрации вод  $I$  (б) со значениями, оцененными по климатической норме

Среднегодовое водное стока практически не изменяется и составляет 67,8 мм и наблюдается некоторое увеличение подземного стока в теплый период года (август-сентябрь), а также изменения величины инфильтрации в период половодья (апрель) наблюдается увеличение величины инфильтрации и уменьшении ее в августе и сентябре.

Таким образом, при анализе существующих изменений гидроклиматических условий в с. Бакчар, можно сделать вывод, что изменения климатических условий является приоритетным фактором изменения среднегодового водного стока в таежной зоне Западной Сибири по сравнению с возможными антропогенными и/или природными изменениями лесистости и заболоченности водосборов.

#### Список литературы

- 1) Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1 - 6. Выпуск 20. Томская, Новосибирская, Кемеровская области, Алтайский край. 1993 г – 526 с.
- 2) Семенов С.М. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем / Москва: Росгидромет, 2012. – 511 с.
- 3) Семенов С. М., 2002. Изменение годового хода среднесуточной температуры воздуха на территории России в XX веке, Доклады Академии наук, т. 386, № 3, с. 389-394.
- 4) Савичев С. М., Бернатонис П.В., Бернатонис В.К., 2002. Гидрологическое обоснование хозяйственного освоения торфяных болот (на примере водосбора реки Ключ, западная сибирь), № 3, с. 389 - 394.
- 5) Российский гидрометеорологический портал [электронный ресурс]: официальный сайт / <http://meteo.ru/>

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИБАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Мурзин М.А.  
E-mail: misha0009@mail.ru

*Научный руководитель: д.т.н. проф. Тимофеева С.С., Национальный исследовательский  
Иркутский государственный технический университет*

Горнодобывающая промышленность — важнейшая отрасль первичного сектора, включает добычу, переработку и обогащение минерального сырья — энергетического, рудного, горнохимического, строительных материалов.

За всю историю горного промысла в Иркутской области создана одна из разнообразнейших и лучших региональных минерально-сырьевых баз страны.

Особенности геологического строения региона обусловили нахождение в Иркутской области широкого разнообразия месторождений полезных ископаемых. В платформенной части открыты и разведаны месторождения ископаемого угля, каменной и калийной солей, углеводородного сырья, огнеупорных глин, широкого спектра сырья для производства строительных материалов, железных руд, гидроминерального сырья. В складчатых областях на территории Иркутской области расположены уникальный Ленский золотоносный район, Мамско-Чуйская слюдоносная провинция, Восточно-Саянская редкометальная провинция, различный комплекс горнорудного и горнохимического сырья: талька, цементных известняков, облицовочного камня, камнесамоцветного сырья, нерудного сырья для металлургии и другие.

На сегодняшний день в Иркутской области функционирует около 200 горнодобывающих предприятий.

Все горные работы по добыче сырья, разработке уступов, дражных полигонов, отсыпке отвалов, проходке оказывают непосредственное действие на людей работающих на предприятиях и представляют опасность и угрозу для их здоровья. [1]

В Иркутской области статистика производственного травматизма, в том числе со смертельным и тяжелым исходом в организациях показывает, что, несмотря на достаточно широкую законодательную базу в сфере охраны труда, а также планомерную работу по улучшению условий и охраны труда всех заинтересованных органов, уровень производственного травматизма продолжает оставаться достаточно высоким, но всё же, как и по всей Российской Федерации, сохраняется тенденция сокращения производственного травматизма, в том числе и в отрасли добычи полезных ископаемых (рис. 1).

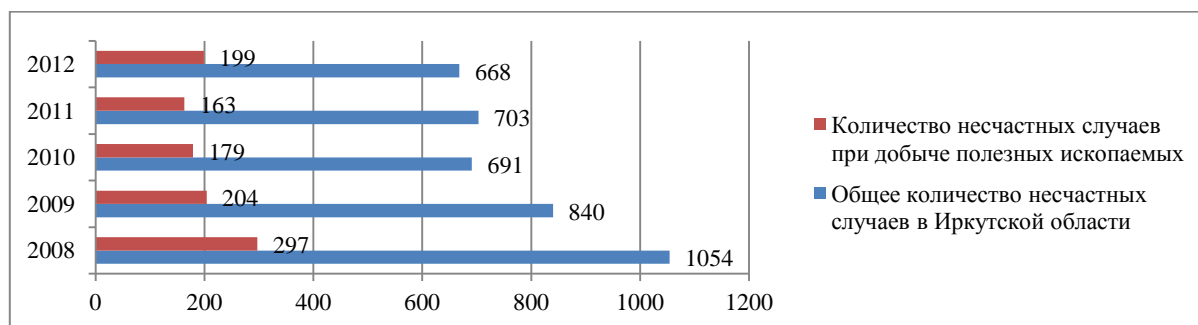


Рисунок 1. Динамика производственного травматизма в Иркутской области

По данным Территориального управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Иркутской области в 2012 году 264 работающим был впервые установлен диагноз профессионального заболевания (рис. 2). Зарегистрировано 5 случаев профессиональных отравлений.

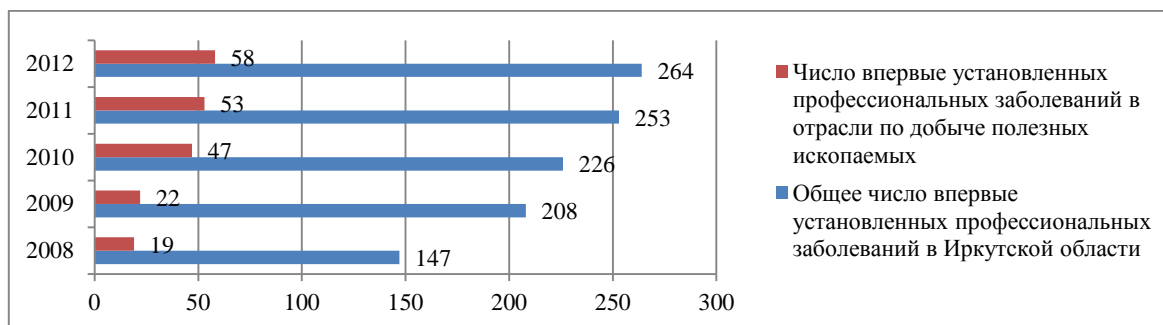


Рисунок 2. Динамика впервые установленных случаев профессионального заболевания в Иркутской области

На территории Иркутской области сконцентрировано большое количество производств и промышленности, на которых занята значительная часть населения. Высокий процент износа оборудования на предприятиях области, устаревшие технологии работы, низкое качество периодических медицинских осмотров и др. являются первоисточниками возникновения профзаболеваний. [2]

Рассмотренными предприятиями являются наиболее крупные горнодобывающие предприятия Иркутской области, такие как ООО «Трайлинг», Ангасольский щебеночный завод (ОАО «Первая нерудная компания»), ООО «Компания «Востсибуголь», ЗАО «Нукутский гипсовый карьер», ОАО «Высочайший», ОАО «Коршуновский ГОК», ОАО «Тыретский солерудник».

Федеральным законом от 18.07.2011г. №238-ФЗ внесены изменения в Трудовой кодекс Российской Федерации. Кодекс дополнен понятием «профессиональный риск» - это вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору или в иных случаях, установленных настоящим Кодексом, другими федеральными законами. Данные изменения Трудового Кодекса привели к необходимости производить оценку профессиональных рисков на производстве по разработанным методикам оценки профессиональных рисков. [3]

В 01.12.2012 введен в действие ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 «Менеджмент риска. Методы оценки риска», утвержденный Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 декабря 2011 г. N 680-ст и. Стандарт является основополагающим стандартом в области менеджмента риска и предназначен для предприятий различных отраслей промышленности. Так же, в стандарте содержатся рекомендации по выбору и применению методов оценки риска, представлены методы оценки риска и даны ссылки на другие международные стандарты, в которых более подробно описано применение конкретных методов оценки риска. Общее количество отраженных в стандарте методов равно 31.

В настоящее время существует множество государственно утвержденных методик оценки профессиональных рисков. Но помимо этих методик существует и огромное количество методик оценки профессионального риска разработанных отдельными обществами, предприятиями и институтами.

Рассмотрев методики оценки профессиональных рисков, работе использованы следующие методики:

- Метод балльной оценки;
- Метод анкетирования;
- Метод оценки уровня ИПР.

Предложенные методики достаточно просты, информативны и, как следствие, очень удобны для применения в системе мониторинга профессиональных рисков. Используя данные методики, был произведен расчет профессиональных рисков на рассмотренных предприятиях. Расчет профессиональных рисков выявил в основном «средний» риск, но так же имеются профессии с «высоким» уровнем риска. В основном это профессии занятые ручным трудом и работающие на устаревшем оборудовании, такие как машинист экскаватора, взрывник, машинист буровых установок.

Для сравнения уровня риска идентичных профессий рассмотренных предприятий было произведено сопоставление уровня риска к массе добываемого сырья. На рис. 3-5 представленная сравнительная оценка профессиональных рисков для профессий с высоким уровнем риска.

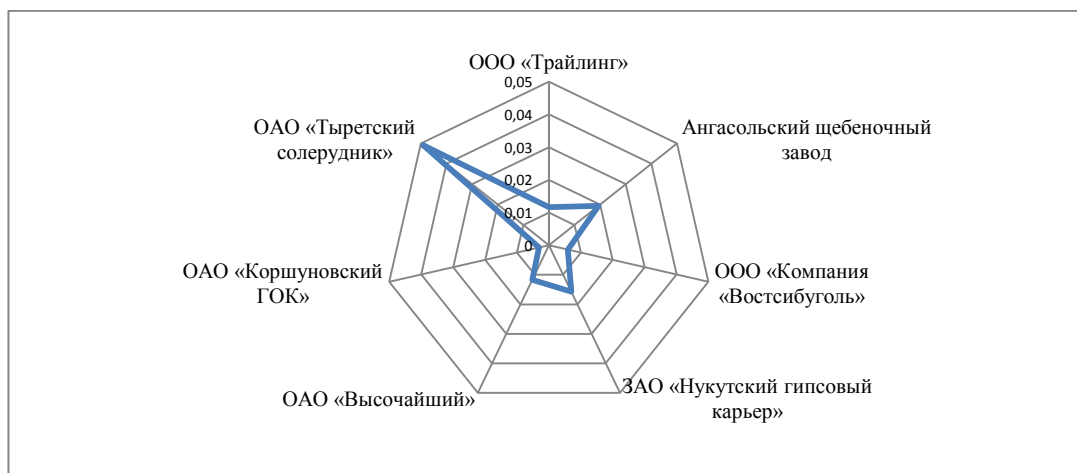


Рисунок 3. Сравнительная оценка риска профессии «Машинист буровой установки» предприятий Прибайкальского региона

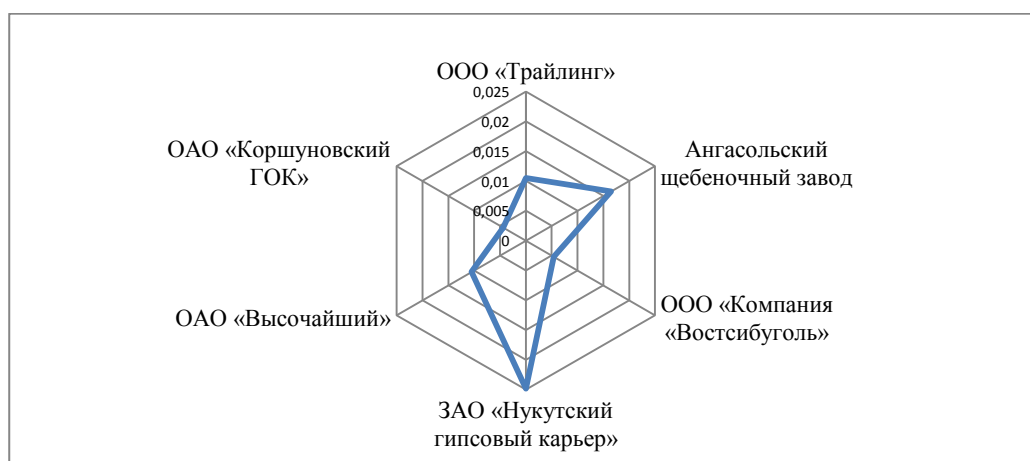


Рисунок 4. Сравнительная оценка риска профессии «Машинист экскаватора» предприятий Прибайкальского региона

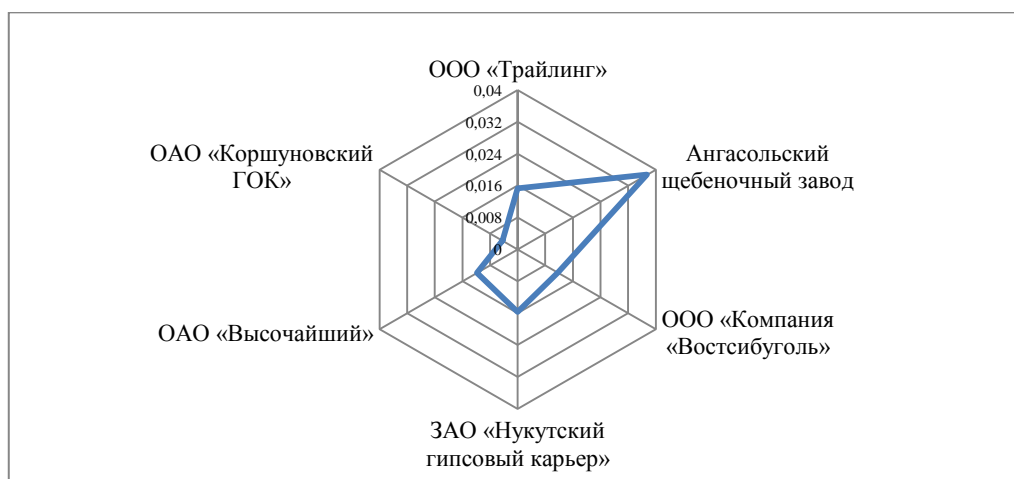


Рисунок 5. Сравнительная оценка риска профессии «Взрывник» предприятий Прибайкальского региона

Из представленных диаграмм следует, что горнодобывающая промышленность занимает наиболее весомое место в промышленном производстве Иркутской области, недра которой богаты полезными ископаемыми. Несмотря на это работающие в карьерах и шахтах горняки испытывают



целый комплекс неблагоприятных воздействий, создающих условия для возникновения производственных травм, острых и хронических профессиональных заболеваний. Эффективное решение вопросов охраны труда, соблюдение требований охраны труда и промышленной безопасности, внедрение новых, более совершенных методов организации безопасной работы приводит к снижению профессионального риска, улучшению условий труда на горнодобывающих предприятиях и предотвращению значительных финансовых затрат, которые расходуют горнодобывающие предприятия на последствия возникновения несчастных случаев и профессиональных заболеваний работников.

#### **Список литературы**

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2012 году».
2. Информационно-аналитический доклад «Состояние условий и охраны труда в Иркутской области в 2012 году и меры по их улучшению».
3. Трудовой Кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (в ред. Федерального закона от 28.12.2014 N 421-ФЗ).

## **ПОЛУЧЕНИЕ ГЛИКОЗИДОВ С ДИУРЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ**

Прохоренко Б. М.  
E-mail: minto31415@mail.ru

*Научный руководитель: старший преподаватель, Постников П.С., кафедра БИОХ ТПУ*

В настоящее время большинство современных диуретиков могут приводить к серьезным осложнениям, несмотря на то, что они довольно эффективны. Связано это с тем, что одновременно с потерей жидкости из организма выводятся ионы, поддерживающие водно-электролитный гомеостаз. Из-за потери организмом большого количества ионов, особенно кальция и калия, могут нарушаться функции жизненно важных органов – сердца и почек. Известно, что арбутин, который содержится во многих растениях, обладает выраженным диуретическим действием и при этом не вызывает существенных побочных эффектов. Нами был создан ряд химических соединений, по химическому строению близких к строению молекулы арбутина.

Полученные нами ранее вещества проявляют биологическую активность, но, к сожалению, обладают большой токсичностью. В связи с этим остаётся актуальной задача выяснения закономерностей структура – активность для целевой модификации уже ранее полученных синтетическим путём препаратов и получения нового эффективного безопасного селективного диуретика, что расширит лекарственный арсенал врачей и сделает данную группу лекарственных препаратов более доступных для населения Российской Федерации.

В рамках исследований для выяснения закономерностей структура - активность нами было выбрано параположение агликонов. Исходя из диуретической активности ранее синтезированных гликозидов можно сделать вывод о том, что наибольшей активностью обладают субстанции с гидрофильными полярными группами в параположениях.

В связи с этим для дальнейших исследований наибольший интерес представляет 4-(O-β-D-глюкопиранозилокси)-бензамид(Рис.1).

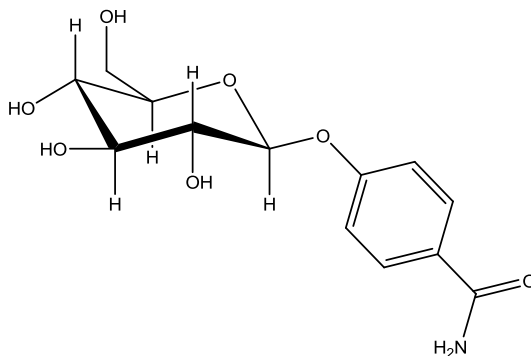


Рисунок .1 4-(*O*-β-*D*-глюкопиранозилокси)-бензамид

С целью получения целевого продукта нами было разработано 2 подхода:

1. Сначала был получен метиловый эфир 4-бензилоксибензойной кислоты из метилового эфира 4- гидроксibenзойной кислоты посредством его нагревания с карбонатом калия в ацетоне при 50 °С и дальнейшего нагревания в течение 5 часов до 80 °С с бромистым бензилом[1]. В дальнейшем из него была получена 4 – бензилоксибензойная кислота посредством добавления метанольного раствора гидроксида натрия[2]. Эту кислоту превратили в амид 4-бензилоксибензойной кислоты с помощью хлористого тионила[3], и уже из него планировалось присоединить гликозидную группу[4] для получения целевого продукта (1).

Но этот способ не привёл к получению достаточного для дальнейшего синтеза количества амида.

2. Отличается от первого способа тем, что из метилового эфира 4-бензилоксибензойной кислоты мы напрямую, нагревая его до 150 °С с концентрированным раствором аммиака, получили амид 4-бензилоксибензойной кислоты[5].

Проделанную работу и оставшиеся этапы можно увидеть на Рис.2 ниже.

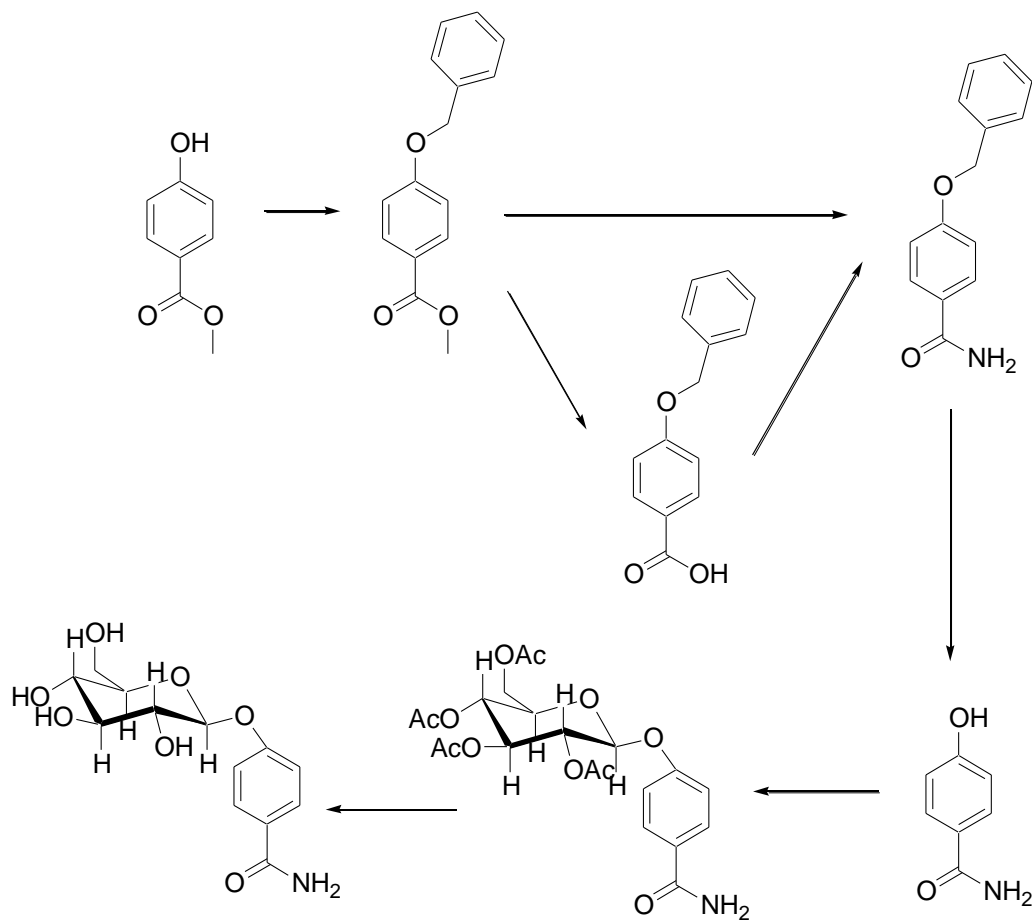


Рисунок.2.Схема синтеза

Сейчас уже получен амид, из которого планируется получить целевой продукт.

Для этого осталось провести последнюю стадию получения вещества, а именно гликозилирование и проверку биологической активности.

#### Список литературы:

1. Ким А.М. Органическая химия. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2002;
2. Робертс Дж. Основы органической химии. В 2 т. Т. 2. / Дж. Робертс, М. Касерио. – М: Мир, 1978;
3. Бюлер К. Органические синтезы. В 2 ч. Часть 2 / К. Бюлер, Д. Пирсон. – М: Мир, 1973;
4. Кери Ф. Углубленный курс органической химии. В 2 ч. Часть 2. Реакции и синтезы / Ф. Кери, Р. Сандберг. – М: Химия, 1981;
5. Хиккинботтом В. Реакции органических соединений. - М.: ГОНТИ, 1939;

# ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «COMPAUNDING» ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЦЕПТУР СМЕШЕНИЯ ТОВАРНЫХ БЕНЗИНОВ

Свиридова Е.В., Киргина М.В.  
E-mail: lizasvir@mail.ru

*Научный руководитель: ассистент Киргина М.В., кафедра ХТТ и ХК ИПР ТПУ*

Спрос на продукты нефтеперерабатывающей промышленности, в частности на бензин, увеличивается ежегодно на несколько процентов, следовательно, растет и объем производимых в России бензинов. При этом качество выпускаемой продукции должно соответствовать мировым стандартам: с 1 января 2015 года в России в качестве моторного топлива допустимо будет применение только бензина 4 класса (Евро-4) и выше. Таким образом, повышение качества выпускаемых нефтепродуктов является приоритетной задачей для нефтяных компаний. Для этого необходимым является совершенствование технологии процесса компаундирования – заключительной стадии производства товарного бензина. Компаундирование представляет собой процесс смешения различных углеводородных потоков, таких как продукты каталитического риформинга, изомеризации, крекинга, алкилирования, а также антидетонационных присадок и добавок-оксигенатов.

Первоочередной задачей для производителя является стремление улучшить основное эксплуатационное свойство топлива – детонационную стойкость, численным эквивалентом которой является октановое число (ОЧ) бензина. Для повышения детонационной стойкости бензина используются различные методы, такие как: использование в качестве базовых компонентов бензинов наиболее высокооктановых вторичных продуктов переработки нефти; широкое использование компонентов с высокими детонационными характеристиками (изопарафины, ароматические углеводороды), а также применение антидетонационных присадок и добавок-оксигенатов. Так как вовлечение различных компонентов, в частности ароматических углеводородов и бензола в производство бензина ограничивается экологическими стандартами, а добавки и присадки являются весьма дорогостоящими, любой производитель старается выбрать в качестве базовых компонентов бензина наиболее высокооктановые потоки. В связи с этим вопрос исследования сырья процесса компаундирования является крайне актуальным.

В процессе приготовления бензинов смешением различных потоков определяющая роль отводится октановым числам смешения, которые отличаются от взвешенной суммы октановых чисел отдельных компонентов, то есть октановые числа бензинов не подчиняются правилам аддитивности. Ранее на кафедре Химической технологии топлива и химической кибернетики Института природных ресурсов ТПУ была разработана модель, позволяющая рассчитывать октановые числа потоков с учетом возникающих межмолекулярных взаимодействий, а также учитывать влияние добавок и присадок на прирост октанового числа товарного бензина [1].

В ходе работы были исследованы составы и свойства изомеризатов и алкилатов различных нефтеперерабатывающих предприятий страны. С использованием разработанной моделирующей системы «Compounding» были рассчитаны октановые числа по моторному (ОЧМ) и исследовательскому (ОЧИ) методам (Табл. 1, 2).

*Таблица 1. Характеристики изомеризатов*

Характеристика	Изомеризат №1	Изомеризат №2	Изомеризат №3
<b>ОЧИ</b>	<b>87</b>	<b>81,9</b>	<b>74,3</b>
ОЧМ	85,3	80,2	72,3
Содержание веществ, мас. %			
н-пентан	9,7	14,8	23,5
н-гексан	0,3	4,9	11
изопентан	28,1	38,4	25,8
2,2-диметилбутан	25,7	10,3	2,9
2,3-диметилбутан	8	3,7	3,4
метилциклопентан	0,1	2,1	5,4

Сырьем для процесса изомеризации являются легкие алканы – н-пентан и н-гексан, из которых на выходе получают изомеры и циклические углеводороды, обладающие более высокой детонационной стойкостью. Расчеты показали, что изомеризат №1 имеет самое высокое октановое число, это обуславливается самым низким содержанием исходного сырья (н-пентана, н-гексана) и самым высоким содержанием высокооктановых продуктов данного процесса. Таким образом, можно сделать вывод о том, что чем больше в изомеризате углеводородов разветвленного строения и чем меньше легких алканов, тем выше ОЧ потока.

Таблица 2. Характеристики алкилатов

Характеристика	Алкилат №1	Алкилат №2
<b>ОЧИ</b>	<b>99,2</b>	<b>95</b>
ОЧМ	90,3	85,6
Содержание веществ, мас. %		
2,2,3-триметилпентан	44,8	30,1
2,3,4-триметилпентан	14,3	12,7
2,2,3-триметилгексан	0,1	5,7

В процессе алкилирования из легких предельных (бутан, пентан) и непредельных углеводородов получают изоалканы с большим содержанием атомов углерода в цепи, обладающих более высокой детонационной стойкостью. Как видно из табл. 2, алкилат №1 имеет более высокое ОЧ, что обуславливается большим содержанием изоалканов и меньшим содержанием легких алканов в потоке. Таким образом, можно сделать вывод о том, что чем больше в алкилате содержится компонентов изостроения и чем меньше легких предельных углеводородов, тем выше ОЧ потока.

На завершающей стадии приготовления бензина главной задачей является составление оптимальных рецептур смешения, которые могут включать в себя более 20 углеводородных потоков, а также различные присадки и добавки. С использованием созданной моделирующей системы были разработаны рецептуры смешения бензина марки Регуляр-92, отвечающие всем требованиям ГОСТ Р 51866-2002 и Технического регламента. Сырьем для приготовления бензина выступили риформат типового состава (ОЧИ = 108,5), а также рассмотренные выше алкилаты и изомеризаты (табл. 3).

Таблица 3. Рецептуры приготовления бензинов марки Регуляр-92

Характеристика	Содержание компонентов, мас. %					
	1	2	3	4	5	6
<b>ОЧИ</b>	<b>92</b>					
Риформат	16,9					
Алкилат №1	7,6	29,6	45,9	–	–	–
Алкилат №2	–	–	–	11,2	39,3	55,4
Изомеризат №1	75,5	–	–	71,9	–	–
Изомеризат №2	–	53,5	–	–	43,8	–
Изомеризат №3	–	–	37,2	–	–	27,7
ДНП, кПа	81,9	72,2	58,3	79,5	65	51,5

Как видно из табл. 3, содержание риформата во всех рецептурах постоянно и равно 16,9 мас. %, это объясняется тем, что в риформате, в отличие от других потоков присутствует бензол, содержание которого в бензине регламентировано, и согласно Техническому регламенту не должно превышать 1 мас. %, поэтому количество риформата в бензине пропорционально количеству бензола в риформате. Так же можно заметить, что рецептуры № 1 и № 4 НЕ могут быть использованы для приготовления бензина, так как у продукта полученного смешением по данным рецептурам завышен такой показатель, как давление насыщенных паров (ДНП), следовательно, они не соответствуют требованиям ГОСТ Р 51866-2002.

Пользуясь данными из табл. 1 – 3 можно осуществить общий анализ сырья процесса компаундирования.

Как уже было сказано, алкилат №1 имеет более высокое октановое число, в связи с этим, как видно из табл. 3, содержание алкилата №1 в рецептурах смешения бензина всегда меньше, чем алкилата №2; при рассмотрении изомеризатов наблюдается обратное – чем выше октановое число

потока, тем больше его количество в бензине. Такое вовлечение потоков объясняется тем, что алкилат по себестоимости является более дорогостоящим компонентом, чем изомеризат, поэтому для снижения стоимости товарного бензина и экономии потока алкилирования целесообразно вовлекать меньшее количество алкилата и большее количество изомеризата.

На основе полученных результатов можно сделать вывод о том, что невозможно создать универсальную рецептуру смешения бензина, так как углеводородные потоки в значительной степени отличаются друг от друга по составу. Для оптимального ведения процесса компаундирования необходимым является учет состава вовлекаемых потоков, что позволяет сделать разработанная компьютерная моделирующая система «Compounding».

Литература:

1. Киргина М.В., Иванчина Э.Д., Долганов И.М., Смышляева Ю.А., Кравцов А.В., Фан Фу. Моделирование процесса приготовления товарных бензинов на основе учета реакционного взаимодействия углеводородов сырья с высокооктановыми добавками // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2012. – № 4. – С. 3–8.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫТЕСНЕНИЯ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В ЯЧЕЙКЕ ХЕЛЕ-ШОУ

Степико А. В.

E-mail: stepikoa@gmail.com

*Научные руководители: <sup>1</sup>доцент, кандидат физико-математических наук Галкин Владислав Михайлович, Томский политехнический университет;*

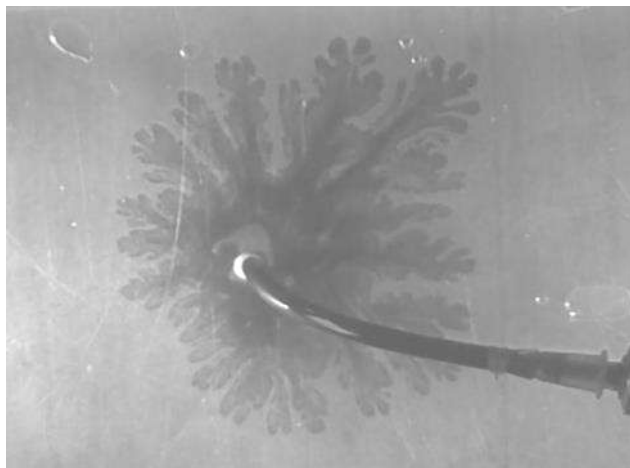
*<sup>2</sup>Старший научный сотрудник, кандидат химических наук Кувишинов Владимир Александрович, ведущий научный сотрудник, институт химии нефти;*

В настоящее время заводнение, как метод разработки нефтяных месторождений применяется повсеместно. Использование воды для вытеснения нефти из пласта целесообразно, когда отношение вязкостей нефти и воды  $\mu_0 = \mu_{\text{нефть}} / \mu_{\text{вода}}$  лежит в диапазоне от одной до пяти единиц. При дальнейшем увеличении данного отношения сильно проявляется неустойчивость Саффмана-Тейлора [1], которая заключается в образовании «пальцев», при вытеснении более вязкой жидкостью менее вязкой, что снижает эффективность заводнения. При высоких значениях параметра  $\mu_0 = 20 - 30$  оправдано применение так называемого полимерного заводнения. При данном виде заводнения в качестве вытесняющих агентов применяются различные полимеры (полиакриламиды, полисахариды). Использование полимеров позволяет получить необходимое соотношение вязкостей  $\mu_0$  среды и агента, а также добиться некоторых других преимуществ.

Для экспериментального исследования нестационарного процесса вытеснения жидкости наиболее часто используются лабораторные установки в виде фильтрационной колонки. В этом случае моделируется одномерный (по пространственной координате) случай. Значительно реже применяется ячейка Хеле-Шоу, изобретенная английским инженером Henry Selby Hele-Shaw, которая представляет собой две параллельные пластины, разделенные небольшим зазором и которая используется для изучения характера обтекания тел жидкостью. Также ячейка используется для моделирования процессов течения и вытеснения жидкости в пористой среде. Ее преимущество в том, что в отличие от колонки, можно моделировать двумерный процесс вытеснения жидкости. В работе [1], при моделировании процессов в нефтяном пласте на ячейке Хеле-Шоу, для регистрации движения жидкости использовались рентгеновские лучи. Такие опыты требуют сложного оборудования и строгого соблюдения техники безопасности. Цель данной работы – сделать экспериментальную установку на основе ячейки Хеле-Шоу и провести опыты, аналогичные [2], используя оптический диапазон для регистрации движения жидкости, а в дальнейшем создать численную модель ячейки Хеле-Шоу используя математическую постановку из [3] и [4].

Лабораторные исследования проводились на базе Института химии нефти Сибирского отделения Российской Академии наук. В качестве ячейки Хеле-Шоу использовались две пластины из

оргстекла, одна из которых имела центральное отверстие для подачи в полость жидкости. В качестве вязкой среды использовался водный раствор глицерина с флюоресцирующим веществом (флуоресцеин) и вытесняющий агент – водный раствор комплексного соединения поливинилового спирта и йода (йодиол). В ходе экспериментов получены характерные особенности вытеснения вязкой жидкости менее вязким агентом (неустойчивость Саффмана - Тейлора), которые проявляются визуально наличием четкой фрактальной структуры в виде своеобразных пальцев. На рисунке показан один из характерных опытов.



*Рисунок 1. Появление "вязких пальцев"*

При проведении экспериментов, которые проводились совместно с Н. О. Таскиным, получены некоторые особенности технологии проведения данных опытов. В частности, установлено оптимальное соотношение вязкостей среды и агента  $\mu_0$ , которое должно быть в пределах 20 – 30 единиц.

#### Литература

1. Ершов А. П. Неустойчивость «невязкого пальца» в регулярных моделях пористой среды // Прикладная механика и техническая физика. – Новосибирск, 2001. – №2. – С. 129 – 131
2. Skauge, A., Ormehaug, P.A., Vik, B.F., Fabbri, C., Bondino, I, and Hamon, G. Polymer Flood Design for Displacement of Heavy Oil Analysed by 2D-imaging // EAGE 17 – St. Petersburg, Russian, 16 - 18 April 2013. – С. 3 – 8.
3. Л. Г. Лойцянский. Механика жидкости и газа. – М: Дрофа, 2003. – С. 432–435.
4. Окендон Дж.Р., Ховисон С.Д. П.Я.Кочина и Хеле-Шоу в современной математике, естественных науках и технике // Прикладная математика и механика. — 2002. — Т. 66. — № 3. — С. 515–524.

## ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ СТАНЦИИ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ

Торопков Н.Е.  
E-mail: zerogooff@gmail.com

*Научный руководитель: Кутугин Виктор Александрович*

#### Введение

В городах и селах на территории Западной Сибири для питьевого водоснабжения используют железистые подземные воды, ввиду сильного загрязнения поверхностных вод. Во время

водоподготовки на станциях обезжелезивания образуется значительное количество сточных промывных вод, загрязненных соединениями железа.

Для отделения осадка от промывной воды на Томском водозаборе существует система повторного использования воды. После промывки скорых фильтров промывная вода с большим содержанием взвешенных частиц поступает в отстойник, где в течение трех-четырех часов должно происходить ее отстаивание до мутности 10 мг/л. Затем, для дальнейшего осветления, вода должна повторно подаваться на скорые фильтры, а осадок с помощью иловых насосов - на иловые поля для дальнейшей утилизации.

**Актуальность исследования** связана с тем, что в процессе аэрации подземных вод на станции обезжелезивания Томского водозабора выделяется более 600 т отходов в виде железосодержащего осадка (ЖСО) в год. Существующая технологическая схема утилизации ЖСО предусматривает только его захоронение. Ни в Западной Сибири, ни в других регионах проблема хранения или утилизации осадков водоподготовки не решена.

**Цель работы:** поиск возможных путей переработки железосодержащего осадка, промывной воды скорых фильтров станции обезжелезивания Томского водозабора.

**Задачи исследования:**

1. Определить состав железосодержащего осадка промывной воды.
2. Изучить возможность использования железосодержащего осадка для очистки производственных сточных вод.
3. Исследовать возможность использования ЖСО для получения пигментов в производстве строительных материалов.

Проведенные ранее исследования показали, что основу ЖСО составляет немагнитная фаза  $\alpha$ -оксогидроксида железа (гетит  $\alpha$ -FeOOH).

Нами был изучен химический и минералогический состав осадка станции обезжелезивания Томского водозабора. Образец 1 - осадок, выделенный при безреагентном коагулировании и последующем фильтровании, образец 2 получен при использовании флокулянта – полиакриламида, отстаивании и фильтровании. В среднем валовом составе осадков преобладает оксид железа (42 и 44%). Существенно более низки доли оксидов кремния (5,4 и 2,4%), кальция (4,2 и 2,8%) и магния (2,0 и 4,9%). Близкий состав осадков наблюдали и другие исследователи [2].

Минералогический состав осадков определяли с помощью рентгенофазового анализа. Установлено, что в качестве основной фазы преобладают аморфные не закристаллизовавшиеся продукты. В виде кристаллической фазы идентифицируются в осадках  $\alpha$ -гематит и кальцит. Минералы в образце 1 (естественное осаждение) являются более закристаллизованными по сравнению с образцом 2 (осаждение с флокулянтom).

Мы полагаем, что отходы в сфере водоснабжения должны рассматриваться как сырье для нового производства. В лабораторных условиях на модельном растворе, имитирующем сточную воду гальванического цеха, были исследованы адсорбционные свойства твердого ЖСО с добавлением глины Вороновского месторождения Томской области. Полученные результаты показали, что образец 2, как чистый, так и в сочетании с глиной по сравнению с образцом 1 проявляет более низкую эффективность связывания только в отношении ионов свинца. В отношении ионов цинка и меди все образцы проявили высокую эффективность. Следующим этапом работы было исследование возможности использования ЖСО в качестве пигмента в производстве строительных материалов. Нами был разработан и экспериментально проверен способ получения пигмента из железосодержащего осадка. Анализ данных РФА прокаленного осадка показал, что преобладающей фазой является  $\alpha$ -гематит. Образование  $\alpha$ -гематита при получении пигмента подтверждается результатами проведенного термического анализа.

Изучение возможности использования полученного пигмента было начато в области использования его в качестве красителя для цементно-песчаных смесей при производстве тротуарной плитки и других объемно-окрашенных изделий. В эксперименте был использован цемент двух видов: серый (марки ПЦ500Д0) и белый (М250). Для получения образцов использовали раствор с соотношением цемент: песок = 30:70. Полученный пигмент вводили в количестве 2, 3, 4 и 8% от массы цемента. Для приготовления раствора исходные компоненты перемешивались в сухом виде, затем затворялись водой в количестве, необходимом для получения раствора заданной густоты.

Из полученного раствора формовали кубики с гранью 3 см в силиконовых формах на виброплощадке. Параллельно готовились контрольные образцы, не содержавшие пигмента. Для каждого состава было изготовлено по 6 образцов. Сформованные образцы в течение 20ч твердели в



ванне с гидравлическим затвором. Затем 4 образца каждого состава извлекались и пропаривались в пропарочной камере в течение 4 часов при 95°C. У двух образцов определялись цвет и прочность сразу после пропаривания, а два образца возвращали в ванну с гидравлическим затвором, где они выдерживались в течение 28 суток для сравнения с образцами, твердеющими при нормальных условиях. Определены значения прочности для составов с серым и белым цементом, при различных условиях твердения.

Исходя из полученных данных о возможности использования пигмента в производстве цветных строительных материалов в качестве красителя для цементно-песчаных смесей, полученный пигмент был использован при производстве тротуарной плитки и объемно-окрашенных изделий (цветочный вазон) на предприятии ООО «АкваТом» (содержание пигмента 5%)

Последним этапом работы было изучение возможности использования полученного пигмента в изготовлении строительной керамики. При изготовлении образцов смешивались сухие компоненты: прокаленный железосодержащий осадок и кварцевый песок. В качестве связующего выступало жидкое стекло. На гидравлическом прессе формовались опытные образцы в количестве 9 штук. Твердение полученных образцов происходило в воздушно-сухих условиях. При этом происходит дегидратация жидкого стекла, приводящая к резкому снижению его вязкости, придавая необходимую прочность отформованным образцам. Шесть высушенных образцов подвергались прокаливанию при 500°C. Оставшиеся 3 образца служили в качестве сравнения. После прокаливания линейные размеры образцов оставались неизменными, а масса незначительно уменьшалась. На трех прокаленных образцах определялось водопоглощение.

Анализ результатов испытаний показал, что уменьшение массовой доли жидкого стекла в композиционной смеси приводит к понижению прочности обожженных образцов, но при этом снижается водопоглощение и повышается водостойкость керамического материала. Снижение массовой доли прокаленного ЖСО в исходной смеси приводит только к увеличению водопоглощения. Добавление в композиционную смесь воды делает керамический материал не водостойким  $K_{разм.} = 0,58$ .

#### **Выводы:**

1. Комплексом физико-химических методов исследован состав железосодержащих осадков, выделяемых при обезжелезивании подземных вод (с использованием флокулянта и без такового) и изучены изменения, происходящие в осадках при термической обработке.

2. Показана принципиальная возможность использования ЖСО для приготовления сорбционного материала, пригодного для снижения содержания ионов тяжелых металлов в сточных водах гальванического производства. Образец 2 проявляет более низкую адсорбционную активность, что можно объяснить его более аморфным строением по сравнению с образцом 1.

3. Получен железоксидный пигмент для цветных строительных смесей из отходов водоподготовки.

4. Полученный железоксидный пигмент является перспективным сырьевым материалом в строительной отрасли.

#### **Список литературы**

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. Химический анализ и технология силикатов. Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу: «Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» - Томск. изд. ТПУ, 1994.-с.28
5. Краснобай Н. Г., Лейдерман Л. П., Кожевников А. Ф. Производство железоксидных пигментов для строительства.//Строительные материалы. – 2001, №8. – с.19.
6. К.С.Станкевич, Н.Т.Усова, О.Д.Лукашевич. Выделение и утилизация отходов водоподготовки Томского водозабора. Бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов в России», 2010, № 3,с12-15

7. Беленький Е.Ф., Рискин И.В. Химия и технология пигментов. Изд. 4-е, пер. и доп.Л., «Химия», 1974 – 656с.
8. Дзюбо В.В., Саркисов Ю.С. Технология получения сурикоподобного пигмента и краски на его основе. – Инф. Лист №50-97 Сер.:Р61.65.31. – Томск: ТМТЦНТИП. – 5с.

## РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛИМАТА ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ

Федюк Р.С.

E-mail: roman44@yandex.ru

*Научный руководитель: д.ф.н, к.т.н., доц. Баранов В.А., Дальневосточный федеральный университет*

Район исследования включает территории Приморского (Приморье) и южную часть Хабаровского (Приамурье) краев, а также Еврейскую автономную область и определен согласно климатическому районированию Б.П. Колесникова [1] термином «юг Дальнего Востока России».

Исследуемый район представляет обширную территорию со сложным пересеченным рельефом, расположенную на границе огромного Евразийского материка и водных просторов Тихого океана. Физико-географическое положение формирует муссонный тип климата умеренных широт, к основным чертам которого относится сезонная смена воздушных потоков над территорией и связанная с этим сезонная смена погодных условий. Влияние муссонной циркуляции, близость береговой черты, сложность и неоднородность физико-географического положения обуславливают определенные закономерности как радиационного режима, так и в целом климата, характерные только для рассматриваемой территории [2].

На формирование климата юга Дальнего Востока оказывает влияние *географическое положение, циркуляция воздушных масс, характер подстилающей поверхности, солнечная радиация*. Климат данной территории влажный, умеренный, имеет ярко выраженный *муссонный характер*, который характеризуется преобладанием адвективных процессов над радиационными, т.е. перемещением над данной территорией воздушных масс, зарождающихся за пределами Приморского края.

*Лето на ЮДВ теплое, влажное, со значительным количеством осадков. Зима холодная и более сухая, с большим количеством солнечных дней.* Весна долгая, прохладная, осень – сухая, теплая, с ясной погодой. Среднегодовое количество осадков составляет 600-900 мм, максимальное количество выпадает в летние месяцы. Средняя температура июля колеблется от +17°C на северо-востоке Приморья до +26°C – на Приханкайской равнине. Средняя температура января составляет – 12°C – на побережье и -27°C – в материковых районах.

*В зимний период (с ноября по март) данная территория находится под преобладающим воздействием очень холодных и сухих воздушных масс, формирующихся в области развития мощного азиатского антициклона. Ясная погода, обусловленная антициклонической циркуляцией, способствует сильному выхолаживанию земной поверхности, что в свою очередь приводит к еще большему охлаждению воздушных масс. Результирующий поток воздуха направлен с северо-запада на юго-восток – от области азиатского максимума давления к области более низкого давления, преобладающего над Тихим океаном и окраинами моря.*

*В летний период (с апреля по сентябрь) движение воздушных масс приобретает противоположное направление: они перемещаются в основном с юго-востока на северо-запад, т.е. из области развития тихоокеанского субтропического антициклона в сторону дальневосточной барической депрессии.*

Муссоны юга Дальнего Востока являются северной разновидностью муссонов южной и восточной территории азиатского материка и имеют свои специфические особенности. Муссонная циркуляция над территорией обуславливается сезонной сменой давления воздуха над северной частью Азиатского материка и над Тихим океаном.

Зимой здесь устанавливается исключительно высокое давление (около 780 мм рт. ст.). Над Тихим океаном в это время давление падает до 750 мм рт. ст. Поток воздуха из области высокого

давления на материке перемещается с большой скоростью в области низкого давления – к океану. Вертикальная мощность этого потока (до 4 км.) превышает высоту горных хребтов, встречающихся на его пути. Поэтому горные образования на территории юга Дальнего Востока не могут быть сколько-нибудь значительной преградой на пути движения воздушных масс. Их влияние сказывается лишь на местном, у поверхности земли, изменении направления и скорости движения воздуха. Таким образом, зимний муссон охватывает всю рассматриваемую территорию, а его устойчивость обеспечивается большой разницей между барическим максимумом и минимумом.

Основными особенностями летнего муссона, также обязанного своим расхождением разнице давлений над материком и над океаном, являются малая мощность и двухстадийность развития [1].

Первая стадия развития летнего муссона, продолжающаяся с конца мая по середину июля, характеризуется тем, что муссон представляет собой перенос с юго-восточными ветрами относительно прохладного и влажного морского умеренного воздуха с Японского моря. *Средняя месячная температура июня, в связи с этим, значительно ниже средней месячной температуры сентября.*

Вторая стадия летнего муссона (конец июля – сентябрь) представляет собой распространение в юго-восточном потоке масс умеренного воздуха со стороны усиливающегося к этому времени Гавайского антициклона. *Влажные и теплые массы воздуха приносят на материк обильные ливневые дожди.*

Осадки выпадают в системах циклонов полярного и тропического фронтов морского происхождения. В это же время на территорию юга Дальнего Востока проникают тропические циклоны (тайфуны), вызывающие катастрофические наводнения на реках Приморья.

В некоторые годы летний муссон, распространяющийся с юга, не достигает южных границ Дальнего Востока России, угасая еще в северо-восточном Китае. В эти годы на всей территории наблюдается сухое лето и отсутствие наводнений. В годы, когда над Восточной Азией циклоническая деятельность менее активна и области высокого и низкого давления приобретают характер стационарных барических полей, над Приморьем могут наблюдаться засухи и суховеи. Так, если над Японским морем и северо-западной частью Тихого океана в теплый период года устанавливается антициклоническое поле, а над северными районами Хабаровского края, над Охотским морем и провинцией Дуйбэй (Китай) в районе 50-й параллели и севернее ее располагается циклоническое поле – лето в Приморском крае бывает сухим, наводнений почти не происходит и урожаи сельскохозяйственных культур резко снижаются от засухи и суховеев. Причем, суховеи представляют собой трансформировавшийся муссонный поток и, следовательно, составляют неотъемлемую часть муссонного климата края (муссонные суховеи).

Таким образом, над территорией юга Дальнего Востока во все времена года господствуют чужеродные массы воздуха. В результате этого здесь сильно *видоизменяются зональные особенности, присущие одним широтно-материковым областям.* В то же время, сложный рельеф поверхности обуславливает наличие климатических контрастов внутри самой рассматриваемой территории.

Отмеченные ранее физико-географические условия природных областей и циркуляционные факторы климата, обусловленные соседством материка и океана, играют большую роль в формировании основных черт климата юга Дальнего Востока.

Радиационный баланс юга Дальнего Востока в годовом значении в южной лесной зоне меньше, чем в лесостепной. Такое распределение баланса почти полностью определяется режимом облачности. Прибрежный район лесной зоны, отличающийся наибольшей облачностью, имеет наименьшее значение радиационного баланса [3].

Таким образом, климат рассматриваемой территории имеет ярко выраженный муссонный характер. *Лето теплое влажное, со значительным количеством осадков; зима холодная, ветреная, солнечная и более сухая.*

Исходя из анализа общей картины природно-климатических условий юга Дальнего Востока, можно сделать вывод, что наряду с суммарной солнечной радиацией температура воздуха, направление и скорость ветра, а также влажностный режим относятся к числу наиболее важных климатических факторов, воздействие которых на инженерные сооружения различного назначения оказываются наиболее значительными. *Их влияние на тепловой режим жилых зданий выражено более резко, чем в других регионах России. Максимально оптимизировать энергетическое воздействие климата на тепловой режим зданий позволит лишь системный учет всех природно-климатических факторов территории.*

Для определения особенностей климата рассматриваемого региона с целью эффективного использования его возможностей в тепловом балансе здания, рассмотрим подробнее вышеперечисленные климатические факторы, а также их комплексное воздействие на строительные объекты.

*Особенности радиационного режима юга Дальнего Востока создают уникальные возможности для систем теплообеспечения зданий, способных обеспечить объективные сокращения:*

- отопительного периода для обогреваемых солнечной радиацией помещений;
- расхода тепловой энергии за счет прекращения (или уменьшения) ее подачи в дневное время.

Рассматриваемый регион идеально подходит как для систем, использующих солнечную энергию, так и для непосредственного солнечного теплоснабжения помещений по двум причинам: во-первых, широта  $43^\circ$  позволяет получить максимум солнечной энергии среди прочих районов России; во-вторых, муссонный климат обеспечивает сухие осень, зиму и весну, когда преобладают ясные солнечные дни. С ноября по апрель солнечных дней во Владивостоке в среднем 120. Причем солнце такое яркое, что даже в морозные дни в защищенном от ветра месте способно нагреть черные предметы до высоких температур.

#### Литература:

1. Колесников Б.П. Природное районирование Приморского края. Материалы по физической географии юга Дальнего Востока. М.: Изд-во АН СССР, 1958. С. 5-30.
2. Кадырова, А.Г. Об анализе однородности климатологических рядов облачности // Труды ГГО. – 1986. – Вып. 501. – С. 60-65.
3. Зельцман Л.Н. Приморский край. – Владивосток: Приморское книжное издательство, 1958.

## ВЫБОР ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Хуснулина А.Л.  
E-mail: AlenaXyc@gmail.com

*Научный руководитель: Колоколов Д.Ю., м.н.с., Лаборатория №1 ИФВТ ТПУ*

Традиционно встречаются очистные сооружения, работающие по следующей технологической схеме: первая ступень – механическая очистка, включающая процеживание воды на решетках, улавливание минеральных примесей в песколовках и отстаивание воды в первичных отстойниках; вторая ступень – биологическая очистка воды в аэротенках и вторичных отстойниках; третья ступень – фильтрация и обеззараживание [1-3]. Происходящие здесь процессы сходны процессам самоочищения в естественных водоемах – реках и озерах, однако скорость процессов многократно увеличена благодаря специально разработанным технологиям.

Биологическая очистка сточных вод осуществляется по следующим ступеням [1-3]:

- денитрификация, в ходе которой исходные сточные воды смешиваются с нитрифицированной иловой смесью, рециркулируемой из последующего сооружения – аэротенка; при этом кислород нитратов используется денитрифицирующим илом для окисления органических соединений сточных вод с выделением газообразного азота; для перемешивания в денитрификаторе используется крупнопузырчатая аэрация, при которой попутно измельчаются агломерационные хлопья в сточных водах;

- нитрификация (окисление органических загрязнений активным илом) в аэротенке, с последующим отделением и рециркуляцией активного ила во вторичном отстойнике; процесс очистки протекает в режиме полного окисления.

Осветление сточных вод производится в процессе фильтрации, например, с помощью гранул пенополистирола. Осветленная сточная вода поступает в блок обеззараживания. Для обеззараживания обычно используют  $O_3$ , УФ или  $Cl_2$ .

Контроль за работой очистных сооружений и сбросом сточных вод проводится для предупреждения и прекращения загрязнения водных объектов неочищенными и недостаточно очищенными сточными водами. Он включает в себя проверку эффективности очистки сточных вод.

Для отслеживания качества очистки хозяйственно-бытовых сточных вод обычно контролируют такие показатели, как *взвешенные вещества, БПК, рН, нитраты, фосфаты, аммоний, и кислород*.

**Взвешенные вещества** являются одним из важнейших санитарных показателей очистки сточных вод. Содержание взвешенных веществ до очистки обычно составляет 150-300 мг/л, после первичных отстойников – 60-120 мг/л, после биофильтров и вторичных отстойников – 5-20 мг/л [4].

**БПК** (биохимическое потребление кислорода) – это показатель загрязнения, характеризующийся количеством кислорода (в мг), который за установленный период времени израсходован на окисление загрязнителей водоема, содержащихся в единице объема (обычно в 1 л) при 20°C. Установлено, что чем больше в воде содержится органических веществ, тем больше требуется кислорода для их окисления, т.е. тем выше показатель БПК. Наличие веществ, тормозящих биохимические процессы, снижает его. Природные воды имеют невысокие показатели БПК, более высокие показатели БПК указывают на загрязнение природных вод.

**ХПК** (химическое потребление кислорода) так же является одним из основных показателей качества очистки сточных вод, он отражает количество кислорода (в мг  $O_2$  на 1  $дм^3$  сточной воды), которое необходимо для полного окисления (химическим путем) всех содержащихся в воде органических загрязнений до  $CO_2$  и  $H_2O$ .

**рН** воды – один из главных показателей качества воды, определяющий характер химических реакций и биологических процессов в воде. Контроль за уровнем водородного показателя рН важен на всех стадиях очистки воды, так как изменение рН влияет на качество и эффективность очистки воды.

**Нитраты** – это соли азотной кислоты. Опасность нитратов обусловлена их токсичным действием на организмы. Большое содержание в водоеме нитратов и **фосфатов** вызывает процесс эвтрофикации водоемов, т.е. их зарастание водорослями, река или другой водоем превращается в болото, в нем вымирает рыба и т.д.

Водоочистка от **аммония** имеет очень важное значение для экологии, потому что при повышенном его содержании снижается способность гемоглобина у рыб связывать кислород, что приводит к сокращению их численности. Повышенное содержание аммония в воде свидетельствует о наличии бактериального заражения и придает питьевой воде неприятный запах и привкус.

**Растворенный кислород** в очищенных сточных водах содержится в концентрациях, редко превышающих 0,5-1 мг/л. Для поддержания нормальной жизнедеятельности микроорганизмов наименьшее содержание кислорода должно составлять 2 мг/л [4]. Поэтому контролю за необходимой концентрацией кислорода уделяется большое внимание, поскольку очищенные сточные воды не должны разрушать кислородный режим в водоеме.

Лабораторией №1 ИФВТ ТПУ разрабатывается система очистки промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод. В связи с этим актуальна проблема выбора показателей, отражающих эффективность работы системы по очистке вод. На рисунке 1 приведена блок-схема стадий очистки сточных вод.

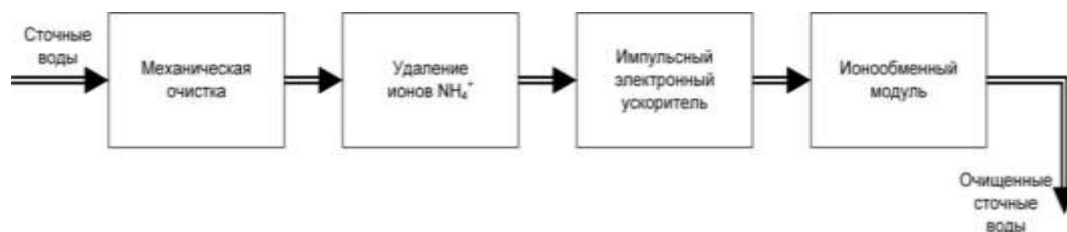


Рисунок 1. Блок-схема стадий очистки сточных вод

Опираясь на мировой опыт в контроле качества биологической очистки сточных вод и приведенную блок-схему, было принято решение об использовании этих показателей так же и для разработанной системы. Так, после блока механической очистки целесообразно производить измерение взвешенных веществ, что позволит отслеживать эффективность работы данного блока. Контроль аммония рационально выполнять после блока удаления аммония. В результате работы импульсного электронного ускорителя за счет процессов окисления растворенных органических

веществ и окисления оставшегося аммония в сточных водах происходит снижение ХПК и БПК и образование нитратов. По этой причине после третьего блока очистки сточных вод будет производиться замер ХПК. Последним блоком в системе очистки сточных вод является ионообменный модуль, в процессе работы которого происходит замена нитрат, фосфат, нитрит и других ионов на  $\text{Cl}^-$  (анионирование). Так же происходит замена катионов, например,  $\text{NH}_4^+$ , на  $\text{Na}^+$  (катионирование). За счет этих процессов и будут удалены нитрат-ионы, наработанные в процессе работы ускорителя, и увеличена концентрация хлоридов. После этого блока будут измерены нитраты, фосфаты, хлориды, рН и растворенный кислород.

На основании проведенного обзора для разработанной системы очистки хозяйственно-бытовых сточных вод предлагается контролировать такие вещества, как:

- взвешенные вещества – после механической очистки;
- аммоний – после блока удаления аммония;
- ХПК – после ускорителя;
- нитраты, хлориды, фосфаты, рН и растворенный кислород – после блока доочистки (ионообменного модуля).

### Список литературы

1 Биологическая очистка сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.mediana-eco.ru/information/stoki\\_biological/](http://www.mediana-eco.ru/information/stoki_biological/) (дата обращения: 21.02.2014). – Загл. с экрана.

2 Люберецкие очистные сооружения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mosvodokanal.ru/index.php?do=cat&category=lubochist> (дата обращения: 21.02.2014). – Загл. с экрана.

3 Станция биологической очистки сточных вод контейнерного типа для северных территорий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.trade-house.ru/BASE/143.html> (дата обращения: 21.02.2014). – Загл. с экрана.

4 Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fish.gov.ru/lawbase/Documents/Изданные/100020a.pdf> (дата обращения: 21.02.2014). – Загл. с экрана.

## **СЕКЦИЯ 2. ТРАДИЦИОННАЯ И АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА, АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ**

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВИЭ**

Грибова Е.В.  
E-mail: elenagribova@mail.ru

*Московский Государственный Университет Экономики, Статистики и Информатики*

Распространенная в настоящее время модель «коричневой» экономики в высокой степени зависима от энергии ископаемого топлива. Основными источниками такой энергии являются уголь, нефть и природный газ. Проблема состоит в том, что запасы ископаемого топлива весьма ограничены, не возобновляются и, соответственно, в конечном итоге будут полностью истощены. При нынешнем уровне потребления ископаемое топливо не может так быстро образовываться, а имеющихся запасов недостаточно для того, чтобы обеспечить будущие предполагаемые потребности человечества в энергии. При разработке и последующем использовании месторождений ископаемого топлива происходит процесс уничтожения экосистем. Горная промышленность и нефтедобыча наносят непоправимый ущерб экологии и окружающей среде. Производная горения ископаемого топлива - это углекислота ( $\text{CO}_2$ ) или парниковый газ, способствующий глобальному потеплению. В XX веке в период наибольшего роста численности населения, а также активного индустриального развития средняя температура планеты поднялась на 1 градус по Фаренгейту. Вызванные сжиганием ископаемого топлива выбросы углекислого газа за прошедший год достигли рекордной отметки, превысив зафиксированный максимум 2010 года на 2,2 млрд. тонн.

В атмосферу за 2012 год в результате сжигания ископаемого топлива поступило около 35,6 млрд. тонн углерода в составе различных парниковых газов, что на 2,6% больше величины предыдущего года и почти на 60% превышает уровень 1990 года (базовый для Киотского протокола, обязывающий развитые и страны с переходной экономикой сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов). Основными поставщиками  $\text{CO}_2$  в атмосферу, как и прежде, являются Китай (28% от общего объема выбросов), США (16%), ЕС (11%) и Индия (7%). Наибольший рост выбросов пришелся на развивающиеся страны, широко использующие уголь, - Китай только за последний год увеличил объем выбрасываемого  $\text{CO}_2$  на 9,9%, Индия - на 7,5%. Америка продолжает удерживать звание развитой страны с самым высоким показателем выбросов на душу населения - на одного гражданина США приходится 17,2 тонны  $\text{CO}_2$ , тогда как на долю жителей Китая и ЕС - всего 6,6 и 7,3 тонны углекислоты соответственно. Однако за последний год США сократили объем выбросов на 1,8%, а Европейский союз - на 2,8% [7]. В качестве внутренней цели ЕС по снижению выбросов  $\text{CO}_2$  на 2030 год был установлен показатель в 40% от уровня 1990 года, а на 2020 год - в 20%. При этом доля возобновляемой энергетики в общем энергобалансе данных стран должна к 2020 году составлять около 20%. Сокращение объемов выбросов парниковых газов будет способствовать замедлению процесса глобального потепления. Суммарная мировая ежегодная потребность в энергии составляет порядка 400 квадриллионов (миллион в 4 степени) британских тепловых единиц (British Thermal Units). По данным [3], сегодня ископаемые топлива (включая атомную энергию) обеспечивают около 93% всемирных потребностей в энергии (при этом 87% или почти 350 квадриллионов БТЕ из них приходится на нефть, уголь и природный газ, а 6% - на атомную и другие виды энергии), в то время как источники альтернативной энергии - только 7%. До тех пор, пока ВИЭ не станут достаточно жизнеспособными как главные поставщики энергии, по всему миру будет продолжаться разработка месторождений ископаемого топлива в целях обеспечения потребностей общества в энергии.

Рост численности населения выступает одним из ключевых стимулов для развития новой энергетики. При сохранении потребления альтернативных источников на прежнем уровне, доступные ископаемые запасы топлива будут исчерпаны в обозримом будущем. Под альтернативной (возобновляемой) в современном мировом сообществе принято понимать энергию, получаемую из

источников, отличных от основных источников получения энергии ископаемого топлива. Новая «совершенная» энергия не загрязняет окружающую среду, возобновляема и эффективна, сокращает глобальное распространение CO<sub>2</sub> и добавляет необходимую гибкость к смешанному ресурсу энергии, уменьшая зависимость человека от ограниченных резервов ископаемого топлива. Успешными, наиболее известными и широко применяемыми стали такие виды традиционных источников альтернативной энергии, как: гидроэнергетика, ветроэнергетика, использование биомассы, производство биотоплива (прежде всего этанола), гелиоэнергетика или солнечная энергия. Вышеперечисленные источники новой энергии являются экологически чистыми, что позволяет использовать их во все возрастающих мировых масштабах при отсутствии негативного влияния на окружающую среду. Однако ни один вид альтернативной энергии, при условии его обособленного использования, не сможет удовлетворить будущие потребности общества. Решение вопроса будет лежать в комплексе разнообразных энергетических технологий, имеющих общий признак - они не истощают природные ресурсы и не уничтожают окружающую среду, что в полной мере соответствует концепции «зеленой» экономики.

Правительства стран мира в 2011 году потратили порядка 623 млрд. \$ [6] в виде субсидий на ископаемое топливо, что на 20% превышает сумму 2010 года. Из них около 100 млрд. \$ было направлено на производство ископаемой энергии и 523 млрд. \$ - на ее потребление. Используя эти субсидии, правительства снижают реальную стоимость электроэнергии, производимой за счет сжигания нефти, газа или угля, тем самым сдерживая развитие возобновляемых источников энергии и программ по энергоэффективности. Субсидирование является одним из важнейших инструментов торговой политики и играет ключевую роль в проведении экономических преобразований. Также оно оказывает неоднозначный и нередко негативный эффект на устойчивое развитие, приводя к значительным дисбалансам на рынках и обостряя множество проблем социально-экономического и экологического характера. Ниже (рис. 1) приведены 20 стран-лидеров по уровню субсидий на потребление ископаемых видов топлива в 2011 году.

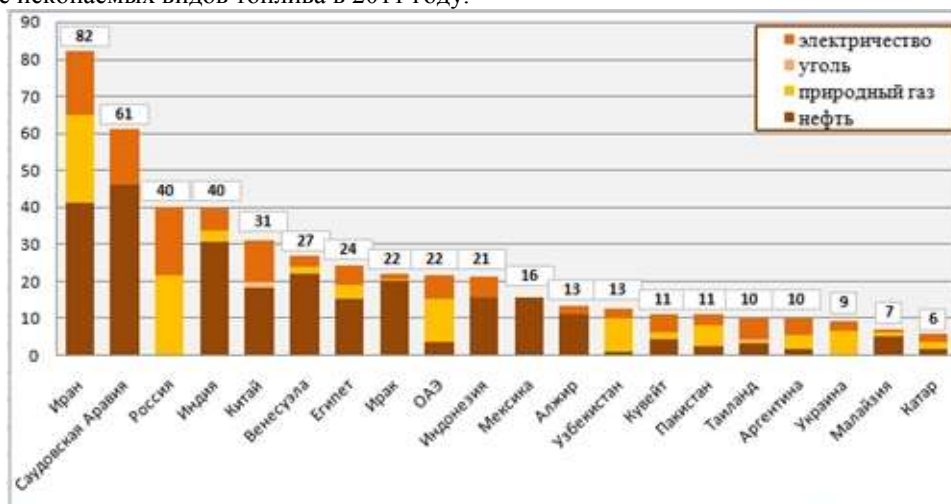


Рисунок 1. Субсидии на потребление ископаемого топлива, ТОП-20 стран, в млрд. \$ США, 2011 г.

[построено автором по данным 2]

Глобальные субсидии на потребление ископаемого топлива растут с каждым годом: если в 2009 году их размер составлял 312 млрд. \$, то к 2010 году он вырос до 409 млрд. \$, а к 2011 - до 523 млрд. \$. За 2010-2011 гг. не изменилось и осталось на уровне 3 млрд. \$ субсидирование угля, в то время как субсидии на потребление природного газа, электричества и нефти возросли на 12,5% (13 млрд. \$), 7% (9 млрд. \$) и 32% (92 млрд. \$) соответственно. В 2011 году больше всего субсидий было выделено Ирану - 82 млрд. \$ или 17% ВВП страны, большая часть этих средств была направлена на поддержание нефтедобычи и потребление нефтепродуктов. Второе место занимала Саудовская Аравия (61 млрд. \$), третье – Россия (40,15 млрд. \$, из которых 21,87 млрд. был направлен на потребление природного газа и 18,28 млрд. – на покрытие расходов за использование электроэнергии). Энергетические субсидии на ископаемые виды топлива сыграли важную роль в развитии российской экономики, сделав энергию доступной для большинства потребителей. Однако для перехода к концепции устойчивого развития необходимо реформировать энергетический сектор



страны в сторону более рационального использования богатейших природных ресурсов, широкого внедрения «зеленых» инноваций и развития возобновляемой энергетики.

Субсидирование потребления ископаемых видов топлива не только способствует увеличению выбросов углекислого газа в атмосферу, но и поощряет расточительное потребление, снижает уровень энергетической безопасности стран за счет увеличения импорта, препятствует инвестированию в экологически чистые источники энергии, создает барьеры для притока инвестиций в новую инфраструктуру и сдерживает меры по повышению энергоэффективности. Субсидии, направленные на развитие ВИЭ, в 2011 году составили всего 88 млрд. \$ и были почти поровну распределены между солнечной энергией, энергией ветра, биомассой и биотопливом. Согласно данным [4], в 2010 году субсидирование составило 66 млрд. \$, причем 2/3 этой суммы было направлены на выработку электроэнергии из ветра, биомассы и других источников, а 1/3 - на биотопливо.

Причин для стимулирования использования возобновляемых источников энергии множество: во-первых, они не только выгодны в вопросах снижения концентрации в атмосфере углекислого газа, но и имеют существенное значение для местных энергосистем, способствуют созданию новых рабочих мест, дополнительных доходов, экономическому росту и равенству населения (имеющего ограниченный доступ к энергии). Во-вторых, более широкое использование ВИЭ и применение передовых энергетических технологий могло бы содействовать удовлетворению растущих потребностей человечества в долгосрочном энергообеспечении для достижения устойчивого мирового развития. Основные аргументы за использование возобновляемых источников – децентрализованное производство энергии, надежность поставок, меньшая зависимость от импорта энергии и, в долгосрочной перспективе, готовность к нехватке в поставках ископаемого топлива.

В современном мире развитие альтернативной энергетики идет все более интенсивными темпами. Повсеместное распространение ВИЭ способствует снижению нагрузки на окружающую среду, что полностью соответствует концепции «зеленой» экономики. Особенно интенсивно альтернативная энергетика развивается в странах Большой двадцатки (G20) - с 2002 года ими более чем в 3 раза увеличен объем электроэнергии, получаемой при помощи ветра, солнца, геотермальных источников и приливных электростанций. Растут и глобальные инвестиции в возобновляемые источники энергии. По информации центра ЮНЕП по данным вопросам, рост ВИЭ в 2011 году составил 17%, а инвестиции в альтернативную энергетику достигли рекордных 257,7 млрд. \$. Несмотря на все эти успехи, доля возобновляемых источников в общем объеме энергии остается относительно невысокой - в разрезе стран G20 показатель составляет лишь 2,6%. По данным доклада NRDC [1], в 2011 году лидером по генерации ВИЭ была Германия. Второе место – за ЕС, первую пятерку стран замыкали Италия, Индонезия и Великобритания.

В рамках био-зависимой модели экономического развития, ископаемое топливо должно быть заменено ВИЭ и технологиями по уменьшению выбросов вредных веществ в атмосферу. По прогнозам, отказ от субсидирования потребления и производства энергии ископаемого топлива усилит энергетическую безопасность, позволит к 2020 году почти на 6% уменьшить мировой спрос на первичную электроэнергию и на 7% сократить выбросы парниковых газов. Увеличение ВИЭ в общей доле снабжения способно нивелировать риски повышения цен на ископаемое топливо и уменьшить рост их волатильности, а также снизить негативные воздействия на окружающую природную среду. Все большее число стран мира оптимизируют свои будущие закупки возобновляемой энергетики. В рамках проводимого исследования [5, с.16], специалисты составляют индексы привлекательности (в баллах) для 40 стран на основании всестороннего анализа рынков ВИЭ, инфраструктуры и ее соответствия определенным технологиям. Ниже (табл. 1) приведен ТОП-5 наиболее привлекательных для инвестирования в ВИЭ стран на начало 2013 года.

*Таблица 1*  
*Страны-лидеры по индексу привлекательности инвестирования на основе анализа рынков ВИЭ, 2013 г. [построено автором по данным 5]*

Место	Страна	Индекс	Max значение	Min значение
1	Китай	70,1	Onshore wind - 78	Solae CSP - 47
2	Германия	65,6	Onshore wind - 80	Solae CSP - 0
3	США	64,9	Solae CSP - 73	Offshore wind - 56
4	Индия	61,8	Solar PV - 67	Offshore wind - 39
5	Франция	57,3	Onshore wind - 60	Solae CSP - 30

Согласно таблице 1, по индексу привлекательности инвестирования рынков ВИЭ уже не первый год лидирует Китай с показателем в 70,1. Правительство страны в течение 2013-2014 гг.

планирует не только продолжать строительство новых мощностей на своей территории, но и увеличивать объемы инвестирования в перспективные зарубежные проекты. Следующие строки рейтинга принадлежат Германии (65,6) и США (64,9) – правительства которых активно расширяют сложившуюся инфраструктуру для будущего развития чистой электроэнергетики. Мировой объем инвестирования чистой энергетики в 2012 году составил 268,7 млрд. \$, в то время как в 2011 году во все виды ВИЭ поступило 257,7 млрд. \$ инвестиций. Устойчивое развитие отрасли повышает ее привлекательность для различных инвесторов. Дальнейшая разработка и реализация стратегий использования ВИЭ все большим числом компаний обусловлена необходимостью эффективного управления рисками в силу волатильности цен на традиционные энергоносители и будет способствовать снижению себестоимости производства новой энергии. Модель «коричневой» экономики в высокой степени зависима от извлекаемой из ископаемого топлива энергии. Ограниченность и невозобновляемость таких запасов ставит вопрос о необходимости перехода к возобновляемой энергетике. В ходе проведенной работы было выявлено, что высокий уровень субсидирования является инструментом снижения реальной стоимости «грязной» энергетики и барьером для развития ВИЭ. В рамках био-зависимой модели экономики, ископаемое топливо должно быть заменено «зеленой» энергией и технологиями по снижению нагрузки на окружающую среду.

#### Список литературы:

1. Delivering on Renewable Energy around the world. «How do key countries stack up?». Natural Resources defense council (NRDC). URL: <http://www.nrdc.org/energy/12060701.asp>
2. Developing Countries Subsidize Fossil Fuels, Artificially Lowering Prices. Institute for energy research. URL: <http://www.instituteforenergyresearch.org/2013/01/03/developing-countries-subsidize-fossil-fuel-consumption-creating-artificially-lower-prices/>
3. Fossil Fuels and Renewable Energy Resources. Energy's Future Today. Ecology Global Network. URL: <http://www.ecology.com/2011/09/06/fossil-fuels-vs-renewable-energy-resources/>
4. Lester R. Brown. Data Highlights. Governments Spend \$1.4 Billion Per Day to Destabilize Climate. URL: [http://www.earth-policy.org/data\\_highlights/2012/highlights24](http://www.earth-policy.org/data_highlights/2012/highlights24)
5. Renewable energy country attractiveness indices. February 2013. URL: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Renewable\\_energy\\_country\\_attractiveness\\_indices\\_February\\_2013/\\$FILE/Renewable\\_energy\\_country\\_attractiveness\\_indices.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Renewable_energy_country_attractiveness_indices_February_2013/$FILE/Renewable_energy_country_attractiveness_indices.pdf)
6. Идрисов Т. Экологическая организация «маленькая земля». Рубрика: Природа и человек. Электронный доступ: <http://www.clicr.ru/post/show/id/1420>
7. Регламент (ЕС) №1005/2009 Европейского Парламента и Совета ЕС о субстанциях, разрушающих озоновый слой (в новой редакции, Страсбург, 16 сентября 2009 г.). Электронный доступ: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=INT;n=55173>

УДК 621.643

## **ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИСПАРЕНИЯ ВЛАГИ НА ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ ТЕПЛОПРОВОДОВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В УСЛОВИЯХ УВЛАЖНЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ**

Губина Е.В., Половников В.Ю.  
E-mail: KatyaTomsk@sibmail.com

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, Половников В.Ю., ТПУ ЭНИН каф. ТПТ*

Уровень тепловых потерь в тепловых сетях РФ оценивается в 30 % полезного теплопотребления абонентов [1]. Отдельный интерес представляет анализ тепловых потерь теплопроводов в условиях увлажнения изоляции [2]. При этом в [2] не учитывается влияние фазовых переходов в структуре слоя теплоизоляции на интенсификацию тепловых потерь.

Целью данной работы является численный анализ тепловых потерь теплопроводов в условиях увлажнения тепловой изоляции с учетом испарения влаги на границе раздела «стенка трубы – слой изоляции».

Рассматривается задача теплопроводности в системе «стенка трубы – слой увлажненной теплоизоляции». На границе раздела «стенка трубы – слой увлажненной изоляции» учтен процесс испарения. На рис. 1 показана область решения рассматриваемой задачи.

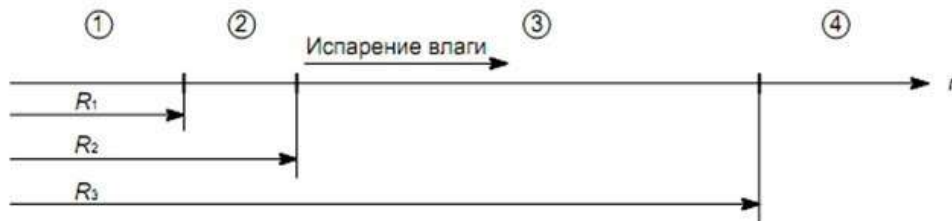


Рисунок. 1. Схематическое изображение области решения: 1 – теплоноситель; 2 – стенка трубы; 3 – слой увлажненной изоляции; 4 – окружающая среда.

### Математическая модель

Математическая постановка задачи имеет вид:

$$\frac{\partial T_{\text{тр}}}{\partial \tau} = a_{\text{тр}} \left( \frac{\partial^2 T_{\text{тр}}}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_{\text{тр}}}{\partial r} \right), \quad R_1 \leq r < R_2; \quad (1)$$

$$\frac{\partial T_{\text{и}}}{\partial \tau} = a_{\text{эф}} \left( \frac{\partial^2 T_{\text{и}}}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_{\text{и}}}{\partial r} \right), \quad R_2 < r \leq R_3. \quad (2)$$

$$\tau = 0, R_1 \leq r \leq R_3, T_{\text{тр}} = T_{\text{из}} = T_0 = \text{const}. \quad (3)$$

$$\tau > 0, r = R_1, T_{\text{тр}} = T_1 = \text{const}; \quad (4)$$

$$\tau > 0, r = R_2, -\lambda_{\text{тр}} \frac{\partial T_{\text{тр}}}{\partial r} = -\lambda_{\text{эф}} \frac{\partial T_{\text{и}}}{\partial r} - QW; \quad (5)$$

$$\tau > 0, r = R_3, -\lambda_{\text{эф}} \frac{\partial T_{\text{и}}}{\partial r} = \alpha(T_{\text{и}} - T_{\text{ос}}). \quad (6)$$

Обозначения:  $T$  – температура, К;  $\tau$  – время, с;  $a$  – коэффициент температуропроводности,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $r$  – координата, м;  $R$  – граница области расчета, м;  $\lambda$  – теплопроводность,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;  $Q$  – теплота фазового перехода,  $\text{Дж}/\text{кг}$ ;  $W$  – массовая скорость испарения,  $\text{кг}/\text{с}$ ;  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Индексы: тр – труба; 1, 2, 3 – номера границ; тр – труба; и – изоляция; 0 – начальный момент; эф – эффективный; ос – окружающая среда.

Массовая скорость испарения определялась из соотношения [3]:

$$W = \frac{A(P_{\text{нас}} - P_{\text{парц}})}{\sqrt{\frac{2\pi R_g}{M} T(\tau, R_2)}},$$

где:  $A$  – коэффициент аккомодации;  $P_{\text{нас}}$  – давление насыщения, Па;  $P_{\text{парц}}$  – парциальное давление испаряющейся компоненты, Па;  $R_g$  – газовая постоянная,  $\text{Дж}/(\text{кмоль} \cdot \text{К})$ ;  $M$  – молекулярная масса паров,  $\text{кг}/\text{моль}$ .

Коэффициент аккомодации вычислялся по формуле [4]:

$$A = \frac{0,059}{P_{\text{нас}}^{0,5}}.$$

Парциальное давление испаряющейся компоненты определялось по аналогии с процессом поверхностного испарения [5]:

$$\psi = \frac{P_{\text{парц}}}{P_{\text{нас}}} = \frac{m_{\text{в}}}{m_{\text{в}} + m_{\text{п}}},$$

где:  $m$  – массовая доля;  $v$  – вода;  $p$  – пар.

Исходя из физических соображений, ясно, что  $m_v$  значительно больше  $m_p$ . Следовательно, для рассматриваемой задачи можно принять  $\psi$  как параметр:  $\psi \approx 0,999 \dots 0,995$ .

Теплофизические свойства слоя увлажненной изоляции определялись с учетом объемных долей каждой компоненты [6]. Например, эффективная теплопроводность вычислялась из соотношения:

$$\lambda_{\text{эф}} = \lambda_i \varphi_i + \lambda_v \varphi_v; \quad \varphi_v + \varphi_i = 1,$$

где:  $\varphi$  – объемная доля.

Задача (1)–(6) решена методом конечных разностей с использованием неявной четырехточечной разностной схемы. Разностные аналоги исходной системы уравнений решены методом «прогонки».

Численный анализ проводился для трубы с диаметром условного прохода 600 мм, изготовленной из стали 10 (толщина 9 мм) и тепловой изоляцией из стеклянной ваты (толщина 70 мм). Значение температуры в рассматриваемой области решения в начальный момент времени принималось равным  $T_0=298$  К. Температура внутренней поверхности трубы принималась равной  $T_1=363$  К, а температура окружающей трубопровод среды составляла  $T_{\text{oc}}=298$  К. Коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции к наружному воздуху принимался равным  $\alpha = 11$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Максимальное значение объемной доли воды  $\varphi_v = 0,73$ .

В таблице 1 приведены значения теплопроводности ( $\lambda$ ), теплоёмкости ( $C$ ), и плотности ( $\rho$ ) трубопровода, изоляции и воды, использованные при расчетах.

Таблица 1. Теплофизические свойства материалов

Материал	$\lambda$ , Вт/(м·К)	$C$ , кДж/(кг·К)	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
Сталь 10	57,7	0,466	7860
Стекловата	0,059	0,67	206
Вода	0,571	4,2	1000

Результаты численного моделирования, приведенные в таблице 2, свидетельствуют об ожидаемом росте тепловых потерь теплопровода  $q_1$  с увеличением объемной доли влаги  $\varphi_v$  в пористой структуре слоя тепловой изоляции.

Таблица 2. Результаты численного анализа тепловых потерь по величине объемной доли влаги в слое тепловой изоляции

$\varphi_v$	$q_1$ , Вт/м	$\delta_1 = \frac{q_1^{\varphi \neq 0} - q_1^{\varphi=0}}{q_1^{\varphi \neq 0}}, 100 \%$
0	110,19	-
0,2	271,53	59,4
0,4	404,09	72,7
0,6	515,26	78,6
0,73	578,61	81,0

Величиной  $\delta_2$  обозначен рост тепловых потерь теплопровода  $q_2$  по сравнению с потерями без учета испарения при  $\varphi_v = 0$  (таблица 2), а значения  $\delta_3$  характеризуют отклонения в расчетах тепловых потерь с учетом и без учета испарения при  $\varphi_v \neq 0$ .

Таблица 3. Результаты численного моделирования по параметру  $\psi$

$\varphi_v$	$\psi$	$q_2$ , Вт/м	$\delta_2 = \frac{q_2 - q_1^{\varphi=0}}{q_2}, 100 \%$	$\delta_3 = \frac{q_2 - q_1^{\varphi \neq 0}}{q_2}, 100 \%$
0,2	0,999	329,63	66,6	17,6
	0,997	445,84	75,3	39,1
	0,995	562,05	80,4	51,7
0,4	0,999	462,17	76,2	12,6
	0,997	578,33	80,9	30,1

	0,995	694,50	84,1	41,8
0,6	0,999	573,33	80,8	10,1
	0,997	689,46	84,0	25,3
	0,995	805,60	86,3	36,0
	0,999	636,61	82,7	9,1
0,73	0,997	752,72	85,4	23,1
	0,995	868,84	87,3	33,4

Отклонение в результатах расчета тепловых потерь с учетом и без учета испарения влаги составляет  $\delta_3=9,1-51,7\%$ , что свидетельствует о необходимости учета наличия испарения при проведении анализа тепловых режимов теплопроводов, работающих с увлажненной изоляцией.

Вклад эффекта испарения в суммарные тепловые потери составляет от 1,7 до 21 % (табл. 2, 3) в зависимости от значений  $\varphi_v$  и  $\psi$ . Анализ нестационарности процессов теплопереноса для рассматриваемой задачи свидетельствует о том, что время выхода процессов на стационарный режим не превышает 20 000 секунд, что хорошо согласуется с результатами проведенных ранее исследований [2].

*Исследование выполнено при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-08-00201-а и гранта Президента РФ № МК-1652.2013.8.*

### Литература

1. Ватин Н.И., Дубов В.В., Петраков Г.П. Внедрение РМД 41-11-2012 Санкт-Петербург «Устройство тепловых сетей в Санкт-Петербурге». – 2013. – № 1(6). – С. 48–54.
2. Кузнецов Г.В., Половников В.Ю. Численное моделирование теплового состояния трубопровода в условиях затопления с учетом нестационарности процесса насыщения теплоизоляции влагой // Теплоэнергетика. – 2008. – № 5. – С. 60–64.
3. Полежаев Ю. В., Юревич Ф. Б. Тепловая защита. – М.: Энергия, 1976. – 392 с.
4. Санду С.Ф. Математическое моделирование процессов переноса тепла и массы в испарительно-конденсационных системах теплопередачи энергетических установок // Известия Томского политехнического университета. – 2003. – Т. 306. – № 4. – С. 60–63.
5. Берман Л.Д. Испарительное охлаждение циркуляционной воды. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1949. – 440 с.
6. Чудновский А.Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов. – М.-Л.: Физматгиз, 1962. – 456 с.

## ПОРОГОВЫЕ РЕАКЦИИ В ОБЛУЧЕННОМ КЕРАМИЧЕСКОМ ЯДЕРНОМ ТОПЛИВЕ

Кнышев В.В., Плевако М.Н., Храпов Д.А.  
E-mail: utas\_1993@inbox.ru

*Научный руководитель: кандидат физико-математических наук, доцент, Беденко С.В., ТПУ  
ФТИ Кафедра физико-энергетических установок.*

Повышение эффективности ядерной энергетики связано с решением следующих основных задач. Первая задача связана с регенерацией ОЯТ АЭС и возвращением его в ЯТЦ. Вторая задача обусловлена резко возросшей глубиной выгорания ОЯТ, вплоть до 120 МВт-сут/т [1 – 3].

Увеличение глубины выгорания более 70 МВт-сут/т будет сопряжен с непреодолимыми радиационными проблемами на стадии транспортировки контейнеров (ТУК), которые имеют иные защитные характеристики, так же на стадии радиохимического передела ОЯТ и возвращение его в ЯТЦ.

Поле ионизирующего излучения ОЯТ формируется  $\gamma$ -квантами, нейтронами, возникающими в результате спонтанного деления ядер актиноидов, и нейтронами, образующимися в результате протекания  $(\alpha, n)$ - и  $(\gamma, n)$ -реакций. Но удельная нейтронная активность, обусловлена протеканием  $(\alpha, n)$ -реакции на легких ядрах.

В связи с этим цель работы, определение нейтронной составляющей радиационных

характеристик облученных  $\text{UO}_2$ , UC и UN.

#### Особенности $(\alpha, n)$ -реакции

Одна из особенностей этой реакции заключается в том, что являются важной и значимой составляющей нейтронного излучения ОЯТ. В зависимости от типа реактора, выгорания, выдержки и начального обогащения вклад  $(\alpha, n)$ -реакции может изменяться в широких пределах.

Кроме того, спектр  $(\alpha, n)$ -реакции на кислороде и, в особенности на углероде существенно «жестче» по сравнению со спектром спонтанного деления. По этому, при расчете радиационных характеристик ОЯТ, необходимо знать спектр нейтронного излучения и в большинстве случаев проектировать защиту с учетом особенностей этого спектра.

Отметим, что спектр нейтронов зависит от замедляющих и поглощающих свойств среды, от утечки нейтронов. Поэтому спектр излучения какого-либо соединения будет сильно различаться от спектра реальной технической среды (ОЯТ, растворы, смеси, соединения), состоящей из смеси актиноидов. В таких случаях рекомендуется рассчитывать спектр излучения и выход нейтронов с использованием соответствующих методик и программных продуктов.

#### Выход нейтронов в $(\alpha, n)$ -реакции

Рассмотрим среду, состоящую из вещества  $j$  на ядрах, которого идет реакция  $(\alpha, n)$  и вещества  $i$   $\alpha$ -излучателя (актиноида), на ядрах которого эта реакция невозможна.

В самом общем случае, выход нейтронов в результате  $(\alpha, n)$ -реакции определяется соотношением:

$$Q_i^{\alpha, n}(E) = m_i q_i^{\alpha, n}(E), \text{ нейтр./с,}$$

где  $m_i$  – масса  $\alpha$ -активного актиноида, г;  $q_i^{\alpha, n}(E)$  – удельный выход нейтронов, нейтр./ $(\text{с}\cdot\text{г})$ .

При изотропном распределении направлений движения  $\alpha$ -частиц удельный выход нейтронов можно рассчитать по соотношению:

$$q_i^{\alpha, n}(E) = q_i^{\alpha} \cdot n_j \int_{B_j}^{E_i} \frac{\sigma_j^{\alpha, n}(E)}{f_{\text{соед}}(E)} dE, \text{ нейтр./}(\text{с}\cdot\text{г}), \quad (1)$$

где  $q_i^{\alpha}$  – удельная мощность  $\alpha$ -излучателя, испускаемых  $i$ -м актиноидом,  $\alpha$ -частиц/ $(\text{с}\cdot\text{г})$ ;  $n_j$  – концентрация  $j$ -х ядер в соединении,  $\text{см}^{-3}$ ;  $\sigma_j^{\alpha, n}$  – микроскопическое эффективное сечение  $(\alpha, n)$ -реакции,  $\text{см}^2$ ;  $f(E) = (-dE/dx)$  – ионизационные потери энергии  $\alpha$ -частицы на атомах  $i$ -го соединения, МэВ/см;  $E$  – средняя энергия  $\alpha$ -частиц  $i$ -го актиноида, МэВ;  $B_j$  – порог  $(\alpha, n)$ -реакции, МэВ.

При расчете сечения  $(\alpha, n)$ -реакций можно воспользоваться моделью, учитывающую зависимость выхода ядерных реакций и массовой тормозной способности (ионизационные потери в среде) от энергии  $\alpha$ -частиц. Аналитически эта модель выглядит следующим образом:

$$\sigma_j^{\alpha, n}(E_i) = \frac{1}{N_j} \cdot \frac{dY_j(E)}{dE} \cdot |f_j(E)|, \text{ см}^2,$$

где  $N_j$  – концентрация ядер кислорода,  $\text{см}^{-3}$ ;  $Y_j(E)$  – выход нейтронов на одну  $\alpha$ -частицу;  $dY_j(E)/dE$  – производная от полуэмпирической функции  $Y(E)$ , МэВ $^{-1}$ ;  $f(E) = (-dE/dx)$  – ионизационные потери энергии  $\alpha$ -частицы на атомах кислорода, МэВ/см.

Функциональная зависимость выхода нейтронов  $Y_j(E)$  от энергии  $\alpha$ -частиц получается при полиномиальной или степенной аппроксимации экспериментальных данных. В отсутствии экспериментальных данных функция  $Y_j(E)$ , а также первая производная от неё, могут быть определены путем аппроксимации значений выхода нейтронов.

Таким образом, выход нейтронов можно оценить, если известны зависимость сечения реакции от энергии частиц и закон потерь энергии в зависимости от пробега частиц в среде. То есть все решение сводится к определению интеграла (1).

В табл. 1 сведены результаты расчетов радиационных характеристики наиболее важных нуклидов, формирующих нейтронное излучение как облученных, так и не облученных топливных композиций на основе урана, плутония и тория.

Таблица 1. Радиационные характеристики некоторых радионуклидов и их соединений

Нуклид	$q_i^{\alpha}, \alpha/\text{с/г}$	$q_i^{sf}, sf/\text{с/г}$	$Q_i^{sf}, \text{н/с/г}$	$q_i^{\alpha n}(\text{MeO}_2)/\omega_i, \text{н/с/г}$	$q_i^{\alpha n}(\text{MeN})/\omega_i, \text{н/с/г}$
$^{238}\text{Pu}$	$6,342 \cdot 10^{11}$	$1,205 \cdot 10^3$	$2,808 \cdot 10^3$	$1,337 \cdot 10^4$	$9,430 \cdot 10^2$
$^{242}\text{Cm}$	$1,226 \cdot 10^{14}$	$7,604 \cdot 10^6$	$1,772 \cdot 10^7$	$4,650 \cdot 10^6$	$3,031 \cdot 10^5$
$^{244}\text{Cm}$	$2,998 \cdot 10^{12}$	$4,107 \cdot 10^6$	$1,109 \cdot 10^7$	$8,483 \cdot 10^4$	$5,740 \cdot 10^3$
$^{241}\text{Am}$	$1,271 \cdot 10^{11}$	$5,465 \cdot 10^{-1}$	1,640	$2,673 \cdot 10^3$	$1,886 \cdot 10^2$
$^{252}\text{Cf}$	$1,986 \cdot 10^{13}$	$6,141 \cdot 10^{11}$	$2,307 \cdot 10^{12}$	$6,284 \cdot 10^5$	$4,170 \cdot 10^4$

Известный изотопный состав какой-либо топливной композиции или раствора, содержащего делящиеся нуклиды, позволяет нам с помощью табл. 1 сравнительно просто оценить вклад каждого изотопа в суммарное нейтронное излучение.

Полученные в ходе работы расчеты по представленной схеме, имеют погрешность не выше 17 % в сравнение с экспериментальными данными и погрешность 18 % в сравнение с результатами расчетов с помощью расчетных программ CARE и ORIGEN.

Используя полученные данные и их дальнейший анализ, пришли к тому, что увеличение глубины выгорания более 70 МВт·сут/т ведет к следующим проблемам: не существует ТУК соответствующий требованиям безопасности для ОЯТ с такой глубиной выгорания; переработка такого топлива является не целесообразной и не допустимой в плане безопасности.

Решить проблему, связанную с транспортировкой ОЯТ можно с помощью увеличения времени пред реакторной выдержки, а проблема, связанная с переработкой остается не решенной, поэтому данное топливо должно отправляться на сухое хранение.

#### Вывод

1. Рассмотрены особенности ( $\alpha, n$ )-реакции на легких ядрах в ОЯТ;
2. Полученные результаты, подтвердили теоретически выкладки других исследователей и удовлетворительно совпали (~30 %) с экспериментальными данными;
3. Установлено, что увеличение глубины выгорания более 70 МВт·сут/т будет сопряжено с непреодолимыми радиационными проблемами на стадии радиохимического передела ОЯТ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаманин И.В., Буланенко В.И., Беденко С.В. Поле нейтронного излучения облученного керамического ядерного топлива различных типов // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2010. – № 2. – С. 97–103.
2. Shamanin I. V. , Bedenko S. V. , Gubaydulin I. M. Optimum Ratio of Coverings Thickness to the Diameter of the Fuel Core of the Dispersive Nuclear Fuel // Advanced Materials Research. - 2014 - Vol. 880. - p. 219-228.
3. Беденко С.В. Особенности излучения облученного керамического ядерного топлива. Нейтронное излучение облученного ядерного топлива. - Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012 - 124 с.
4. Шаманин И.В., Беденко С.В., Губайдулин И.М. Особенности эксплуатации технических систем «сухого» хранения отработавшего ядерного топлива // Известия вузов. Физика. - 2013 - Т. 56 - №. 4/2. - С. 343-349.
5. Правила безопасности при транспортировании радиоактивных материалов НП-053-04. Введено в действие 5 января 2005.
6. Фролов В.В. Ядерно-физические методы контроля делящихся веществ. – М., Атомиздат, 1980. – 128 с.

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАНАЛОВ РАДИОСВЯЗИ И ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СВЯЗИ ПО ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ ЛИНИЯМ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

Никифорова А.Ю., Сотников И.Ю., Ельцов П.Н.

E-mail: [skt-omgtu@mail.ru](mailto:skt-omgtu@mail.ru)

*Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент, А.И. Тихонов,  
Омский государственный технический университет*

Следствием многообразия источников излучений в современном мире является резко возросшая плотность помех, ставящая перед разработчиками современных радиоэлектронных средств связи (РЭС) главные задачи повышения их эффективности: помехозащищенности, пропускной способности и экономичности. Как показывает практика, используемые в декаметровом диапазоне (3–30 МГц) телеграфные каналы в условиях глубоких замираний и наличия большой плотности станционных помех неэффективны по пропускной способности и помехозащищенности [1]. Исследованиями установлено, что в окрестностях крупных городов уровни этих помех на входе радиоприемного устройства (РПУ) превышают 1 В [2], а на входы судовых РПУ в условиях совместной работы РЭС могут наводиться радиопомехи до 100 В и выше [3, 4]. В ещё более сложных условиях находятся *высокочастотные (ВЧ) каналы связи, используемые на железнодорожном (ж.д.) транспорте а также ВЧ каналы по высоковольтным линиям (ВЛ)*, в которых в широком спектре амплитуд и частот присутствуют сосредоточенные помехи от соседних ВЧ каналов ВЛ, радиостанций и каналов проводных воздушных линий связи, от экранирования линейных проводов и разрядов по поверхности изоляторов, а также от коммутационных операций в сети и атмосферных разрядов [5, 6].

ВЧ связь на ж.д. транспорте, функционирующая, как правило, в диапазоне частот 100–500 кГц с использованием контактной сети железной дороги, кроме того, усугубляется *повышенным уровнем импульсных помех*, основными источниками которых являются силовое оборудование локомотива и устройства токосъема.

Исследования, проведенные в [7,8, 9], показывают, что наиболее эффективными сигналами в указанных радиополосах являются *последовательные многочастотные (ПМЧ) широкополосные сигналы (ШПС)*. Методы формирования ПМЧ ШПС и их влияние на эффективность приема изложены в [8].

Эффективность использования в каналах связи ШПС оправдывается их высокой информационной защищенностью, так как становится практически невозможным извлечь информацию из сигнала, если неизвестны данные о его структуре и к тому же эти сигналы по уровню значительно ниже среднего уровня помех. Согласно [8] ПМЧ сигналы относятся к дискретно-частотным или дискретно-модулированным (манипулированным) сигналам, которые характерны для сигналов телемеханики, противоаварийной автоматики и релейной защиты упомянутых ВЧ каналов связи. При этом несущие частоты этих каналов распределены в спектре низких частот (0,3–3,4 кГц) и в зависимости от применяемой аппаратуры преобразуются в спектр более высоких частот (168–1000 кГц). В КВ радиополосах для передачи телеграфных сигналов в настоящее время используют амплитудную (АТ), частотную (ЧТ), двухканальную частотную (ДЧТ) и относительную фазовую (ОФТ) телеграфию. До последнего времени считалось, что *чем стабильнее рабочая частота, тем уже полоса частот, используемая для радиосвязи, тем свободнее от помех выделенный канал связи, тем надежнее работает линия радиосвязи*.

В 1959 году американский ученый Дж. П. *Костас* предложил *парадоксальный* на первый взгляд *метод* увеличения надежности за счет *искусственного расширения полосы частот, занятой сигналом связи*. Физическая сущность метода заключается в том, что полезный сигнал распределён («размазан») по широкой полосе частот, и если отдельные участки его спектра поражены мощными помехами, то это незначительно уменьшит полезную энергию принимаемого сигнала.

Ярким примером практической реализации основных принципов использования ШПС для борьбы с многолучевостью в КВ канале связи является система передачи дискретной информации «*Rake*». В ней *основной и множество эхо-импульсов*, на которые распадается при распространении излученный информационный импульс, в пункте приема *собираются вместе, согласовываются по времени и по фазе, и после сложения образуют результирующий свободный от помех сигнал*.



Зависимость между принимаемым сигналом  $x(t)$  и передаваемым  $Z(t)$  определяется выражением:

$$x(t) = \sum_{i=1}^n \mu_i Z(t - \Delta t_i) \quad (1)$$

где  $n$  - число приходящих лучей  $\mu$  и  $\Delta t_i$  - параметры затухания и запаздывания соответственно каждого отдельного луча.

Идея системы «Rake» состоит в том, чтобы еще в линейной части РПУ осуществить раздельный прием отдельных лучей, а затем произвести алгебраическое (а не векторное) их суммирование.

Приемное устройство использует метод синхронного гетеродинирования, позволяющего осуществить прием каждого из лучей, оценить их амплитудное взвешивание и произвести когерентное сложение (рисунок 1). Схема включает в себя два идентичных тракта обработки, состоящих из линии задержки, набора корреляторов и детектора огибающей. В результате обработки выделяемые лучи суммируются в общих шинах трактов обработки сигналов с одинаковыми фазами и поступают на устройство сравнения, в котором принимается решение о передаче на выход наибольшего из них. Это выходное напряжение управляет работой телеграфного аппарата в точке приема.

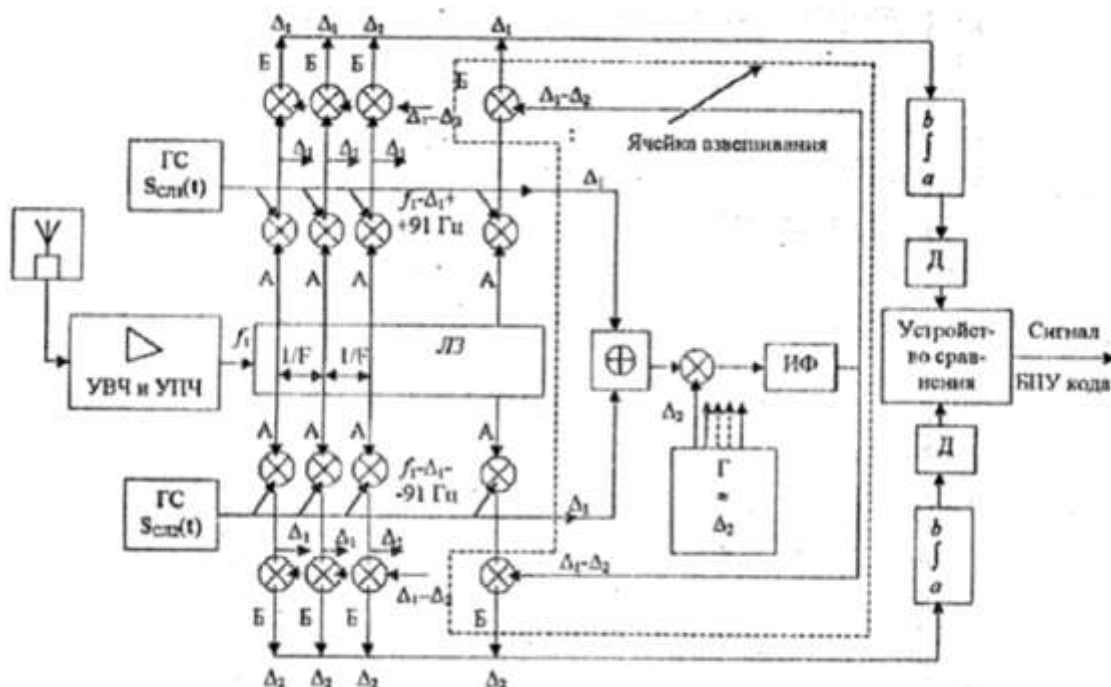


Рисунок 1. Структурная схема обработки ШПС в приемном устройстве «Rake»

В передатчике для формирования ШПС используется бинарная псевдослучайная последовательность импульсов на основе регистра сдвига с логической обратной связью, состоящего из набора 10 триггерных ячеек (рисунок 2).

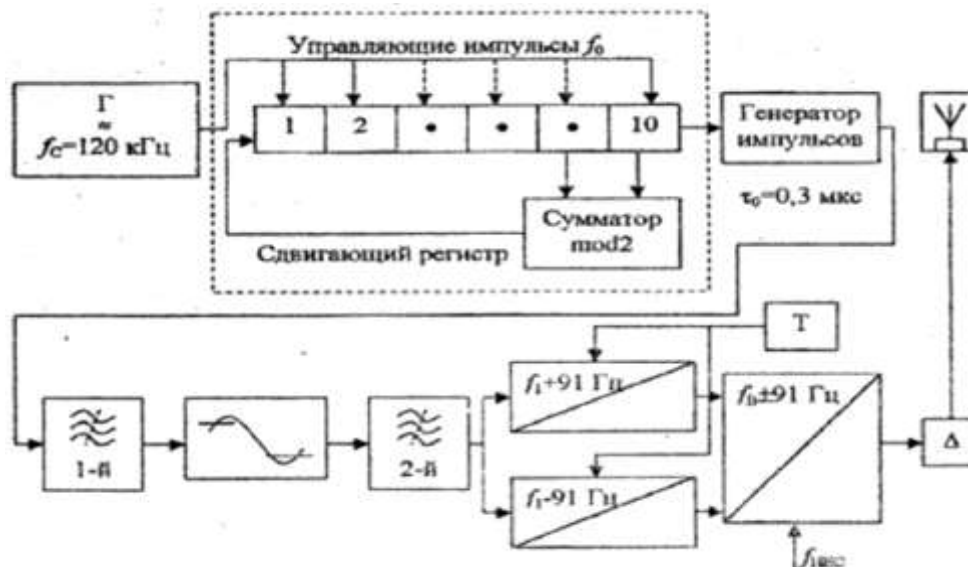


Рисунок 2. Функциональная схема формирования ШПС в передаче

Другим примером эффективного использования КВ частотного канала является радиолиния «Кинеплекс», использующая принцип частотного уплотнения телефонного спектра двадцатью каналами и передачу внутри каждого канала двух телеграфных сообщений с помощью двойной относительной фазовой телеграфии (ДОФТ). Система занимает спектр в 3400 Гц. В пределах этой полосы передается 20 поднесущих частот с интервалом 110 Гц, манипулированных по фазе. Скорость передачи составляет 75 Бод по каждому из 40 созданных каналов, что соответствует общей пропускной способности 3000 Бод. В этих условиях длительность элементарной посылки составляет 13,3 мс по всем 40 каналам. Использование в этой радиолинии ДОФТ, интегрального приема и высокодобротных коммутируемых резонаторов позволило создать многоканальную систему связи, реализующую *скорость передачи и помехоустойчивость, близкую к пределу Найквиста-Шеннона-Котельникова* и значительно превосходящую по этим показателям многоканальные системы с частотной модуляцией.

В [8] сформулированы убедительные выводы о преимуществах исследованных ПМЧ ШПС как обладающих оптимальными свойствами, основными из которых являются следующие:

1. ПМЧ ШПС допускает их эффективное формирование на основе наиболее экономичного и оптимального метода псевдослучайных латинских квадратов (частотновременных матриц - ЧВМ), в которых элементы 1, 2, 3, ...  $m$  различаются в каждой стороне и каждом столбце с переменным шагом. Принято, что оптимальность формирования дискретных ПМЧ ШПС достигается, если их кодовые последовательности имеют не более одного совпадения при любых частотных или временных дискретных сдвигах [8]. Например, бинарный частотный метод требует 200 элементов составного сигнала, фазовый - 2000, а метод на основе ЧВМ - всего 16-20 элементов с различными частотами и временными интервалами. В [10] показано, что уже достаточно эффективная защита от преднамеренных помех достигается при использовании  $m > 2$ . В условиях радиопротиводействия указанное преимущество дает наибольший эффект.

2. ПМЧ ШПС позволяют «хирургически вырезать» сильные сосредоточенные помехи, достигнуть устойчивый прием полезной информации при многолучевом распространении, снизить мощность радиопередающего устройства при заданной достоверности приема.

4. С помощью ПМЧ ШПС возможна передача нескольких сообщений на одной несущей частоте.

5. Допускается возможность погружения ШПС глубоко под уровни шума и помехи, тем самым существенно увеличить помехоустойчивость.

Таким образом, построение и модернизация современных эффективных каналов связи всех назначений, включая каналы ВЧ связи по ВЛ, должны исходить из основной задачи – *повышение их эффективности, включающей помехозащищенность, пропускную способность (быстродействие), и экономичность*. Эта задача должна решаться путем создания и развития современных каналов связи с использованием ШПС, в которых:

- 1) предусматривается совершенствование методов формирования и кодирования передаваемой информации;
- 2) непрерывно оцениваются условия распространения сигналов и помеховой обстановки;
- 3) на основе цифровой обработки и алгоритмов приема, устойчивых к изменению интенсивности помех, адаптивно-автоматически вырабатываются оптимальные условия приема полезной информации.

#### **Библиографический список**

1. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации / Под ред. А. Г. Зюко. - М: Радио и связь, 1985. - 286 с.
2. Мишустин И.А. Повышение помехоустойчивости радилюбительского приема. - М.: Энергия, 1974. - С. 5-14.
3. Григорьев А.Г., Матисен А. И., Патрин В.С. Защита радиоприема на судах от помех. - Л.: Судостроение, 1973. - 243 с.
4. Комарович В.Ф., Сосунов В.Н. Случайные помехи и надежность связи. - М.: Связь, 1977. - 136 с.
5. Малышев А.И., Шкарин Ю.П. Специальные измерения высокочастотных каналов по линиям электропередач. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 268 с.
6. Связь\_на\_железнодорожном\_транспорте - «<http://xn--b1amah.xn--d1ad.xn-plai/w/index.php-title=&oldid=1769>».
7. Беристайн С., Барроуз М., Эванс Дж. и др. Дальняя связь на крайне низких частотах // ТИИЭР. - 1974. - Т. 62. - № 3. - С 5-30.
8. Пусь В.В. Теория и методы приема многопозиционных сигналов в радиоприемах СНЧ и СДВ диапазонов: Автореф. дис. д-ра техн. наук. - СПб, 2001.
9. Семенов И. И., Тихонов А.И. Приемник последовательных многопозиционных широкополосных сигналов // Омский научный вестник. -2006. - № 1 (34). - С. 126-131.
10. Семенов И.И. Широкополосные системы связи: Учеб. пособие. -Омск: Изд-во ОмГТУ, 2002. - 92 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТВЕРДОПОЛИМЕРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Бадлуева Т.В., Хамадаев В.С., Чеснокова А.Н., Ржечицкий А.Э., Сипкина Е.И, Пожидаев Ю.Н., Синев А.Э.  
E-mail: [irk.vladimir@mail.ru](mailto:irk.vladimir@mail.ru)

*Научный руководитель: к.х.н., Чеснокова А. Н., Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет*

### **Введение**

Исследование мембранных материалов для твердополимерных топливных элементов является одним из научных направлений в области альтернативной энергетики [1, 2, 3]. Одним из перспективных методов для получения протонпроводящих мембран является золь-гель синтез. Преимуществом данного метода является возможность получения гибридных мембран, сочетающих комплекс заданных свойств, таких как высокая термическая и химическая стабильность неорганической матрицы и функциональные свойства органического компонента [2, 4, 5].

К мембранам, работающим в составе топливных элементов, предъявляется ряд требований, а именно:

- высокая ионная проводимость;
- устойчивость в окислительно-восстановительных средах, в том числе при повышенных температурах;
- индифферентность по отношению к применяемому катализатору, носителем для которого служит материал;
- низкая проницаемость по отношению к используемому топливу и окислителю;

- механическая прочность;
- способность удерживать воду;
- стабильность характеристик;
- относительно низкая стоимость [3].

### Экспериментальная часть

Протонпроводящие мембраны на основе 2-фенил-5-бензимидазолсульфокислоты (ФБИСК), 3-пиридинсульфокислоты (ПСК) и тетраэтоксисилана (ТЭОС) были получены методом золь-гель синтеза по методике, описанной в [6]. В качестве пленкообразователя использовали поливинилбутираль.

Протонную проводимость полученных образцов изучали методом импедансной спектроскопии двухэлектродным методом. Измерения проводили в частотном диапазоне 500000-5000 Гц на приборе “Z-500PX” (Elins, Россия)

Определение полной обменной емкости проводили методом обратного титрования по методике [7].

Исследование механических свойств мембран выполнялись на универсальной испытательной машине AGS-X (Shimadzu, Япония) по методике [8]. Для испытания применяли образцы размерами 25х60 мм. Образцы, испытываемые в сухом состоянии, перед исследованием кондиционировали 24ч по [9] при температуре 23°C и относительной влажности 50 %. Образцы, испытываемые в мокром состоянии, предварительно выдерживали в течение 24ч в дистиллированной воде. Скорости раздвижения зажимов испытательной машины составляли 1мм/мин. При испытании непрерывно измерялась нагрузка и удлинение образца в автоматическом режиме. Модуль упругости и максимальное удлинение определялись с помощью программного обеспечения, поставляемого с прибором.

Прочность при разрыве ( $\sigma$ , МПа) определяли по формуле [8]:

$$\sigma_r = \frac{F_r}{A_0}, \quad (1)$$

где  $F_r$  – растягивающая нагрузка в момент разрыва, Н;  $A_0$  – начальное поперечное сечение образца, мм<sup>2</sup> (определяется по средним значениям толщины и ширины).

Относительное удлинение при разрыве ( $E$ , %) вычисляли по формуле:

$$E = \frac{\Delta l_{or}}{l_0} 100, \quad (2)$$

где  $l_0$  – начальная расчетная длина образца, мм;  $\Delta l_{or}$  – изменение расчетной длины образца в момент разрыва, мм.

### Обсуждение результатов

В ходе работы исследованы характеристики протонпроводящих мембран на основе азотсодержащих гетероароматических производных сульфокислот (ФБИСК и ПСК), полученных золь-гель методом.

Исследована зависимость протонной проводимости синтезированных мембран от температуры. В качестве сравнительных образцов использовали промышленно производимые мембраны Nafion 212 (“DuPont”, США) и МФ-4СК (ОАО «Пластполимер», Россия). На основании полученных данных построены графики зависимости протонной проводимости исследуемых мембран от температуры:  $\ln \sigma = f\left(\frac{1}{T} \cdot 10^3\right)$  (рис.1), по которым, согласно уравнению Аррениуса, определена энергия активации процесса переноса протона через мембрану:

$$\sigma = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right), \quad (3)$$

где  $\sigma$  – ионная проводимость, См·см<sup>-1</sup>;  $A$  – предэкспоненциальный множитель;  $E_a$  – энергия активации, кДж/моль;  $R$  – универсальная газовая постоянная (8,31 Дж/моль·К);  $T$  – температура, К.

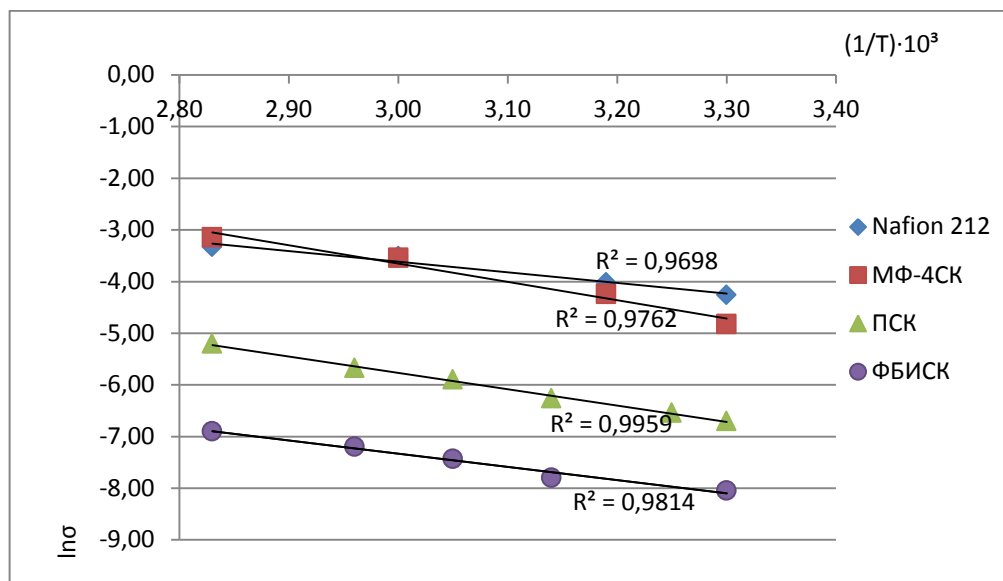


Рисунок 2. График зависимости протонной проводимости исследуемых мембран от температуры

Анализ результатов исследования ионной проводимости мембран на основе ПСК и ФБИСК показал, что при повышении температуры от 30 до 80°C наблюдается увеличение протонной проводимости. Энергия активации мембран на основе ПСК и ФБИСК составляет 24,93 и 21,73 кДж/моль, соответственно. Полученные результаты исследуемых мембран близки к коммерческим мембранам Нафийон и МФ-4СК, энергия активации которых составляет 17,04 и 29,92 кДж/моль, соответственно.

Для исследуемых образцов мембран была определена обменная емкость. Мембраны на основе производных сульфокислот ПСК и ФБИСК обладают более высокой обменной емкостью: 1,84 и 2,70 мг·экв/г, соответственно, по сравнению с коммерческой мембраной Нафийон, обменная емкость которой составляет 0,95 мг·экв/г.

Поскольку в составе ТЭ полимерный электролит используется в виде тонкой мембраны, механическая прочность должна сохраняться на достаточно высоком уровне в процессе эксплуатации мембраны в гидратированном состоянии в течение длительного времени [3]. В связи с этим были проведены испытания механических свойств мембран, результаты которых представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты испытания механических свойств мембран

Образец мембраны	Модуль упругости при растяжении, $E_p$ , МПа		Прочность при разрыве, $\sigma_r$ , МПа		Относительное удлинение при разрыве, $E$ , %	
	23°C; отн. влаж-ность 50 %	23°C; отн. влаж-ность 100 %	23°C; отн. влаж-ность 50 %	23°C; отн. влаж-ность 100 %	23°C; отн. влаж-ность 50 %	23°C; отн. влаж-ность 100 %
ПСК	113±3,82	128±3,32	4±0,2	2±0,1	18±0,4	3±0,1
ФБИСК	137±5,23	191±7,32	6±0,2	2±0,1	5±0,2	1±0,1
Нафийон 212	160±4,11	132±4,65	25±1	15±0,4	316±4,8	246±4,5

Модули упругости образцов мембранных материалов на основе производных сульфокислот как в сухом (113-137 МПа), так и во влажном состоянии (128-191 МПа) сравнимы с соответствующим показателем Нафийона (160-132 МПа).

При температуре 23°C и относительной влажности 50 % прочность при разрыве мембран на основе ПСК и ФБИСК составляет 4 и 6 МПа, соответственно. При увлажнении данных образцов происходит уменьшение их прочности в 2-3 раза.

Нафийон отличается линейным строением молекул полимера, что приводит к высокому относительному удлинению при разрыве. Синтезированные нами материалы имеют сетчатую структуру и обладают меньшим удлинением при разрыве (табл.1). Следует отметить, что при

эксплуатации мембранных материалов в составе топливных элементов не требуется высоких значений данной величины.

### Заключение

Таким образом, в ходе работы исследованы характеристики протонпроводящих мембран, полученных методом золь-гель синтеза из азотсодержащих гетероароматических производных сульфокислот (3-пиридинсульфокислота и 2-фенил-5-бензимидазолсульфокислота) с участием тетраэтоксисилана, обладающие протонной проводимостью порядка  $10^{-3}$  См/см.

Исследована температурная зависимость протонной проводимости мембран на основе ПСК и ФБИСК в диапазоне от 30 до 80°C при относительной влажности 75%. Определены значения энергий активации протонного переноса данных образцов, которые составили 24,93 и 21,73 кДж/моль, соответственно. Полученные значения синтезированных образцов сравнимы с энергией активации коммерческих мембран Нафион и МФ-4СК.

Показано, что мембраны на основе гетероароматических производных сульфокислот демонстрируют более высокую обменную емкость по сравнению с Нафионом (1.84-2,70 и 0.95-1,01 мг·экв/г, соответственно).

Модули упругости образцов мембранных материалов на основе производных сульфокислот как в сухом (113-137 МПа), так и во влажном состоянии (128-191 МПа) сравнимы с соответствующим показателем Нафиона (160-132 МПа).

При температуре 23°C и относительной влажности 50 % прочность при разрыве мембран на основе ПСК и ФБИСК составляет 4 и 6 МПа, соответственно. При увлажнении данных образцов происходит уменьшение их прочности в 2-3 раза.

1. Добровольский Ю.А., Писарева А.В., Леонова Л.С., Карелин А.И. /Новые протонпроводящие мембраны для топливных элементов и газовых сенсоров // Альтернативная энергетика и экология. Т. 20, №12. С.36-41. (2004).
2. T.S. Zhao, K.-D. Kreuer, T. Nguyen. *Advances in Fuel Cells*. Elsevier, 2007, 499с.
3. Иванчев С.С., Мякин С.В. /Полимерные мембраны для топливных элементов: получение, структура, модифицирование, свойства. // Успехи химии. Т. 79, №2. С.117-134, (2010).
4. Y. Pozhidaev, O. Lebedeva, S. Bochkareva, E. Sipkina /Hybrid Composites from Silicon Materials and Nitrogenous Heterocyclic Polybases//*Adv. Sci. Lett.*, v. 19, pp.309-312, (2013).
5. Цветкова И.Н., Шилова О.А., Гомза П.Ю., Сухой К.М. /Золь-гель синтез и исследование силикофосфатных и гибридных протонпроводящих нанокомпозитов // Альтернативная энергетика и экология. №1(45), с.137-138, (2007).
6. Chesnokova A. N., Lebedeva O. V., Pozhidaev Y. N., Ivanov N. A., Rzhechitskii A. E., Badlueva T. V. Synthesis and Characterization of Cross-linked Organic-silicon Composite Membranes for PEM Fuel Cells // *The Power Grid of the Future. Proceedings No.3, Otto-von-Guericke-Universitaet Magdeburg, Magdeburg, 2013. pp.14-17,*
7. ГОСТ 17552-72. Мембраны ионнообменные. Методы определения полной и равновесной обменной емкости. – Введ.16.02.72. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1972. – 10 с.
8. ГОСТ №50111-92. Мембраны полимерные. Метод определения прочностных свойств плоских мембран. – Введ. 01.07.93. – М.: Госстандарт России, 1992. – 7 с.
9. ГОСТ 12423-66. Условия кондиционирования и испытания образцов. – Введ. 01.07.67. – М.:Стандартинформ, 2006. – 7 с.

# **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА В СУРОВЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ**

Сон В.Д

E-mail: Vladimir.D.Son@gmail.com

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

Особенностью, характерной для регионов Сибири, является весьма низкая плотность населения на громадных, слабо освоенных в производственном отношении территориях. Энергоснабжение населенных пунктов, производственных и других объектов в таких условиях может осуществляться только путем создания децентрализованных зон. В Томской области около 40% территории не имеет централизованного энергоснабжения.

Учитывая высокую стоимость строительства новых крупных объектов энергетики (отопительные котельные, тепловые электростанции и другие) можно сделать вывод о перспективности децентрализованного энергоснабжения отдельных районов строительства. Самым оптимальным, на мой взгляд, является техническое решение, представляющее собой комбинированное использование цикла теплонасосной установки для нужд теплоснабжения и возобновляемых источников энергии для электроснабжения (энергия ветра, энергия солнца)

Децентрализованные системы теплоснабжения с использованием тепловых насосов имеют ряд неоспоримых преимуществ: нет необходимости в строительстве протяженных дорогостоящих тепловых сетей; тепловая энергия генерируется вблизи ее потребителя; себестоимость производимой тепловой энергии в несколько раз ниже, чем у традиционных источников теплоснабжения. Экологически «чистая» электроэнергия, получаемая путём введения возобновляемых источников, является экономически выгодной, что непосредственно влияет на себестоимость вырабатываемой тепловой энергии. Внедрение таких экономичных и экологических технологий теплоснабжения в Томской области перспективно, в первую очередь в коттеджном строительстве, которое в наши дни очень популярно.

## **Цель работы:**

Разработать техническое решение для системы энергообеспечения жилого дома на территории Томской области с использованием возобновляемых источников энергии, в том числе посредством цикла теплонасосной установки.

## **Задачи исследования:**

- Определить энергопотребление жилого дома на основе проектных данных.
- Разработать систему независимого децентрализованного теплоснабжения здания на основе теплонасосной установки работающей от:
  - а) геотермального источника
  - б) вторичного низкопотенциального источника тепла.
- Разработать независимую систему электроснабжения (дублирующую основную) с максимальным вовлечением использования возобновляемых источников энергии на базе солнечной и ветро-установок.
- Определить экономический и экологический эффект от предлагаемого проекта.

Для исследования взят конкретный проект коттеджа на территории Томской области полезной площадью 80м<sup>2</sup>.

Предложена система энергоснабжения указанного здания, которая состоит из следующих элементов:

- Теплонасосная установка с возможностью использования двух источников низкопотенциального тепла:
  - а) геотермальная скважина
  - б) сточные воды расположенного вблизи пищевого предприятия.
- Дизель генераторная установка (для обеспечения бесперебойного электроснабжения в случае отключения или аварии основной сети).
- Ветроэнергетическая установка (генератор электрической энергии).

- Фотоэлектрическая установка (генератор электрической энергии).
- Солнечная водонагревательная установка (на нужды горячего водоснабжения).

Предложенные в рамках проведенной работы технические решения позволят обеспечить энергией в достаточном количестве выбранное здание. При этом используемые источники энергии экологичны т.к. их использование не наносят вред окружающей среде. После дополнительной, проектной проработки предлагаемого варианта теплоснабжения, техническое решение которого может быть использовано в большинстве районов Томской Области, позволяет решить проблему подвода коммуникаций (сети электроснабжения и теплоснабжения), повысив экономическую привлекательность коттеджного строительства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ахмедов Р.Б. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – М.: Знание, 1988.
2. Богословский В.Н. Отопление: Учеб. для вузов./Богословский В.Н., Сканин А.Н. – М.: Стройиздат, 1991. – 735 с.
3. Везиришвили О.Ш. Энергосберегающие теплонасосные системы тепло- и хладоснабжения./ Везиришвили О.Ш., Меладзе Н.В. – М.: Издательство МЭИ, 1994. – 158 с.
4. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / Р.В. Городов, В.Е. Губин, А.С. Матвеев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 294 с.
5. Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии./Твайделл Дж., Уэйр А. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.
6. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения / Хайнрих Г. и др.; Пер. с нем. Н.Л. Кораблевой, Е.Ш. Фельдмана; Под ред. Б.К. Явнеля. – М.: Стройиздат, 1985. – 351 с.
7. Электронный источник: [http://tanpm.narod.ru/Tnu\\_ttr.htm](http://tanpm.narod.ru/Tnu_ttr.htm)



### **СЕКЦИЯ 3. НАНОТЕХНОЛОГИИ, ПУЧКОВО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДААННЫМИ СВОЙСТВАМИ**

#### **ВНЕДРЕНИЕ НАНОСЕНСОРОВ В НАНОБИОИНТЕРФЕЙСЫ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОТЕЗОВ КОНЕЧНОСТЕЙ**

Турушев Н.В., Григорьев М.Г.  
nvtur90@mail.ru

*Научный руководитель: д.т.н., профессор, Авдеева Д.К. ФБГОУ ВПО НИ ТПУ ИНК лаборатория №63*

Одной из существующих и насущной проблемой человечества является поддержание хорошего уровня здоровья и дееспособности организма. Именно здоровье организма и правильное функционирование всех его систем, в первую очередь, влияет на качество жизни и благополучие человека, как душевное, так и материальное. По этой причине, первоочередной задачей во многих странах является решение проблем здравоохранения и разработка новых методов лечения и диагностирования существующих заболеваний и патологий.

По докладом Министерства Труда и Социальной защиты Российской Федерации на апрель 2013 года количество инвалидов в стране превысило отметку в 12,8 миллионов человек, что составляет 9,2 % всего населения России. Из них 1,75 миллионов являются людьми трудоспособного возраста. Но занимаются трудовой деятельностью только 0,508 миллионов человек, то есть около 31,9%. Для сравнения уровень занятого населения России от численности трудоспособного населения составляет 75% [1].

Кроме этого люди различных степеней инвалидности испытывают большие трудности при социализации из-за отклонений, как в раннем детстве, так и в зрелом возрасте, что сильно понижает их качество жизни и наносит большое количество психологических травм.

Именно повышение качества жизни таких людей и более простая интеграция их в общество является одной из проблем, которую решает государство и весь мир в целом.

Одним из способов решения проблемы социализации и увеличения качества жизни людей, восстановление их способностей является создание протезов, частично или полностью восстанавливающих функции, нарушенные у инвалидов и мешающие их нормальному существованию.

Решением этой проблемы стала разработка протезов, заменяющих отсутствующие органы человеку. Протезы позволяют человеку с инвалидностью уменьшить акцент на присутствующую у него патологию, уменьшить неудобства, которые он от неё испытывает, и помочь в адаптации во внешнем мире.

Некоторые учёные классифицируют разработанные на данный момент протезы на две группы: косметические и функциональные. [2]

Особенность косметических протезов заключается в том, что они несут минимальное восстановление функций отсутствующих органов человека и, в основном, направлены на маскировку недостатка правдоподобной моделью, в максимальном приближении повторяющей визуальные параметры.

Косметические протезы являются самым древним видом протеза, в истории известны случаи замены конечностей и частей лица ещё со времен древних шумеров и египетских фараонов. Как правило, данный вид протезов используется для обеспечения косметического эффекта для повреждённых органов опорно-двигательного аппарата и участков лица.

Производством подобных протезов занимаются практически во всех странах мира. В Российской Федерации производством косметических протезов занимается более 70 протезно-ортопедических мероприятий, связанных со своим регионом для обеспечения продукцией жителей, нуждающейся в ней. Например, в Томской области производством протезов занимается ФГУП «Томское протезно-ортопедическое предприятие», производящее протезы разнообразного назначения.

Функциональные протезы, называемые так же миотоническими, отличаются от косметических тем, что, прежде всего, направлены на восстановление функций потерянной части тела, либо органа. Такие протезы могут обладать косметическим эффектом (полный протез кисти, голени) или направлены только на восстановление функций.

На мировом рынке миотонические протезы представляют такие компании-производители, как Otto Bock (Германия), Thalmic Labs (США), Ossur (Ирландия), Dynastream Innovations (Канада), Touch Bionics (США). Данные разработчики приобрели большую известность не только за рубежом, но и в России. Например, продукция компании Otto Bock хорошо представлена в ФГУП «Томское ПрОП». [2]

Объём рынка протезов в мире по версии Market News составляет 16 млрд. долларов, а стоимость протезов варьируется от 2 000 до 300 000 долларов.

В России объём представляет около 3 млрд. рублей, а стоимость варьируется от 30 000 до 2 000 000 рублей. [2]

Миотонические протезы управляются при помощи биоинтерфейса, который использует в качестве информативного параметра электрофизиологические биосигналы человека.

Учёные различают несколько видов биоинтерфейсов: электромиографические, нейрологические, нейрокомпьютерные интерфейсы

Нейрокомпьютерные биоинтерфейсы используют в качестве информативного параметра биосигналы, поступающие из подкорки головного мозга. При этом снимающие отведения вживляются в участок коры головного мозга. Получаемые данные обрабатываются и преобразуются в управляющие сигналы, подаваемые на механику протеза.

Наибольшую пользу данный вид интерфейсов имеет для людей, страдающих от паралича конечностей, обусловленного нарушением нейронных связей между мозгом и управляемым органом.

Данный вид интерфейсов обладает преимуществами, такими как возможность управлять протезом, заменяющим полную конечность или парализованную область тела. Но и имеет большой недостаток – инвазивность, что создаёт большой риск повреждения или заражения мозга при установке протеза.

Нейрологический интерфейс использует в качестве информативного параметра сигналы, проходящие через активируемые нервы человека.

Отведения такого интерфейса могут быть, как вживлёнными в нервную ткань, так и установленные над нервами, не внедряясь в живые ткани. Существует подвид вживления интерфейса в позвоночный столб, в аксоны больших рогов. Главным риском при использовании данного вида биоинтерфейсов является возможность разрушения или травмирования нерва и окружающих его тканей.

Электромиографический биоинтерфейс основан на биосигналах, получаемых с мышечной ткани. Как правило, отведения подобных биоинтерфейсов располагаются над мышцей, но существует практика внедрения электродов в мышечные пучки, в результате чего возможно возникновение определённых рисков травмирования здоровой части тела. Использование данного вида биоинтерфейсов в протезировании ограничено площадью информативной поверхности остаточных отделов мышцы, принимающих участие в дееспособной или отсутствующей конечности.

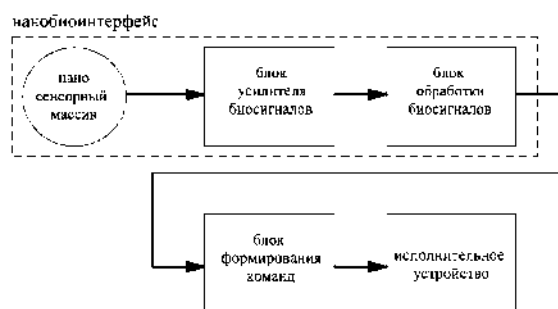
Исследования, проводимые на базе лаборатории № 63 института неразрушающего контроля НИ ТПУ, позволили добиться новых результатов в улучшении характеристик биоинтерфейсов, работающих на принципе регистрации электрофизиологических сигналов человека.

Открытия, произведённые во время исследования, позволили разработать новый класс наносенсоров, не имеющих аналогов во всём мире. Отличительными особенностями разработанных наносенсоров являются высокая помехоустойчивость, долгий срок эксплуатации, высокая чувствительность, биосовместимость. [3]

Разрабатываемые наносенсоры позволяют создать на их основе высокочувствительные, быстродействующие, безопасные измерительные комплексы, которые могут предоставить возможность по-новому исследовать организм человека.

Используемая технология, планируется для внедрения в электромиографические нанобиоинтерфейсы, которые позволят создать протезы, обладающие более высокой скоростью отклика по сравнению с существующими аналогами благодаря отсутствию инерционных звеньев, высокой чувствительностью, удобством эксплуатации и установки благодаря неинвазивности наносенсоров, а так же большим сроком службы.

Разрабатываемый экспериментальный макет нанобиоинтерфейса будет состоять из наносенсоров, блока усиления биосигналов, блока обработки биосигналов.



*Рисунок 1. Структурная схема нанобиоинтерфейса в составе простейшего миотонического протеза*

С наносенсоров информация поступает на усилитель биосигналов и передается в блок обработки сигналов, преобразующий усиленные биопотенциалы в цифровой код, удобный для обработки в блоке формирования команд, который обычно содержится в любом миотоническом протезе и служит для управления электромеханической его частью (рисунок 1).

На данный момент проводятся исследования, направленные на разработку оптимальной формы наносенсора, анатомически совместимой с конечностями человека.

По проведенным исследованиям будет разработан экспериментальный макет наносенсора. Полученный в результате исследований макет будет внедрён в структуру разрабатываемого в дальнейшем нанобиоинтерфейса.

#### **Список литературы:**

1. О реализации мер, направленных на развитие трудовой занятости инвалидов// Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. [Официальный сайт] URL:<http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/migration/12> (дата обращения: 10.02.2014);
2. Max Ortiz-Catalan, Rickard Branemark, Bo Hakansson, Jean Delbeke. On the viability of implantable electrodes for natural control of artificial limbs: Review and discussion. BioMedical Engineering OnLine, 2012, 11:33. doi:10.1186/1475-925X-11-33;
3. Турушев Н. В. , Кашуба И. В. , Южаков М. М. Электронейромиограф [Электронный ресурс] // Современные техника и технологии: сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 т., Томск, 15-19 Апреля 2013. - Томск: ТПУ, 2013 - Т. 1 - С. 417-418. - Режим доступа: <http://portal.tpu.ru:7777/science/konf/ctt/proceedings/2013>

## **ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ СПЛАВА TiNi С ПОКРЫТИЕМ ИЗ ТА**

Захарова М.А.  
maz1@tpu.ru

*Научный руководитель: ассистент, к.ф.-м.н М.Г.Остапенко  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050*

Никелид титана как конструкционный материал широко применяется в современной имплантологии, что делает его объектом множества исследований, направленных на улучшение биосовместимости сплава. В частности, одной из проблем, возникающих при контакте имплантов с биосредой, может быть выход ионов никеля, провоцирующих повышение вероятности возникновения злокачественных новообразований. Для предотвращения этого эффекта могут быть

использованы покрытия субмикронной толщины, структурные состояния которых можно формировать с помощью электронно-лучевых обработок. Тантал, обладающий высокими показателями биосовместимости и рентгеноконтрастности, необходимой при проведении эндоскопических операций, является одним из наиболее перспективных материалов в области медицины [1]. Как показали исследования, покрытия из тантала не нарушают морфологию поверхности и обладают высокой адгезионной прочностью [2]. При нанесении покрытий из тантала возможно образование двух фаз ( $\alpha$ -, $\beta$ -)Ta, обладающих ОЦК и тетрагональными кристаллическими решетками соответственно. Образование  $\beta$ -фазы изучено не полностью, однако установлено, что преобладание той или иной фазы тантала при нанесении покрытий зависит от субстрата. Обладая различной структурой данные фазы проявляют различные свойства [3].

Целью данной работы являются исследование влияния электронно-пучковой обработки на структурно-фазовые состояния никелида титана с покрытием из тантала.

В качестве подложки был использован сплав  $Ti_{49,5}Ni_{50,5}$ . Толщина покрытий из Ta составила ~400 нм. Импульсная электронно-пучковая обработка поверхности образцов никелида титана с покрытиями из тантала проводилась в Институте сильноточной электроники СО РАН с использованием источника сильноточных электронных пучков низких энергий с плотностью энергии пучка электронов  $E=15$  Дж/см<sup>2</sup>. Исследование параметров структуры проводили методами рентгеноструктурного анализа (РСА) на дифрактометре ДРОН-7 (ЦКП «НАНОТЕХ» ИФПМ СО РАН, г. Томск) с использованием симметричной и асимметричной схем съемок [4] на  $Co-K_{\alpha}$  излучении.

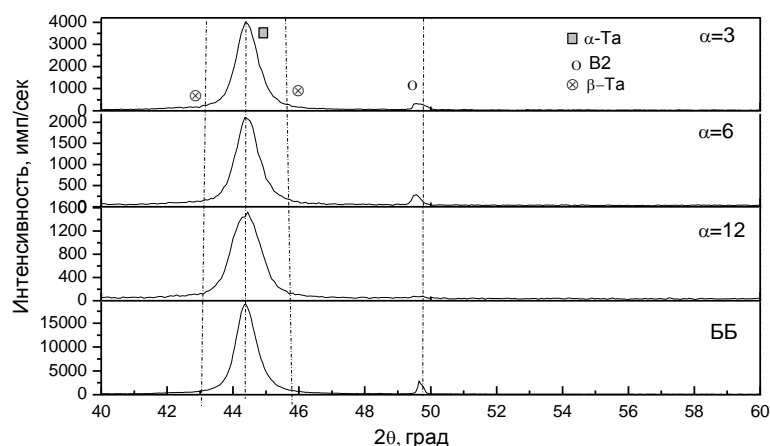


Рис.1. Фрагменты рентгенограмм, полученных на исходном образце с покрытием.

Симметричная (ББ) и асимметричные ( $\alpha=3, 6, 12^\circ$ ) схемы съемок,  $CoK_{\alpha}$ -излучение.

Обнаружено, что при электронной модификации поверхности исследуемого образца происходит изменение фазового состава с образованием мартенситной фазы B19' (рис.3) и частичное растворение покрытия из Ta в подложке из TiNi (рис.2).

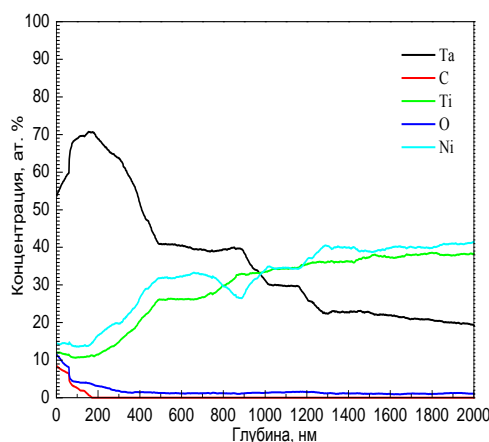


Рис.2. Результаты Оже-спектроскопии для образца, подвергнутого электронно-пучковым обработкам с плотностью энергии в пучке 15 Дж/см<sup>2</sup>.

Фазовый анализ рентгенограмм, полученных при использовании ассиметричных схем съемок, позволяющих исследовать приповерхностные слои образца, показал преобладание фазы  $\beta$ -Ta в приповерхностных слоях, претерпевших модификацию электронным пучком. Рефлексы же  $\alpha$ -Ta обладают наибольшей интенсивностью при наиболее глубоком проникновении рентгеновских лучей в образец, что видно на рентгенограмме, снятой при помощи симметричной схемы съемок. Также на данной рентгенограмме большой интенсивностью обладают рефлексы B2 фазы подложки из TiNi.

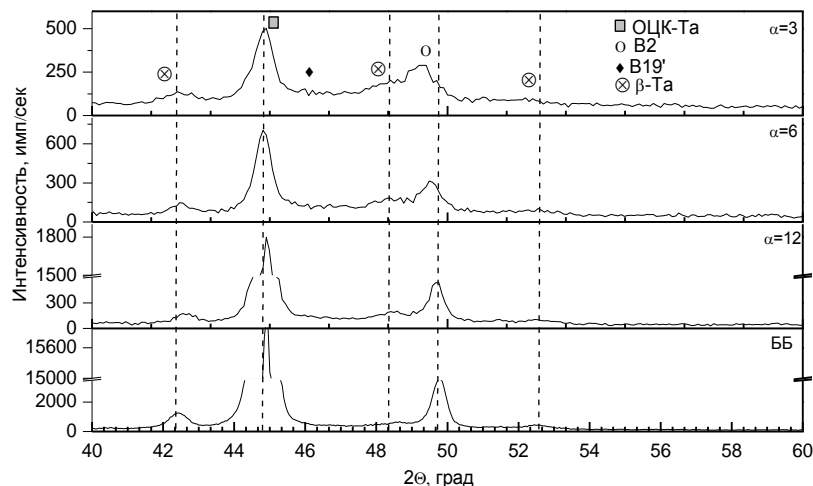


Рис.3. Фрагменты рентгенограмм, полученных на образце, подвергнутом электронно-лучевым обработкам с плотностью энергии в пучке 15 Дж/см<sup>2</sup>. Симметричная (а) и ассиметричные (б-г) схемы съемок,  $\text{CoK}_\alpha$ -излучение.

По результатам исследования в таблице 1 показано, что в исходном образце преобладает  $\alpha$ -фаза тантала, однако  $\beta$ -фаза также присутствует в более глубоких слоях образца. Однако после модификации электронным пучком количество фаз выравнивается с преобладанием  $\beta$ -фазы в приповерхностных слоях. Фазы B19' и B2, как и ожидается, преобладают в глубинных слоях подложки.

Таблица 1

Объемные доли фаз исследованных образцов

Образец	Фаза	Объемная доля фазы, %			
		Б-Б	$\alpha=1$ 2°	$\alpha=6^\circ$	$\alpha=3$ °
исходный 400Ta/TiNi	B2	10	5	4	2
	$\alpha$ -Ta	65	80	88	90
	$\beta$ -Ta	25	15	8	8
модифицированный 400Ta/TiNi E=15 Дж/см <sup>2</sup>	B2	12	16	15	14
	$\alpha$ -Ta	48	54	46	34
	B19'	10	-	-	-
	$\beta$ -Ta	30	30	39	52

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белла В.К., Бозе С., Девиес Н.М., Бендиопадхуай А. Тантал – биоактивный металл для имплантов // Минералы, металлы и материаловедение. – 2010. – Т.1 - №.4 – С. 54-57
2. Мейснер Л.Л., Гудимова Е.Ю., Остапенко М.Г., Лотков А.И. Адгезионная прочность и структурно-фазовые состояния покрытий из тантала и поверхностных слоев никелида титана. – 2013. – Т. 1. - № 1. - С. 472-474.
3. Йоханнон А. Характеристика альфа- и бета- фаз покрытий из тантала. – Диссертация канд. физ.-мат. наук. – Нью-Джерси, 2001. – 107 с.
4. Иванов А. Н., Ягодкин Ю. Д. Рентгеноструктурный анализ поверхностного слоя // Заводская лаборатория. – 2000. – Т.66. – №5. С.24-35.

# СИНТЕЗ УЛЬТРАДИСПЕРСТНОГО ПОРОШКА ОКСИДА МЕДИ ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ С ПОМОЩЬЮ КОАКСИАЛЬНОГО МАГНИТОПЛАЗМЕННОГО УСКОРИТЕЛЯ

Голянская Е.О.  
E-mail: evg.gol1994@gmail.com

Научный руководитель: Сивков А.А. д.т.н., профессор кафедры ЭСПП ЭНИН ТПУ

## Введение

Сегодня сверхпроводимость – это одна из наиболее изучаемых областей физики; явление, открывающее перед инженерной практикой огромные перспективы. Но практическое использование высокотемпературных сверхпроводников в значительной степени ограничивается возможностями технологии их формирования.

Проведя обзор литературы, мы выяснили, что в настоящее время ответственным за сверхпроводимость в купратах считают именно медь-кислородный слой, в котором атомы меди образуют квадратную сетку и располагаются в ее узлах, в то время как атомы кислорода находятся на линиях, соединяющих эти узлы [1,2].

## Историческая справка

История сверхпроводимости характеризуется цепочкой открытий все более и более сложных структур. Она берет свое начало с получения жидкого гелия и тем самым открытия пути к систематическим исследованиям свойств материалов при температуре близкой к абсолютному нулю, при которой они полностью теряют электрическое сопротивление [3]. Высокотемпературные сверхпроводники были открыты более 20-ти лет назад, но по сей день остаются загадкой [4].

## Устройство помощью коаксиального магнитоплазменного ускорителя

Синтез ультрадисперстного порошка оксида меди был произведен с помощью коаксиального магнитоплазменного ускорителя, который был разработан на базе ТПУ [5]. Он относится к области ускорительной техники и может использоваться для ускорения плазмы до гиперскоростей.

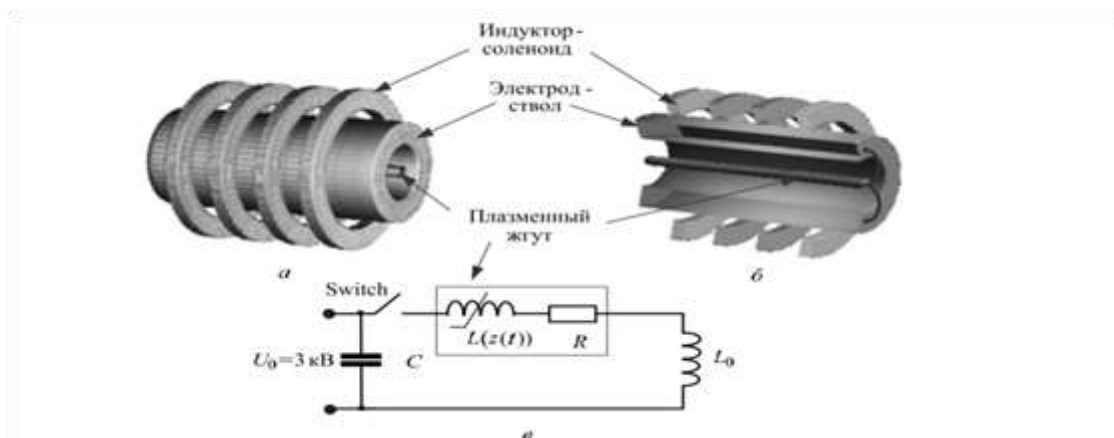


Рисунок 1. Упрощенная модель коаксиального магнитоплазменного ускорителя: а) модель проводящей части; б) сечение; в) электрическая схема [6]

Ускоритель выполнен в виде коаксиальной системы ствол-электрод, разделенной изолятором и размещенной внутри соленоида. Ствол имеет цилиндрическую форму. Работа устройства заключается в следующем. При замыкании ключа в контуре электропитания ускорителя начинает протекать ток от конденсаторной батареи, по виткам соленоиды, проходит по стволу и центральному электроду, далее движется через ключ к конденсатору. Образование дугового разряда осуществляется за счет пробоя по поверхности изолятора. Плазма сжимается магнитным полем собственного тока и магнитным полем соленоиды и приобретает форму поршня. Генерируемая ускорителем струя выходит в пространство камеры реактора, происходит распыление материала с поверхности электрода, а также формирование нанодисперсных частиц.

### Проведение эксперимента

Таблица 1. Условия проведения эксперимента по синтезу ультрадисперстного порошка оксида меди с помощью коаксиального магнитоплазменного ускорителя

Плазма	Cu
Среда	Воздух
Зарядное напряжение	3 кВ
Емкость	12 мФ
Электрод	Сталь+медный наконечник

### Анализ полученных результатов

После проведения опыта была проведена рентгеновская микроскопия полученного ультрадисперстного порошка. При анализе был использован пакет полнопрофильного рентгено-структурного анализа PowderCell и база структурных данных PDF 4+.

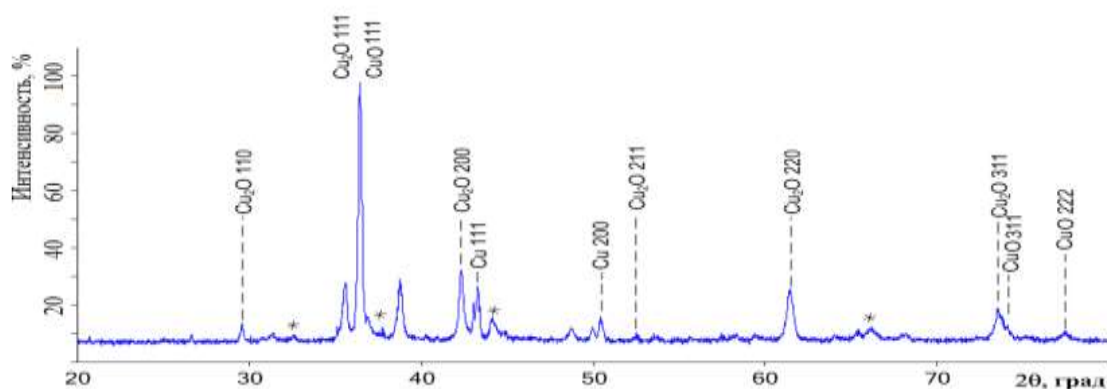


Рисунок 2. Анализ рентгеновской дифрактометрии

Анализ выявил наличие в синтезированном порошке фаз:

- оксид меди (I) ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) – 3,5%
- оксид меди (II) ( $\text{CuO}$ ), который в процентном соотношении преобладает - порядка 85%
- чистая медь ( $\text{Cu}$ ) составляет около 8%
- примесные фазы, которые на рентгенограмме представляют собой неявно выраженные пики, помеченные звездочкой (\*) – около 4%. Их наличие в синтезированном порошке можно объяснить тем, что материал мишени, использованной в эксперименте – алюминий. И в ходе опыта произошла эрозия при ее расплаве в струе плазмы. Поэтому в числе продуктов синтеза оказался оксид алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

Также были получены и расшифрованы данные просвечивающей электронной микроскопии [7].

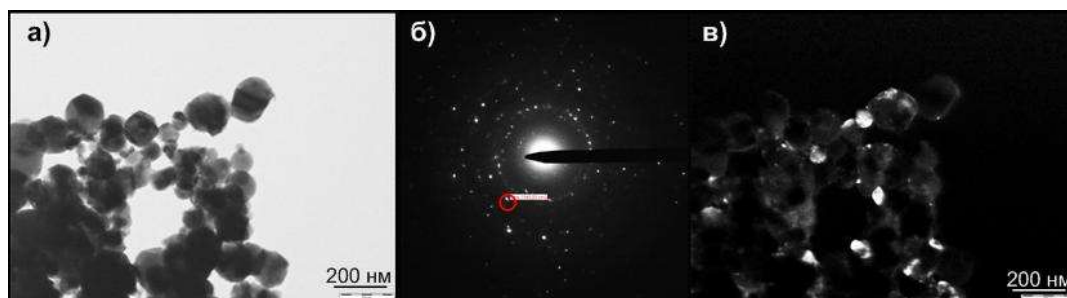


Рисунок 3. Данные просвечивающей электронной микроскопии: а) светлопольное изображение; б) картина электронной дифракции на выделенной области; в) темнопольное изображение

Светлопольное изображение позволило идентифицировать морфологию частиц. Частицы представляют собой выпуклый многоугольник со скругленными углами. Их размер варьируется от 80 до 150 нм. Более светлые частицы, имеющие более круглую форму, представляют собой оксиды меди. А более темные и угловатые – меди.

По картине электронной дифракции на выделенной области нами было определено, что выделенная красным область соответствует кристаллографической фазе меди.

Темнопольное изображение было получено при смещении апертурной дифраграммы в область выделенного точечного рефлекса, который соответствует кристаллографической фазе меди.

В ходе исследований была расшифрована электронная микроскопия и подтвержден состав нанопорошка, полученный в лабораторных условиях, и распознаны составляющие фазы

#### **Заключение**

Практическая задача сводится к созданию нанопорошков с малым процентным содержанием примесей и к повышению воспроизводимости результатов синтеза. Наш метод отвечает этим требованиям. В дальнейшем мы планируем получение оксида меди с помощью коаксиального магнитоплазменного ускорителя для синтеза сложных высокотемпературных сверхпроводящих материалов.

#### **Использованные ресурсы**

1. Nature, scientific magazine, 24 December 1998, «Quantitative test of a microscopic mechanism of high-temperature superconductivity»
2. Svetlana g. Titovaa, Vladimir f. Balakireva, Yasuo Ohishib, Ingrid Bryntsec, Dmitrii i. Kochubeyd «Stripes and superconductivity in the htsc copper oxides»
3. Боголюбов Н. Н., Толмачев В. В., Ширков Д. В. Новый метод в теории сверхпроводимости. — М.: Изд-во АН СССР, 1958.
4. Сверхпроводники [http://www.superconductors.org]. режим доступа свободный
5. Патент РФ 2150652, опубл. 10.06.2000 г. Коаксиальный ускоритель Сивкова А.А.
6. А.А. Сивков, Ю.Н. Исаев, О.В. Васильева, А.М. Купцов «Математическое моделирование коаксиального магнитоплазменного ускорителя» Известия томского политехнического университета. 2010. Т. 317. № 4
7. Боровский И. Б., «Физические основы рентгеноспектральных исследований» м., 1956.

## **ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПЕН ВВЕДЕНИЕМ НАНОЧАСТИЦ**

Исаев В.В.

E-mail: Free\_dom91@mail.ru

*Научный руководитель: д-р физ.-мат.наук, профессор, Лямкин А.И., СФУ*

Пена — система с газовой дисперсной фазой и жидкой или твёрдой дисперсионной средой. Пены по своей природе близки к концентрированным эмульсиям, но дисперсной фазой в них является газ, а не жидкость. Получают пены из растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ). Для повышения устойчивости в растворы ПАВ добавляют высокомолекулярные вещества, повышающие вязкость растворов [1]. Пены характеризуют следующие показатели: дисперсность, кратность, стабильность и пенообразующая способность раствора

Пены имеют много полезных свойств, однако нестабильны во времени (твёрдые пены исключение). Основные факторы разрушения жидких пен это синерезис (отекание дисперсионной среды под действием силы тяжести), диффузионный перенос газа из малых ячеек в крупные, утонение пленок.

Повышение стабильности пен – основная цель данной работы. Главная причина разрушения – синерезис, испарение вносит существенно меньший вклад [2]. Диффузионный перенос газа появляется в результате утонения пленок, что опять же является следствием синерезиса.

Для уменьшения синерезиса предлагается внедрение в водный раствор ПАВ наночастиц, содержащих на поверхности различные функциональные группы. Наиболее интересным вариантом является частицы, содержащие гидрофильные и гидрофобные группы одновременно. Находясь в водном растворе ПАВ, такие частицы будут адсорбировать газ гидрофобными группами [2], а гидрофильные группы – молекулы воды. При достаточной концентрации частиц и их равномерном распределении вокруг газового пузырька образуется оболочка, которая будет удерживать водный слой (уменьшать синерезис), при этом время жизни пены увеличится.



Второй вариант – использование частиц, содержащих лишь гидрофильные группы. В этом случае в каналах пены формируются конгломераты из наночастиц, окруженные молекулами воды, и утекания воды из пены будет затруднено.

В работе [4] проведены исследования поверхностных свойств наночастиц алмаза, полученных детонационным синтезом. В результате очистки на поверхности наночастиц алмаза образуются карбоксильные группы в пропорциях указанные в таблице 1.

Таблица 1. Содержание протоногенных групп на поверхности ультрадисперсного алмаза (УДА)

Образцы УДА	Содержание протоногенных групп, мг-экв/г		
	общее	сильнокислотны х карбоксильных групп	слабокислотных карбоксильных групп
Жидкофазная очистка	$0,66 \pm 0,01$	$0,21 \pm 0,01$	$0,33 \pm 0,01$
Газофазная очистка	$0,91 \pm 0,02$	$0,60 \pm 0,02$	$0,18 \pm 0,01$

Карбоксильные группы, обладающие гидрофильным свойством, притягивают к себе молекулы воды, образуя с ними водородные связи. Также водородные связи могут образоваться между частицами за счет наличия –ОН части у карбоксильной группы.

Однако, следует отметить, что влияние твердой фазы неоднозначно и по-разному проявляется даже в одном и том же ПАВ, но при разных его концентрациях [3]. Так, с помощью введения аэросила в 0,1% раствор ОП-10, время вытекания половины жидкости было снижено с 3,6 минут до 20, 12 и 10 секунд, если добавить всего 1% аэросила марок 175, 300 и 380 соответственно, и повышается от 3,75 до 5,25, 6,5 и 8 минут соответственно, если добавить это же количество аэросила, но уже в 1% раствор ОП-10.

Получить пену из раствора можно барботированием или методом пенной флотации, который используется для обогащения минеральных руд. При барботировании газ пропускается через водный раствор ПАВ с частицами наноалмаза, в результате чего образуется пена. Предполагается, что пена, полученная из такого состава будет обладать большей стабильностью (временем жизни) за счет частичного закупоривания каналов Плато-Гиббса [3]. Также возможно образование «агрегатной» пены – в пене образуется сплошной коагуляционный каркас, способный сохраняться довольно продолжительное время. Примером может служить пена, образующаяся при флотации угля.

Стабильная жидкая пена может найти множество применений. В данной работе предлагается следующее нетрадиционное применение. Как известно, в крупных промышленных городах остро стоит проблема чистоты воздуха. Возможными решениями могли бы стать использование очистных сооружений на заводах, фильтров и катализаторов на автомобилях. Однако, такой подход является локальным. Поиск новых глобальных подходов по очистке газов от вредных примесей и твердых дисперсных включений для вторичного использования является актуальной экологической и технической задачей.

Идея предлагаемого метода очистки воздуха заключается в создании пенного «облака» пропусканием легкого газа (водород, гелий) через смесь ПАВ с наночастицами. Полученное «облако» помещается в сетчатую упаковку, которая удерживает его на определенной высоте и ограничивает смещение. При взаимодействии с воздушными массами на поверхности пены адсорбируются различные примеси и частицы.

По прошествии определенного времени «облако» меняется на свежее. Разрушением пены газ возвращается для нового использования. Из жидкой фракции фильтрованием можно выделить твердые включения, а очищенную смесь ПАВ и наночастиц – применять повторно. Таким образом, помимо решения экологической задачи (очистка воздушных масс от вредных примесей), появляется дополнительный источник получения химических соединений.

Эксперимент по проверке данных гипотез еще не проводился, но планируется в ближайшее время.

## Список литературы

1. Википедия. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Пена>.
2. Тихомиров В. К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. – М.: Химия, 1983. – 264 с.
3. Кругляков П. М., Ексерова Д. Р. Пены и пенные пленки. – М.: Химия, 1990. – 432 с.
4. Г.А. Чиганова // Коллоидный журнал, том 56, №2, с. 266, (1994).

## ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ СРЕДЫ НА РАЗМЕР И ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ НАНОЧАСТИЦ

Карепина Е.Е.

E-mail: Karepina\_ee@mail.ru

*Научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры НМНТ Годымчук А.Ю., НИ ТПУ*

### Введение

Интенсивно развивающееся производство и применение нанопорошков создает условия для выделения наночастиц в окружающую среду, поэтому определение токсичности постоянно создаваемых наноматериалов является актуальной задачей. При рассмотрении отдельного вида наноматериала необходимо выбрать подход, учитывающий не только массовую, но и численную и поверхностную дозу вещества (токсиканта). Поэтому наиболее важным параметром в нанотоксикологии является дисперсность наночастиц.

Определению и достижению постоянной дисперсности наночастиц в лиозоле препятствует высокая реакционная способность, способствующая растворению, коагуляции, седиментации частиц, что создает трудности при диспергировании наночастиц и их доставке в тест-организмы [1]. Поэтому исследование токсичности наноматериалов в условиях *in vivo* требует разработки суспензий наночастиц со стабильными дисперсионными и электрокинетическими характеристиками.

Среди всех методов диспергирования твердых частиц (ультразвуковое воздействие, перемешивание и др.) только добавление растворителей и поверхностно-активных веществ (стабилизаторов) позволяет на все время эксперимента поддерживать дисперсность суспензий в физиологической среде со сложным составом [2]. Решение задачи по достижению высокой устойчивости лиозоля связано с кислотно-основным состоянием поверхности наночастиц и их адсорбционной активностью, которые, в свою очередь зависят от дисперсности, степени окисленности металлических образцов и других факторов [3].

**Целью настоящей работы** являлся определение влияния pH буферного раствора на дисперсионные и электрокинетические свойства наночастиц разного состава.

### Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования были выбраны нанопорошки металлов (Zn, Al) и их оксидов ( $Al_2O_3$ , ZnO). Металлические нанопорошки были получены методом электрического взрыва металлической проволоки (производитель – ООО «Передовые порошковые технологии», г. Томск, Россия). Оксидные нанопорошки были получены с помощью плазмохимического синтеза (Производитель: компания Nanostructured & Amorphous Materials, Inc., США).

Водный буферный раствор HEPES (2-[4-(2-hydroxyethyl)-1-piperazinyl] ethanesulfonic acid) использовался для создания и поддержания pH ПАВ-содержащей среды. Этот раствор широко используется в аналитических, неорганических, физиологических и биологических исследованиях в силу своей нетоксичности и биосовместимости [4, 5]. Уровень pH регулировали с помощью кислотно-основного титрования растворами NaOH и  $HNO_3$ .

Суспензии для измерений подготавливались следующим образом: в 25 мл приготовленных растворов заданным значением pH= 6...8 вливали 5 мл предварительно подготовленной суспензии

нанопорошка с концентрацией по веществу  $10^{-2}$  М. Подготовленная для измерений суспензия имела концентрацию наночастиц  $10^{-3}$  М. Стабильность дисперсных систем изучали через изменение  $\zeta$ -потенциала частиц и среднего размера частиц ( $d_{cp}$ ), рассчитанного из численного распределения частиц по размерам. Для измерения использовали прибор Zetasizer Nano (Malvern, США)

### Результаты и их обсуждение

В работе исследовали поведение наночастиц в буфере при  $pH = 6 \dots 8$ . Такой выбор  $pH$  был обоснован двумя причинами. Во-первых, это значения  $pH$ , которые наиболее близки к большинству физиологических жидкостей. Во-вторых, при  $pH < 5$  на поверхности частиц могут адсорбироваться целые недиссоциированные молекулы карбоновых кислот, а при  $pH > 8,5$  отрицательно заряженный карбоксилат-анион может передвигаться в сторону поверхности раздела только в сопровождении положительно заряженного иона ( $Na^+$ ), т.е. фактически осуществляется адсорбция молекул соли.

В табл.1 показано влияние  $pH$  буферного раствора на размер и  $\zeta$ -потенциал частиц в суспензиях. Наночастицы  $Al_2O_3$  (исходный размер 220 нм) при попадании в буферный раствор склонны к агрегации, но в изменении  $d_{cp}$  частиц (900-1000 нм) сильной  $pH$ -зависимости в исследуемом диапазоне не наблюдалось (табл.1): при отклонении от  $pH = 7$  в область кислот размер частиц  $Al_2O_3$  уменьшался от 1091 нм до 959, в область оснований – до 905 нм. Однако электрокинетические свойства частиц  $Al_2O_3$  меняются значительно: при уменьшении  $pH$  от 6 до 8 электрокинетический потенциал частиц уменьшался от 22,1 мВ до 2,3 мВ, что показывает стремление к минимуму агрегативной стабильности образующихся суспензий в области оснований. В результате максимальная агрегативная устойчивость суспензий достигается при  $pH=6$ .

Таблица 1. Изменение размера и  $\zeta$ -потенциала частиц  $Al$  и  $Al_2O_3$  в буфере с разным значением  $pH$ .

pH	НП Al		НП $Al_2O_3$	
	Средний размер	$\zeta$ -потенциал	Средний размер	$\zeta$ -потенциал
6	201,8 $\pm$ 57,4	-0,8 $\pm$ 3,6	959,5 $\pm$ 42,7	12,7 $\pm$ 13,31482
6,5	222,9 $\pm$ 81,8	0,2 $\pm$ 2,9	1081,3 $\pm$ 7,7	11,85667 $\pm$ 11,94068
7	225,6 $\pm$ 89,4	-7,2 $\pm$ 5,8	1091,1 $\pm$ 114,9	7,984333 $\pm$ 12,37295
7,5	220,6 $\pm$ 109,7	-7,5 $\pm$ 6,8	1017,7 $\pm$ 28,6	-0,22167 $\pm$ 12,14102
8	441,4 $\pm$ 53,2	-16,8 $\pm$ 2,4	904,6 $\pm$ 101,2	-5,91333 $\pm$ 11,71912

Исследование показало, что наночастицы  $Al$  (исходный размер 141 нм) в буферном растворе подвергаются агрегации  $d_{cp} \approx 200 \dots 230$  нм и сохраняют свой размер в интервале  $pH = 6,0 \dots 7,5$ , при  $pH > 7,5$   $d_{cp}$  частиц/агрегатов увеличивается в 2 раза (табл.1). Можно предположить, что при повышенном содержании ОН-групп может происходить частичное снятие оксидной пленки с металлических частиц с последующим окислением алюминия протонами  $H^+$  из воды [6] с образованием хлопьеобразного гидроксида алюминия [7] на поверхности частиц. По-видимому, именно образованием новых гидроксидных структур объясняется значительное изменение заряда частиц  $Al$ : при увеличении  $pH$  от 6 до 8  $\zeta$ -потенциал уменьшается от -0,8 мВ до -16,8 мВ (табл.1). По всей видимости, при  $pH=6 \dots 6,5$ , в которых для поверхности характерно изоэлектрическое состояние ( $\zeta$ -потенциал  $\rightarrow 0$ ), на поверхности частиц потенциалопределяющими ионами являются катионы алюминия, все отрицательно-заряженные противоионы (ОН-группы) находятся в адсорбционном слое, в результате чего наблюдается изоэлектрическое состояние поверхности. При увеличении  $pH$  поверхность, на которой присутствуют гидроксиды или алюминаты, будет заряжаться отрицательно, что и подтверждают экспериментальные данные (табл.1).

Полученные данные позволяют предположить, что максимальная степень диспергирования наночастиц  $Al$  может быть достигнута в слабокислых растворах, но агрегативная устойчивость гидрозоля будет достигаться только при условии значительного увеличения сил электростатического отталкивания, например, за счет увеличения толщины адсорбционного слоя.

Таблица 2. Изменение размера и  $\zeta$ -потенциала частиц Zn и ZnO в буфере с разным значением pH.

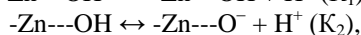
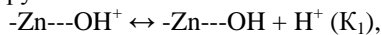
pH	НП Zn		НП ZnO	
	Средний размер	$\zeta$ -потенциал	Средний размер	$\zeta$ -потенциал
6	238,8±138,5	0,5±0,5	201,7±116,1	15,6±16,9
6,5	397,5±70,4	4,2±2,8	209,1±119,8	14,5±12,7
7	540,1±18,21	10,4±0,5	196,3±261,8	11,3±13,9
7,5	861,4±1,2	6,6±0,5	248,1±104,9	8,3±16,6
8	1251,9±250	3,9±0,1	296,9±171,1	0,9±16,5

Для наночастиц Zn (исходный размер 61 нм) и ZnO (исходный размер 41 нм) характерна высокая степень агрегации при попадании в буферные растворы (табл.2). При увеличении pH от 6 до 8 в суспензиях средний размер частиц Zn равномерно увеличивался от 239 до 1252 нм. В то время как  $\zeta$ -потенциал частиц в интервале pH=6...7 увеличивался от 0,5 до 10,8 мВ, затем при переходе в область оснований его значение стремилось к нулю при pH=8 (3,9 мВ). Так, наибольшая толщина адсорбционного слоя частиц зафиксирована для суспензий с pH=7 ( $\zeta$ -потенциал 10,8 мВ) (табл.2).

Для частиц ZnO средний размер частиц в исследуемом диапазоне pH увеличивался в меньшей степени: от 202 до 297 нм, хотя наблюдалась сильная pH-зависимость электрокинетического потенциала: в ряду pH «6 – 6,5 – 7 – 7,5 – 8»  $\zeta$ -потенциал соответствовал значениям «15,6 – 14,5 – 11,3 – 8,3 – 0,9 мВ» (табл.2).

Тот факт, что частицы заряжены положительно, говорит о том, что у исследуемых частиц ярко выражено сродство к протону водорода (основные свойства) при концентрации  $H^+$  менее  $10^{-8}$  М. При увеличении pH увеличивается сродство к  $OH^-$ -ионам, что может привести к перезарядке поверхности после pH = 8.

Влияние pH среды на электроповерхностные свойства и агрегативную устойчивость суспензий обсуждают, анализируя реакции кислотно-основного взаимодействия молекул воды с поверхностными функциональными группами основного и кислотного характера:



где  $-Zn---OH^+$  – группа, которая возникает на поверхности диоксида титана вследствие адсорбции ионов водорода  $H^+$  из жидкой объемной фазы,  $-Zn---OH$  – нейтральная поверхностная гидроксильная группа;  $-Zn---O^-$  – группа, которая возникает на поверхности оксида цинка вследствие диссоциации гидроксильной группы и перехода ионов водорода  $H^+$  в жидкую объемную фазу,  $K_1$ ,  $K_2$  – константы кислотности и основности поверхностных гидроксильных групп. Такой анализ предусматривает наличие точки нулевого заряда, которая устанавливается при условии равной концентрации заряженных поверхностных групп  $-Zn---OH^+$  и  $-Zn---O^-$  и соответствует pH среды  $pH_0 = 0,5(pK_1 + pK_2)$ . Для исследуемых наночастиц цинка такая точка нулевого заряда характерна для образца Zn при pH  $\approx 6$ , а для ZnO – при pH  $\approx 8$ . Такие данные согласуются с результатами исследования кислотно-основного состояния поверхности наночастиц цинка.

В целом, можно отметить, что суспензии на основе цинковых наночастиц, для которых  $\zeta$ -потенциал по модулю не превышает 10-15 мВ, обладают невысокой агрегативной устойчивостью, такие системы будут коагулировать за очень короткий срок.

Таким образом, в исследуемых буферных системах для неконцентрированных суспензий наночастиц для металлических наночастиц (Al, Zn) точка нулевого заряда поверхности зафиксирована в области кислот (при pH  $\approx 6$ ), в то время как для оксидов этих металлов эта точка находится в области оснований (при pH  $\approx 8$ ).

Полученные данные можно использовать для разработки составов агрегативно-устойчивых гидрозолей металлических и оксидных наночастиц. Полученные суспензии с практической точки зрения можно применять в качестве добавок в лаки, краски, бактерицидные суспензии, а также использовать их для токсикологических испытаний.

#### Список литературы

1. Handy R.D., von der Kammer F., Lead J.R., Hassellöv M., Owen R., Crane M. // Ecotoxic., v. 17, p. 287-314, (2008)

2. Farre M., Gajda-Schranz K., Kantiani L., Barcelo D. // *Analyt. Bioanalyt. Chem.*, v. 393, p. 81-95, (2009)
3. Киселев А.В. Межмолекулярные взаимодействия в адсорбции и хроматографии, М.: Высшая школа, 1986. - 360 с.
4. Habib A., Tabata M. // *J. Inorg. Biochem.*, v. 98, p. 1696-1702, (2004)
5. Hanitzsch R., Küppers L. // *Vision Res.*, v. 41, p. 2165-2172, (2001)
6. Тихонов Н.В. Аналитическая химия алюминия. М: Наука, 1971. – 268 с.
7. Годымчук А.Ю., Ан В.В., Ильин А.П. // *Физика и химия обработки материалов*, №5. с. 69-73, (2005)

## **АНТИФРИКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ СВМПЭ ПРИ ДОБАВЛЕНИИ MoS<sub>2</sub>**

Нгуен Тьук Суан, Панин С.В., Корниенко Л.А.  
E-mail: thuc12@sibmail.com

*Научный руководитель: С.В. Панин, д.т.н., профессор кафедры ММС, зам. директор ИФПМ-СО РАН*

### **Введение**

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) в ряду полимерных связующих занимает особое место благодаря высокому сопротивлению изнашиванию, низкому коэффициенту трения, химической стойкости и высокой ударной вязкости СВМПЭ все чаще используется в машиностроении в узлах трения деталей машин и механизмов, а также изделия и конструкции специального назначения, в том числе корпусные элементы вооружений и военной техники, конструкционные материалы для авиа-, вертолето- и ракетостроения, средства индивидуальной и коллективной бронезащиты и т.д. [1]. Композиционные материалы на основе СВМПЭ позволяюткратно повысить износостойкость тяжело нагруженных изделий [2-4]. Основной проблемой при разработке СВМПЭ является низкая адгезионная способность [5,6].

Поиск путей повышения технологических свойств СВМПЭ без заметного снижения его механико-триботехнических характеристик является актуальной научно-технической проблемой.

В данной работе сделана попытка повышения адгезионных свойств СВМПЭ к модификаторам путем введения дисульфида молибдена, испытание проведено в условиях сухого трения и граничной смазки.

### **Материал и методики исследований**

В работе использовали СВМПЭ фирмы Ticona (GUR-2122) молекулярной массой 4,0 млн. и размером частиц 5-15 мкм, дисульфид молибдена марки МВЧ-1 (Ø 1-7 мкм). Образцы полимерных композитов получали горячим прессованием при давлении 10 МПа и температуре 200° С со скоростью последующего охлаждения 5°С/мин. Износостойкость материалов в режиме сухого трения определяли по схеме «вал-колодка» при нагрузке на пару образцов 160 Н и скорости вращения вала 100 об/мин в соответствии с ASTM G99 на машине трения СМТ-1. Размер образцов равнялся 7\*7\*10 мм<sup>3</sup>. Диаметр контртела из стали ШХ15 составлял 62 мм. Поверхности трения образцов исследовали на оптическом профилометре Zygo New View 6200. Площадь дорожки трения определяли с помощью программного обеспечения «Rhino Ceros 3.0». Механические характеристики определяли при разрывных испытаниях на электромеханической испытательной машине Instron 5582.

### **Результаты исследований**

В табл. 1 приведены механические характеристики СВМПЭ с разными наполнителями. В результате исследований оказалось, что твёрдость СВМПЭ при добавлении MoS<sub>2</sub> незначительно изменяется, плотность новых композитов повышается с увеличением содержания MoS<sub>2</sub>. Предел текучести, как и предел прочности, уменьшаются с ростом содержания наполнителя в композиции, а величина относительного удлинения заметно возрастает.

Таблица 1. Механические свойства композиций СВМПЭ- $\text{MoS}_2$

Содержание наполнителя $\text{MoS}_2$ , вес. %	Плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Твердость по Шору D	Предел текучести $\sigma_{0,2}$ , МПа	Предел прочности $\sigma_B$ , МПа	Удлинение до разруш. $\epsilon$ , %
0	0,936	56,7	19,2	34,3	470
3	0,954	56,2	18,4	26,2	494
5	0,975	56,9	18,6	26,9	515
10	1,010	56,9	18,7	26,7	535

На рис. 1 приведены интенсивности изнашивания композиций СВМПЭ + n вес. %  $\text{MoS}_2$ .

Из графика видно, что при введении наполнителей износостойкость СВМПЭ значительно уменьшается. Наименьший износ наблюдается в 2 раза при добавлении 10 вес. %  $\text{MoS}_2$ .

График тоже показал, что износ изнашивания СВМПЭ в условии смазочной среды (дистиллированной воде) меньше в 2 раза, чем износ изнашивания в условии сухого трения. Оптимальное значение износостойкости достигается при добавлении 10 вес. %  $\text{MoS}_2$ .

$I$ , мм<sup>2</sup>/мин

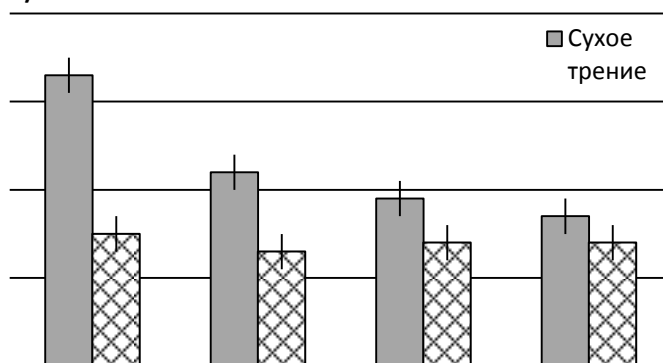


Рисунок 1.  
Интенсивность изнашивания ( $I$ ) СВМПЭ и композитов СВМПЭ- $\text{MoS}_2$ : чистый СВМПЭ (1), СВМПЭ + 3 вес. %  $\text{MoS}_2$  (2), СВМПЭ + 5 вес. %  $\text{MoS}_2$  (3), СВМПЭ + 10 вес. %  $\text{MoS}_2$  (4) на стадии установившегося износа в режимах сухого трения и смазки (дистиллированная вода).

На рис. 2 приведены шероховатости поверхности дорожек трения СВМПЭ и композитов СВМПЭ- $\text{MoS}_2$ .

$R_a$ , мкм

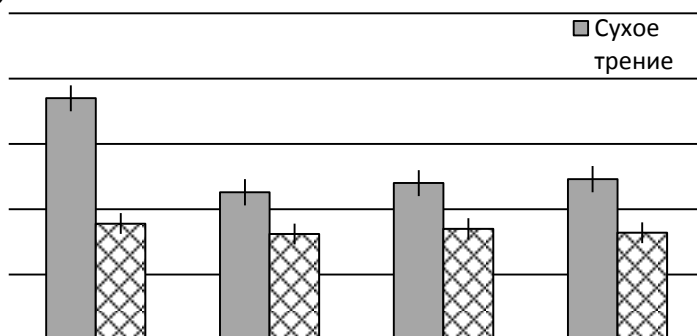


Рисунок 2.  
Шероховатость поверхности дорожки трения ( $R_a$ ) СВМПЭ и композитов СВМПЭ- $\text{MoS}_2$ : чистый СВМПЭ (1), СВМПЭ + 3 вес. %  $\text{MoS}_2$  (2), СВМПЭ + 5 вес. %  $\text{MoS}_2$  (3), СВМПЭ + 10 вес. %  $\text{MoS}_2$  (4) на стадии установившегося износа в режимах сухого трения и смазки (дистиллированная вода).

Видно, что изменение шероховатости поверхностей изнашивания коррелирует с интенсивностью износа, наименьшее значение шероховатости наблюдается в 2 раза при добавлении 10 вес. %  $\text{MoS}_2$ .

### Заключение

На основе сравнения полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Введение промышленно выпускаемого наполнителя  $\text{MoS}_2$  незначительно снижает механические свойства композиций на основе СВМПЭ (предел текучести, предел прочности); износостойкость композиций на основе СВМПЭ повышается при наполнении его 3-10 вес. % наполнителя вдвое при сухом трении скольжения
2. Дисульфид молибдена играет роль твердой смазки в СВМПЭ при испытании в условии сухого трения и при испытании в условии смазочной воде, обеспечивает высокую износостойкость новых композитов в экстремальных условиях эксплуатации (низкие температуры, агрессивные среды).

### Список литературы

1. Козлова С.П. Трансфер технологий из транспортной отрасли в городское хозяйство по созданию изделий, обладающих антиобледенительными и антикоррозионными свойствами и способных работать в агрессивной среде / «Полимерный кластер Санкт-Петербурга», 2012.
2. Harley L. Stein. Ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE)//Engineered Materials Handbook.-1999, Vol.2: Engineering Plastics.
3. Охлопкова А.А., Гоголева О.В., Шиц Е.Ю. Полимерные композиционные материалы на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена и ультрадисперсных соединений//Трение и износ.- 2004(25), № 2, 202-206.
4. Galetz M.C., Blar T., Ruckdaschel H., Sandler K.W., Alstadt V. Carbon Nanofibre-Reinforced Ultrahigh Molecular Weight Polyethylene for Tribological Applications// Journal of Applied Polymer Science.- 2007, Vol.104, 4173-4181.
5. Машков Ю.К., Овчар З.Н., Байбарацкая М.Ю., Мамаев О.А. Полимерные композиционные материалы в триботехнике. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. -262 с.
6. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учебн. пособие/ Кербер М.Л., Виноградов В.М., Головкин Г.С. и др., под ред. А.А.Берлина.- СПб.: Профессия, 2008.- 560 с.

## СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДОСВЕЧИВАНИЯ РАСТЕНИЙ

Садченко В.О.

E-mail: Sadchenko.v.o@gmail.com

*Научный руководитель: доцент, кандидат физ.-мат. наук, Яковлов А.Н., заведующий кафедрой ЛуСт, директор ИФВТ, НИ ТПУ*

Основная пища для растений – это углеводороды, они используются для роста и создания массы. Растения вырабатывают их из воды и двуокиси углерода в результате фотосинтеза, осуществляемого за счет поглощения световой энергии через хлорофилл (так называемый ассимиляционный пигмент), содержащийся в основном в листьях.

В условиях сибирских регионов выращивать растения довольно трудно, ведь посадить их на улице в открытом доступе к самому благоприятному для них солнечному свету возможно лишь в теплое время года. Но теплое время года в Сибири длится около 3 месяцев. Поэтому приходится выращивать растения в теплицах. На данном этапе возникает главная проблема - проблема досветки растений.

Свет (световая радиация, фотосинтетически активная радиация, интенсивность солнечной радиации, уровень освещенности, суммарная или интегральная облученность растений, и проч.) относится к одним из наиболее значимых факторов микроклимата в теплицах, влияющих на урожайность выращиваемых растений. Рост растений определяется процессами фотосинтеза, для которых главным источником энергии является свет. Поэтому темпы роста и развития растений пропорциональны уровню их освещенности.

Недостаток света существенно снижает темпы развития растений в зимний, весенний и осенний периоды, когда низкий уровень естественной солнечной радиации сопровождается коротким световым днем. Низкое предложение на рынке сельскохозяйственной продукции и относительно высокие цены на нее в этот период делают рентабельными системы электрического

досвечивания. Значительные капитальные затраты на сами системы и текущие затраты на электрическую энергию с лихвой окупаются полученным урожаем.

В связи с этим возникают вопросы: какой уровень освещенности необходимо обеспечивать с помощью систем искусственного досвечивания? Какие электрические мощности для этого потребуются? Какие системы досвечивания и как необходимо применять? Ответы на эти вопросы рассмотрены в докладе.

Основные выводы и характеристики доклада можно привести в следующих утверждениях:

Растениям для фотосинтеза необходим свет красновато-оранжевого и синего спектров. Это можно понять из кривой спектральной кривой чувствительности растений (Рис.2) [1].

Существует два варианта подсветки растений:

- тепличные светильники, обеспечивающие растения необходимым количеством световой энергии, поглощаемой ими в период естественного освещения.
- второй тип - фотопериодическое освещение теплиц. Оно предполагает использование искусственного света для удлинения дня за счет освещения растений ночью. Изменяя продолжительность дня и ночи с помощью искусственного освещения, можно ускорить или приостановить цветение растений.

Уровень освещенности в теплице, необходимый для выращивания растений определяется агрономическими требованиями. Минимальный уровень составляет 6 - 7 кЛк. Гарантированно хорошие результаты по урожайности получаются при получении среднего уровня освещенности 10 - 12 кЛк. [2]

Чем больше освещенность, тем лучше происходит рост, но при расположении светильников слишком близко к растениям следует учитывать теплолюбивость растений и потоки тепла от лампы. Лучшим методом досветки растений является применение светодиодов, так как можно подобрать диоды узкого спектра свечения, т.е. с нужной фотосинтетически активной радиацией [3], что будет максимально полезно и для растений, и для экономии энергии в целом.

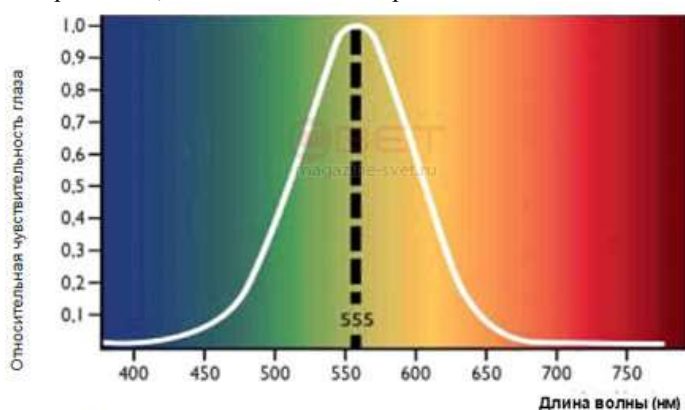


Рис. 1 Спектральная кривая чувствительности человеческого глаза

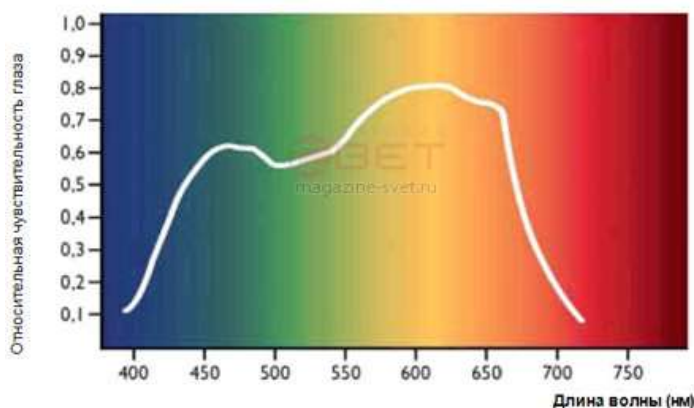


Рис. 2 Спектральная кривая чувствительности растения



#### Литература:

1. Magazine-svet. URL: <http://www.magazine-svet.ru/review/33101/> (дата обращения 25.02.14)
2. Теплицы.py. URL: <http://www.greenhouses.ru/Sistemy-dosvechivaniya> (дата обращения 25.02.14)
3. Шуберт Ф.Е. Светодиоды – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 – 262 с.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАНЕСЕНИЯ ПРОСВЕТЛЯЮЩЕГО СЛОЯ НИЗКОЭМИССИОННОГО ПОКРЫТИЯ

Сиделёв Д.В.

E-mail: Dimas167@tpu.ru

*Научный руководитель: Юрьев Ю.Н., Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

Использование низкоэмиссионных покрытий при остеклении бытовых построек позволяет существенно снизить тепловые потери [1]. Наиболее простой структурой такой многослойной пленки является композиция диэлектрик-металл-диэлектрик, технические требования к которой следующие: высокий коэффициент пропускания в видимой области спектра (порядка 0,8) и высокое отражение в инфракрасной области (0,85-0,9). Функция сохранения тепла ложится на полупрозрачный слой металла (Cu, Ag). Высокая прозрачность всего теплоотражающего покрытия достигается за счет нанесения просветляющих слоев оксидов металлов ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ).

Основа проблем теплоотражающих покрытий заложена в осаждении качественных просветляющих слоев, что обусловлено непостоянством технологических параметров напылительного оборудования в присутствии реакционного газа в рабочей камере [2]. Для магнетронного распыления, преимущественно используемого для осаждения оптических покрытий, характерны следующие недостатки: нестабильность электрических параметров разряда, отравление мишени, электрические пробой и т.д. Поэтому актуальными задачами становятся: исследование влияния типа магнетронных распылительных систем на процесс осаждения просветляющих пленок; определение оптимальных режимов работы МРС с целью обеспечения стабильности электрических характеристик магнетронного разряда.

В настоящей работе в качестве модельного материала металла будет использована Cu, просветляющий слой –  $\text{TiO}_2$ .

### Экспериментальная часть

Нанесение тонкопленочных покрытий осуществлялось на установке «Яшма» [3]. В качестве подложек использовались стеклянные образцы ГОСТ 9284-75 размером 75x25x1 мм. Предварительно, производилась их очистка при помощи ионного источника с холловским дрейфом электронов. Осаждение пленок  $\text{TiO}_2$  происходило в среде Ag и  $\text{O}_2$  при помощи дуальной (рис. 1) и планарной МРС при общем давлении в камере 0,12 Па. Дуальный магнетрон был подключен к биполярному источнику питания с трапецевидной формой импульса с частотой 66 кГц. Для планарной МРС - униполярный источник питания с прямоугольной формой импульса (166 кГц). Размер мишеней: планарной МРС - 100x700 мм, дуальной - 94x200 мм. Нанесение слоя Cu осуществлялось при помощи планарной МРС при давлении  $8 \cdot 10^{-2}$  Па.

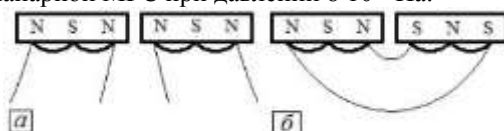


Рисунок 1. Модификации дуальной МРС: а - с незамкнутым полем; б - с замкнутым полем

Для обеспечения равномерности покрытия по толщине подложка перемещалась в области магнетронного разряда с постоянной скоростью. Поэтому, для оценки скорости осаждения будем употреблять термин «проход», который означает однократное перемещение подложки под любым из плазменных устройств. Измерение и контроль толщины покрытий осуществлялись при помощи

кварцевого измерителя «Микрон-5». Исследования спектра пропускания света полученных многослойных покрытий производилось на спектрофотометре СФ-2000 в диапазоне длин волн 400-800 нм.

### Результаты работы и их обсуждение

Как уже упоминалось ранее, качественное низкоэмиссионное покрытие не только хорошо отражает ИК излучение ( $R_{ИК}$ ), но и обладает высоким пропусканием в видимой области света ( $T_B$ ). Поэтому, выбор толщины ( $h_M$ ) металлического слоя происходит на при сравнении спектров  $R_{ИК}(h_M)$  и  $T_B(h_M)$ . Согласно [1], формирование сплошной пленки Cu, удовлетворяющим вышеперечисленным условиям, происходит при наименьшей толщине, равной 9 нм. На основании чего, был подобран следующий режим осаждения:  $U = 360$  В,  $I = 3$  А,  $W = 1,1$  кВт,  $v_{Cu} = 9$  нм/проход.

Выбор оптимального режима напыления пленок  $TiO_2$  происходил на основе обеспечения максимальной скорости осаждения ( $v_{TiO_2}$ ) и стабильности магнетронного разряда в течение всего процесса напыления, что обусловлено требованиями применения данных технологий в производстве. Магнетронное распыление в среде реакционного газа (в случае  $O_2$ ) связано с целым рядом проблем за счет окислительных процессов: проблема «исчезающего анода», гистерезис рабочих параметров разряда и т.д. [5]. Суммарно все это приводит к изменениям параметров разряда и, как следствие, изменению характеристик пленок: толщины, химического и фазового состава. На начальном этапе работы были исследованы ВАХ (рис. 2) и гистерезис электрических параметров разряда (рис. 3).

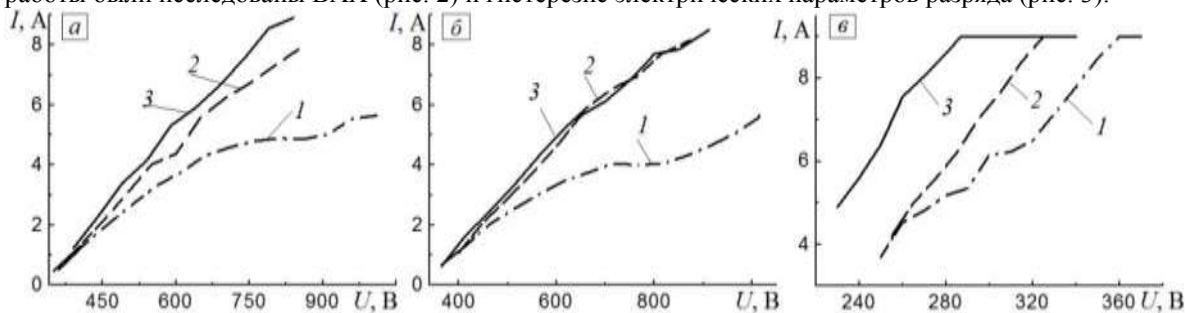


Рисунок 2. ВАХ разряда: а - дуальная МРС с незамкнутым полем; б - дуальная МРС с замкнутым полем, в - планарная МРС; 1 - 5%  $O_2$  в смеси, 2 - 20%  $O_2$  в смеси, 3 - 60%  $O_2$  в смеси

Для реактивного осаждения пленок  $TiO_2$  характерен S-образный вид ВАХ [4]. В эксперименте были получены практически линейные зависимости тока от напряжения разряда для трех различных модификаций МРС, что связано с поддержанием постоянного общего давления при изменении состава напускаемого газового потока [5]. Различия в расстояниях между кривыми ВАХ для разных содержаний  $O_2$  в смеси определяют степень окисленности мишени. В случае замкнутого поля дуальной МРС обеспечивается больший ионный ток на мишень и, соответственно, её полное окисление происходит при больших долях  $O_2$  в смеси: переходная область разряда расширяется. Данный результат более детально представлен в работе [6].

Поддержание постоянного давления в камере за счет плавного уменьшения потока Ar пропорционально увеличению потока  $O_2$  обуславливает отсутствие ярко выраженной области отрицательного динамического сопротивления разряда и, как результат, происходит снижение гистерезиса электрических параметров разряда. Это позволяет производить осаждение стехиометрических пленок  $TiO_2$  в переходной области разряда. В эксперименте получено, что в случае дуальной МРС начиная с 20% доли  $O_2$  в смеси достигается стабильность характеристик разряда, для планарного МРС – с 60%. Как видно из рис. 3а, в дуальной МРС с зеркальным полем эффект гистерезиса отсутствует полностью. В двух других конструкциях (рис. 3б, 3в) проявляется в виде петли небольшой площади, что не оказывает сильного влияния на параметры осаждения.

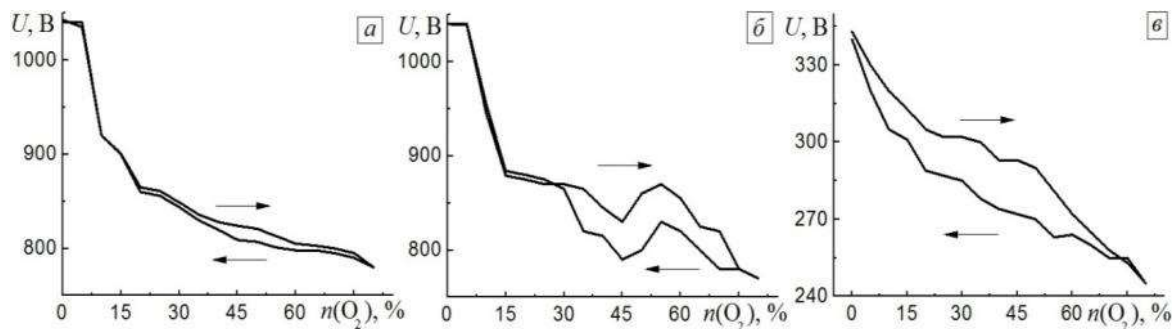


Рисунок 3. Гистерезис рабочих параметров: а - дуальная МРС с незамкнутым полем; б - дуальная МРС с замкнутым полем; в - планарная МРС. Стрелками указано направление изменения напуска  $O_2$

Следующий этап работы состоял в определении оптимальных рабочих режимов, обеспечивающих максимальные скорости осаждения пленок  $TiO_2$  (Таблица 1). Увеличение ширины переходной области для дуальной МРС с замкнутым полем обуславливает более высокие значения параметров разряда при одинаковом содержании  $O_2$  в смеси и, соответственно, скорости осаждения. При расчете  $v_{TiO_2}$  к плотности мощности ( $S_{мишени} \cdot W$ ) видно, что дуальный магнетрон обеспечивает скорости осаждения на порядок больше, чем планарный.

Таблица 1. Оптимальные режимы МРС при нанесении пленок  $TiO_2$

	Дуальный МРС с зеркальным полем	Дуальный МРС с замкнутым полем	Планарный МРС
$U$ , В	830	890	340
$I$ , А	7,5	8	9
$W$ , кВт	4,4	5	2,8
$v_{TiO_2}$ , нм/проход	3,1	3,8	0,7
$v_{TiO_2}/(S_{мишени} \cdot W)$ , нм/(проход·Вт·см <sup>2</sup> )	$3,75 \cdot 10^{-6}$	$4,04 \cdot 10^{-6}$	$3,57 \cdot 10^{-7}$

Толщина просветляющих слоев пленок  $TiO_2$  была определена при помощи математического моделирования трехслойной пленки в программе IMD [7] и составила 50 нм для верхнего и нижнего слоя. Полученный результат хорошо коррелирует с результатами в работе [1].

Спектры пропускания низкоэмиссионных покрытий  $TiO_2(50nm)-Cu(9nm)-TiO_2(50nm)$  показаны на рис. 4. Отличия  $T_B$  для различных типов МРС определяются разнообразием микроструктуры пленок  $TiO_2$  при их послойном осаждении. Интегральный коэффициент пропускания в случае «а» составил 65%, «б» - 59%, «в» - 50%.

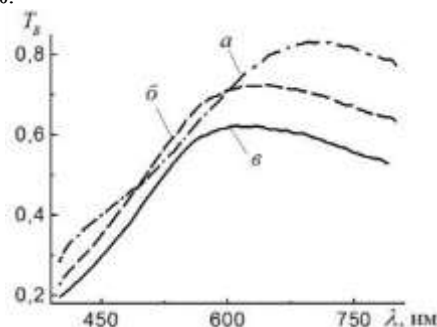


Рисунок 4. Спектры пропускания: а - дуальная МРС с незамкнутым полем; б - дуальная МРС с замкнутым полем; в - планарная МРС

Низкая прозрачность низкоэмиссионных покрытий в случае «в» связана с осаждением просветляющих слоев  $TiO_2$  с более низким коэффициентом преломления  $n$  в видимом спектре. Снижение интегрального  $T_B$  при изменении типа магнитного поля дуальной МРС, по-видимому, характеризуется структурными изменениями в пленке за счет увеличения ионного тока на подложку. Данный аспект работы требует более детального изучения.

## Заключение

В результате проведенных исследований установлено:

- стабилизация электрических параметров дуальных МРС в реакционной среде достижима даже в переходном режиме;
- при изменении конфигурации магнитного поля с зеркальной на замкнутую происходит увеличение ширины переходного режима работы дуального магнетрона;
- дуальная МРС обеспечивает более высокие скорости осаждения пленок  $\text{TiO}_2$  по сравнению с планарной МРС;
- использование дуальной МРС с незамкнутой конфигурацией магнитного поля позволяет повысить прозрачность теплоотражающего покрытия (увеличение интегрального  $T_B$  на 15%).

## Список литературы

- 1.Захаров А.Н. и др. // Перспективные материалы, № 2, с. 62, (2012).
- 2.Вольпян О.Д., Кузьмичёв А.И., Самокиш А.С. // Электроника и связь, № 5, с. 5, (2008).
- 3.Ананьин П.С., Баинов Д.Д., Косицын Л.Г., Кривобоков В.П., Легостаев В.Н., Юдаков С.В. // Приборы и техника эксперимента, № 4, с. 137, (2004).
- 4.Берлин Е.В., Сейдман Л.А. Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии. - М: Техносфера, 2010. - 528 с.
- 5.Baroch P. and all // Surface and Coating Technology, v.193, p. 107, (2005).
- 6.Сиделёв Д.В., Юрьев Ю.Н. // Известия вузов. Физика, т. 57, № 3/3, с. 248, (2014).
- 7.Windt D.L. // Computers in Physics, v.12, № 4, p. 360, (1998).

## МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПЛЕНОК ИЗ ПОЛИМОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ С ЦЕЛЬЮ ПРИДАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Станкевич К.С., Мамонтова Е.М.

E-mail: xenia\_stankevich@mail.ru

*Научный руководитель: д.х.н., профессор, Филимонов В.Д., кафедра БИОХ  
к.ф.-м.н., доцент, Твердохлебов С.И., кафедра ТИЭФ ФТИ НИ ТПУ*

## Введение

Модификация поверхности материалов на основе полимолочной кислоты с целью придания им биологической активности является актуальной задачей для современной науки. За последнее время было разработано несколько стратегий функционализации поверхности материалов из полимера, позволяющих привить активные группы как ковалентно с помощью методов «мокрой» химии, использования УФ-облучения, так и нековалентно путем плазменной обработки, введения мигрирующих добавок (гидролиз/аммонолиз), нанесения покрытий на поверхность полимолочной кислоты. [1] Однако, применение таких методов имеет существенный недостаток, заключающийся в деструкции полимерных цепей, приводящей к уменьшению молекулярной массы полимера на поверхности, и как следствие, влияющей на ее механические характеристики [2]. Прямая химическая модификация также не всегда возможна, так как поверхность материалов на основе полимолочной кислоты довольно инертна в виду отсутствия реакционноспособных функциональных групп [3]. Одним из перспективных методов модификации является инкапсуляция биологически активных веществ в поверхностном слое полимера за счет его набухания в смеси растворитель/нерастворитель [4]. Было показано, что таким образом можно привить к поверхности пленок из полимолочной кислоты такие вещества, как полиэтиленгликоль, полилизин [5], хитозан, желатин, альгинат натрия [6]. Однако, стоит отметить, что в приведенных работах используется полимолочная кислота, средняя молекулярная масса которой не превышает  $10^5$  г/моль.

Целью данной работы является разработка метода модификации поверхности пленок из высокомолекулярной полимолочной ( $1,6 \cdot 10^6$  г/моль) кислоты с использованием методологии «хороший/плохой растворитель».

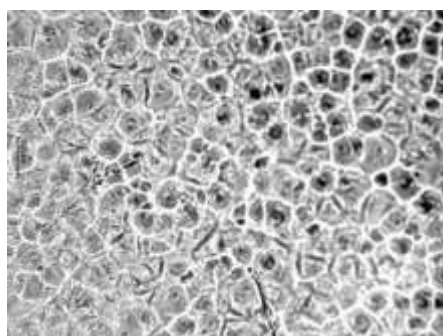
## Материалы и методы

Для проведения эксперимента готовили пленки из полимолочной кислоты PL65 (PURAC, Нидерланды), молекулярной массой  $M_w=1646600$  г/моль, методом налива. Для этого навеску полимолочной кислоты растворяли в дихлорметане (Panreac, Испания) для получения раствора концентрацией 1,7%. Пленки сушили при комнатной температуре в парах растворителя в течение 72 часов. Толщина полученных пленок составила  $30\pm 1$  мкм. Далее пленки опускали в смесь  $C_6H_5CH_3:C_2H_5OH=3:7$ , выдерживали в течение 10 минут. После этого, быстро переносили в стабилизирующий раствор, представляющий собой 0,001М раствор бриллиантового зеленого (бис-(п-диэтиламино)трифенилангидрокарбинола оксалат) в смеси  $C_2H_5OH:H_2O=1:1$ , выдерживали в стабилизирующем растворе в течение 1, 2, 3 часов. После этого пленки высушивали в течение 1 часа, вымачивали в воде в течение 24 часов для удаления излишек красителя, после чего опять высушивали.

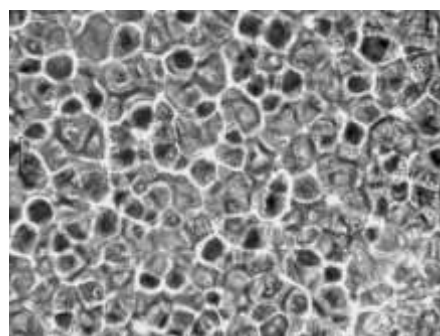
Полученные результаты оценивали с помощью измерения концентрации стабилизирующего раствора в процессе эксперимента методом УФ-спектроскопии (спектрометр СФ-102, толщина кюветы 10 мм) по максимуму поглощения бриллиантового зеленого в видимой области  $\lambda_{max}=628$  нм. Изучение поверхности качественно проводили с использованием светового микроскопа Motic DM-111. Смачиваемость пленок исследовали на установке «Easy Drop» (Krüss, Германия) методом «сидячей» капли (объем 4 мл), помещенной на исследуемую поверхность, путем измерения краевого угла смачивания. Измерения проводили по двум жидкостям (вода и спирт) спустя одну минуту после помещения жидкости на исследуемую поверхность. На основе метода Owens-Wendt-Rabel-Kaelble (OWRK) рассчитывали полную поверхностную энергию, ее полярную и дисперсную компоненты [7].

## Результаты и обсуждение

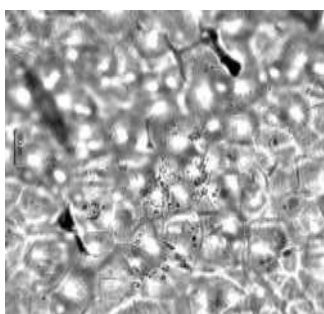
Молекулы бриллиантового зеленого были инкапсулированы на поверхности полимолочной кислоты. Выбор бриллиантового зеленого в качестве модифицирующего агента обусловлен его антисептическими свойствами, а также возможностью визуализации процесса адсорбции биологически активного вещества в поверхностном слое полимера. Изображения поверхности пленок, полученные с помощью светового микроскопа Motic DM-111, представлены на рис.1. Полимерная матрица не изменяет свои структуру после обработки смесью растворителей. При введении красителя, кристаллы бриллиантового зеленого формируются в верхнем слое, при этом кристаллизация происходит не на всей площади, наблюдается скопление кристаллов в местах наибольшего окрашивания. Окрашивание пленки неоднородное в результате того, что диффузия раствора в полимерную матрицу протекает с разной скоростью в виду неоднородности поверхности пленки. При этом, визуально, пленка имеет практически равномерную светло-зеленую окраску.



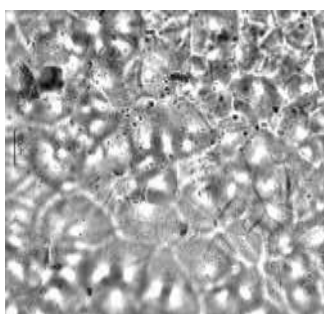
*Пленка PL65, исходная*



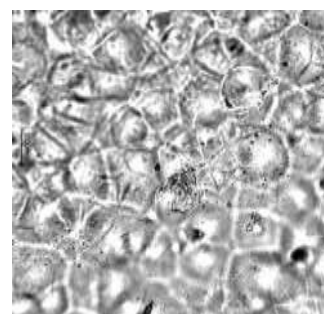
*Пленка PL65, обработанная смесью растворителей  $C_6H_5CH_3:C_2H_5OH=3:7$ , 10 минут*



*Пленка PL65, обработанная смесью растворителей  $C_6H_5CH_3:C_2H_5OH=3:7$ , 10 минут, выдержанная в растворе бриллиантового зеленого 1 час*



*Пленка PL65, обработанная смесью растворителей  $C_6H_5CH_3:C_2H_5OH=3:7$ , 10 минут, выдержанная в растворе бриллиантового зеленого 2 часа*



*Пленка PL65, обработанная смесью растворителей  $C_6H_5CH_3:C_2H_5OH=3:7$ , 10 минут, выдержанная в растворе бриллиантового зеленого 3 часа*

*Рисунок 1. Изображения поверхности пленок, полученные с помощью оптического микроскопа Motic DM-111, объектив 40x*

Для количественной оценки использовали УФ-спектрометрию, предварительно построив калибровочный график для растворов бриллиантового зеленого. Для измерения поглощения исследуемого раствора каждый час отбирали 0,1 мл стабилизирующего раствора. Результаты измерений представлены в виде графика зависимости поглощения от времени (рис.2). Со временем концентрация раствора увеличивается, несмотря на то что протекает адсорбция красителя на поверхности пленки. Это обусловлено тем, что в полимерную матрицу проникают не только молекулы растворенного вещества (бриллиантовый зеленый), но и молекулы растворителя – этилового спирта, который имеет высокое сродство к поверхности полимера, что подтверждается результатами измерения смачиваемости поверхности полимерных пленок (табл.1), при этом растворителя уходит из раствора больше, чем растворенного вещества. Таким образом, выбранный метод не позволяет оценить количество адсорбированных молекул красителя. Однако, воспользовавшись данными, полученными при построении калибровочного графика, был рассчитан молярный коэффициент поглощения бриллиантового зеленого при длине волны  $\lambda_{max}=628$  нм на основании закона Бугера-Ламберта-Бера, среднее значение составило  $81000 \text{ л} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$ . После чего, пленки с модифицированной поверхностью (площадь поверхности  $0,026 \text{ м}^2$ ) погрузили в 20 мл раствора  $C_2H_5OH:H_2O=1:1$  и провели десорбцию красителя в течение 72 часов. Поглощение раствора составило 0,078. Используя коэффициент экстинкции по измеренному поглощению рассчитали величину адсорбции, она составила порядка  $10^{-6} \text{ моль/м}^2$ .

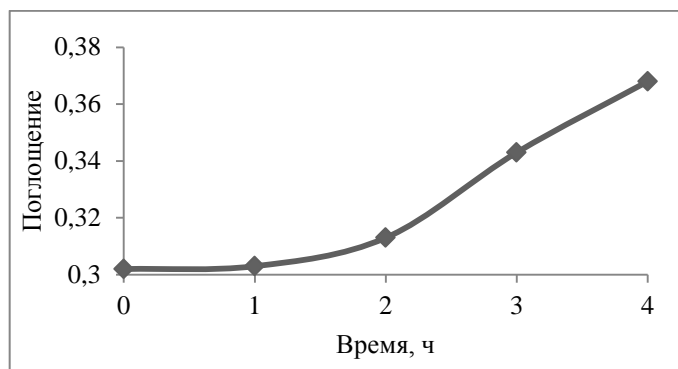


Рисунок 2. Измерение поглощения стабилизирующего раствора в процессе адсорбции

Таблица 1. Результаты измерения смачиваемости поверхности пленок из полимолочной кислоты до и после модификации

Тип модификации образца	Краевой угол, вода $\theta$ , degrees	Краевой угол, спирт $\theta$ , degrees	Свободная поверхностная энергия $\gamma^*$ , mJ/m <sup>2</sup>	Дисперсная компонента $\gamma^d$ , mJ/m <sup>2</sup>	Полярная компонента $\gamma^p$ , mJ/m <sup>2</sup>
Пленка PL 65, не модифицированная	67,8±4,00	0	35,21±0,92	6,41±0,18	28,80±0,74
Пленка PL 65, обработанная MePh/EtOH=3:7	68,4±4,29	0	34,59±0,97	6,61±0,19	27,98±0,78
Пленка PL 65, модифицированная БЗ	76,2±11,73	0	27,94±2,37	9,49±0,64	18,45±1,73

\*Энергия получена из расчета, что краевой угол смачивания спиртом равен 1 градусу.

#### Заключение

Разработан метод модификации поверхности пленок из высокомолекулярной полимолочной кислоты с использованием методологии «хороший/плохой растворитель». Подобранная система представляет собой два раствора: смесь  $C_6H_5CH_3:C_2H_5OH=3:7$  для предварительной обработки поверхности и стабилизирующий раствор 0,001M бриллиантового зеленого для проведения адсорбции. По результатам эксперимента в течение 3 часов выдерживания адсорбируется порядка  $10^{-6}$  моль/м<sup>2</sup> бактерицидного красителя. Построенная модель позволяет предсказать поведение биологически активных веществ при адсорбции на пленках из высокомолекулярной полимолочной кислоты.

#### Литература

1. R.M. Rasal, A.V. Janorkar, D.E. Hirt // Progress in Polymer Science, № 35, p. 338–356, (2010).
2. Y. Ikada // Biomaterials, v. 15, № 10, p. 725, (1994).
3. A.D. Cook, J.S. Hrkach, N.N. Gao // J Biomed. Mater. Res., № 35, p. 513, (1997).
4. N.P. Desai, J.A. Hubbell // Macromolecules, № 25, p. 226, (1992).
5. R.A. Quirk, M.C. Davies, S.B. Tendler, K.M. Shakesheff // Macromolecules, № 33, p. 258-260, (2000).
6. H. Zhu, J. Ji, J. Shen // Macromol. Rapid Commun., № 23, p. 819–823, (2002).
7. K. Owens, R.C. Wendt // J. Appl. Polym.Sci., v. 13., p. 1741-1747, (1969).

# ИМПУЛЬСНАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ СПЕКТРОМЕТРИЯ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЕВ GaN, ВЫРАЩЕННЫХ НА ПОДЛОЖКАХ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Сычева А.В.  
[sychyova.a.v@gmail.com](mailto:sychyova.a.v@gmail.com)

*Научный руководитель: Олешко В.И., д.ф.-м.н., профессор  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30*

## Введение

Самыми перспективными материалами для создания оптоэлектронных устройств являются нитриды III-группы. Они используются в качестве основы многих светодиодов, лазерных диодов, полноцветных светодиодных дисплеев и т.д. Обычно нитрид галлия (GaN) наносят на инородную сапфировую подложку (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), которая имеет высокие термическую и химическую стабильности при высокой температуре роста эпитаксиальных пленок GaN.

Основной технологией массового производства гетероструктур AlGaIn/InGaIn/GaN для производства светодиодов является технология газовой эпитаксии из металлоорганических соединений (МОГФЭ) на подложках карбида кремния или сапфира. При такой технологии рост структуры осуществляется при присутствии газа при умеренных давлениях. При температуре близкой к комнатной металлоорганические соединения находятся в жидком или иногда твердом состоянии. Такие вещества имеют высокое давление паров, следовательно, их можно легко доставить в зону химической реакции путем продувки газа носителя через жидкости или над твердыми телами, играющими роль источников. В качестве газа носителя используют водород или инертные газы (гелий, аргон).

В настоящее время очень важно исследование излучающих гетероструктур и их составных частей. Слои GaN имеют много дефектов, которые существенно влияют на излучательные свойства, которые могут быть собственной и примесной природы. Возникновение и количественные характеристики дефектов зависят от условий и техники роста, а так же от материала подложки.

Наиболее эффективными являются методы люминесценции, позволяющие контролировать дефекты и определять возможность использования структуры при изготовлении источников света. Метод фотолюминесценции заключается в возбуждении фотонами с энергией кванта, которая превышает ширину запрещенной зоны эпитаксиальных слоев. Данный метод позволяет исследовать светодиодные структуры толщиной 10 – 100 нм, что связано с большим коэффициентом поглощения возбуждающего излучения. Для диагностики светодиодных структур, толщина которых составляет единицы микрон, наиболее эффективным является метод катодоллюминесценции. Его преимуществом является однородное возбуждение и получение информации обо всей структуре в целом.

Для реализации катодоллюминесцентной диагностики полупроводниковых и диэлектрических макрокристаллов используются высокоэнергетические (100—400 кэВ), сильноточные (1—10<sup>3</sup> А) электронные пучки (СЭП). Такие пучки формируются в высоковольтных диодах со взрывоземиссионным катодом. Импульсная спектроскопия при однородном возбуждении слоя твердого тела толщиной ~ 10 мкм становится возможной, так как СЭП имеют малые длительности импульса тока и высокую энергию электронов.

## Методика эксперимента.

В качестве исследуемых образцов использовались тонкие пленки GaN с разной плотностью дислокаций, выращенные на сапфировой подложке методом металлоорганической газовой эпитаксии в реакторе горизонтального потока AIXTRON 200/RF-S. На подложку осаждали легированный кислородом зародышевый слой AlN (~20 нм), после чего слой GaN (~300 нм). Рост GaN прерывался для нанесения промежуточного слоя SiN<sub>x</sub> субмонослойной толщины, после чего наращивался слой GaN. Общая толщина пленки GaN составляла 1,8 мкм.

Для исследования свечения образцов использовалась методика импульсной люминесцентной спектроскопии с наносекундным временным разрешением. Катодоллюминесценция (КЛ)



гетероструктур возбуждалась СЭП с эффективной энергией электронов в спектре  $\sim 250$  кэВ. Облучение образцов и измерение КЛ осуществлялось при температуре 300 К. Регистрация спектров с временным разрешением  $\sim 15$  нс проводилась с помощью измерительной системы на основе дифракционного монохроматора МДР-23, фотоэлектронного умножителя ФЭУ-84 и осциллографа Tektronix DPO 3034.

### Результаты исследования.

Типичные спектры КЛ эпитаксиальных слоев GaN, выращенных на сапфировых подложках, измеренные в момент окончания импульса возбуждения и с временной задержкой 200 мкс представлены, соответственно, на рисунках 1-3.

Полоса излучения в области 368 нм принадлежит GaN ( $E_g = 3,39$  эВ при 300 К) и обусловлена рекомбинацией связанных на дефектах экситонов.

В длинноволновой области спектра в исследуемых образцах наблюдается широкая «желтая» полоса с максимумом при  $\lambda_{\max} = 560$  нм и относительно узкая «красная» полоса в области 690 нм (рисунок 2). Появление желтой полосы обычно связывается с наличием собственных дефектов либо их комплексов в GaN. Одной из возможных причин появления желтой полосы в спектрах люминесценции GaN, согласно исследованиям [3], является образование дивакансии азота и (или) их комплексов с примесями.

Измерение полосы 690 нм с более высоким спектральным разрешением (0,2 нм) показало наличие двух близко расположенных полос с максимумами при  $\lambda_{\max 1} = 692,9$  нм и  $\lambda_{\max 2} = 694,3$  нм (рисунок 3).

Так же были измерены кинетические характеристики полос люминесценции 560 и 692,9 нм. Результаты измерений приведены на рисунке 4. Видно, что желтая полоса, ответственная за люминесценцию дефектов в GaN имеет сложную неэкспоненциальную кинетику затухания с длительностью импульса на полувысоте  $t_{1/2} \sim 300$  мкс. Для свечения примеси  $\text{Cr}^{3+}$  в сапфире характерна экспоненциальная кинетика затухания ( $\tau \approx 3,5$  мс).

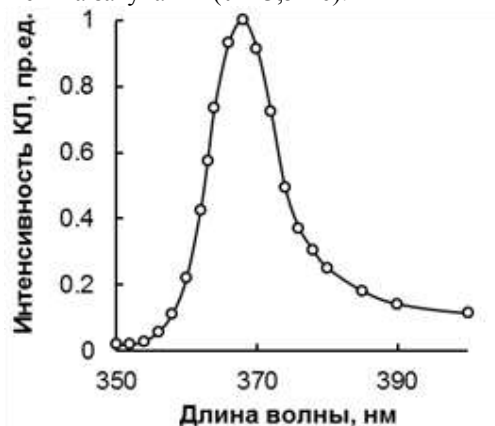


Рисунок 3. Спектр КЛ исследуемого образца, измеренный в момент импульса возбуждения.

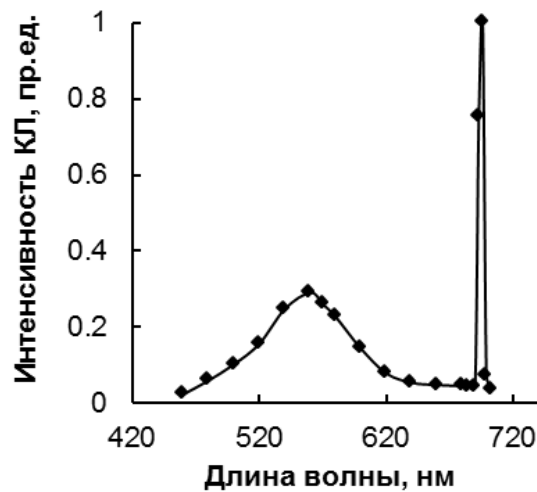


Рисунок 4. Типичный спектр КЛ исследуемого образца, измеренный с временной задержкой 200 мкс. Спектральное разрешение  $\sim 15$  нм.

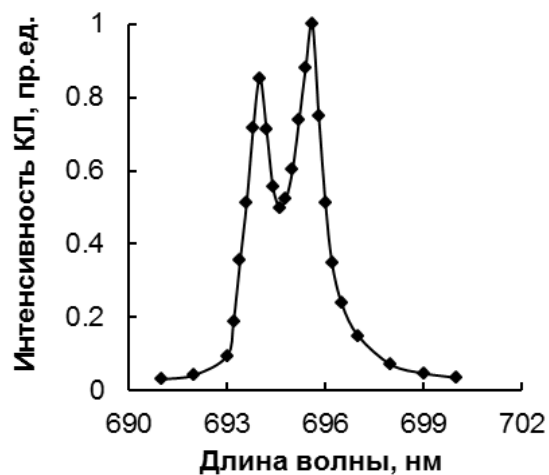


Рисунок 5. Типичный спектр КЛ исследуемого образца, измеренный с временной задержкой 200 мкс. Спектральное разрешение  $\sim 0,2$  нм.

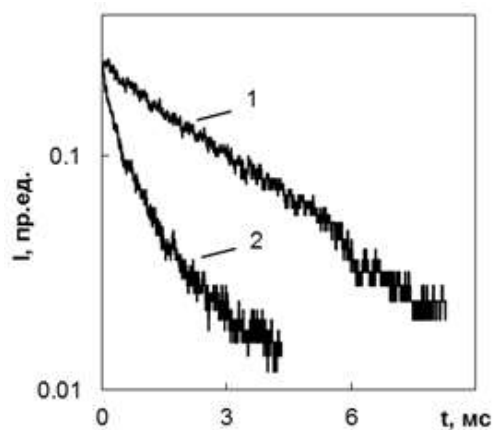


Рисунок 6. Типичные кинетики затухания КЛ исследуемого образца: 1 –  $\lambda_1 = 560$  нм; 2 –  $\lambda_2 = 692,9$  нм.

## Выводы

Исследованы время-разрешенные спектры импульсной катодолюминесценции эпитаксиальных слоев GaN, выращенных на сапфировых подложках. Установлено, что в момент импульса возбуждения в спектре КЛ наблюдается интенсивная экситонная полоса люминесценции с максимумом при 368 нм и длительностью  $\tau \leq 15$  нс. Обнаружено, что в спектре КЛ исследованных образцов формируются две слабоинтенсивные, длинновременные полосы люминесценции: «желтая» с максимумом при  $\lambda_{\max} = 560$  нм связана с дефектами, образующимися в GaN при выращивании; дублетная «красная» полоса, с максимумами при  $\lambda_{\max1} = 692,9$  нм и  $\lambda_{\max2} = 694,3$  нм, возникает в результате неконтролируемого вхождения примеси хрома в подложку  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

### Список литературы

1. Олешко В.И., Горина С.Г., Корепанов В.И. и др. Люминесценция тонкопленочных светодиодных структур при возбуждении сильноточным электронным пучком // Известия вузов. Физика. – 2013. – Т. 56 – № 1. – С. 55-58.
2. Олешко В.И., Горина С.Г., Корепанов В.И. и др. Время-разрешенная люминесцентная спектроскопия гетероструктур на основе InGaN/GaN-квантовых ям // Известия вузов. Физика. – 2013. – Т. 56 – № 8/3. – С. 111-115.
3. Юнович А.Э. Дивакансии азота – возможная причина желтой полосы в спектрах люминесценции нитрида галлия // ФТП. – 1998. – Т. 32 – № 10. – С. 1181-1183.
4. Кудряшов В.Е., Мамакин С.С., Юнович А.Э. Влияние сапфировой подложки на спектры излучения светодиодов из нитрида галлия // ПЖТФ. – 1999. – Т. 25 – № 13. – С. 68-72.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ МИКРОДУГОВЫХ КАЛЬЦИЙФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ С РАЗЛИЧНОЙ ШЕРОХОВАТОСТЬЮ

Чебодаева В.В.<sup>1</sup>, Комарова Е.Г.<sup>2</sup>  
vtina5@mail.ru

*Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. Ю. П. Шаркеев<sup>1,2</sup>,*

*<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,*

*<sup>2</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН*

### Введение

Важнейшим вопросом медицинского материаловедения является разработка методов и способов модификации поверхности металлических имплантатов с целью улучшения их биологических свойств. Проблема отторжения медицинских имплантатов является актуальной, т. к. при изготовлении и обработке медицинских изделий часто не достигается требуемое взаимодействие искусственных поверхностей с костной тканью. Хорошо зарекомендовал себя такой метод обработки поверхности, как нанесение биоактивных кальцийфосфатных (СаР) покрытий, приближающих создаваемые имплантаты к классу биомиметических материалов для костной ткани [1]. Для имплантатов со сложной геометрической формой наиболее перспективен метод микродугового оксидирования (МДО) в водных растворах электролитов. Известно, что технологические параметры процесса МДО, в частности напряжение, влияют на свойства покрытий: морфологию (пористость), топографию (шероховатость), химический состав, смачиваемость (гидрофильность/гидрофобность) и т. д. Важными факторами, определяющими остеоинтеграцию костной ткани в имплантат, является шероховатость и смачиваемость поверхности. В работе были получены СаР покрытия с различной шероховатостью при варьировании напряжения процесса МДО, и исследовано влияние напряжения МДО и шероховатости на смачиваемость покрытий.

### Объекты и методы исследования

Покрытия наносились на материалы, используемые в медицинской практике, а именно технически чистый титан ВТ1-0. В эксперименте использовались образцы, нарезанные в виде пластин размером  $10 \times 10 \times 1$  мм<sup>3</sup>. Для формирования покрытий применялась установка MicroArc-3.0. Микродуговое СаР покрытие наносилось на поверхность образцов в электролите на основе водного

раствора ортофосфорной кислоты, гидроксиапатита и карбоната кальция с добавлением биологического гидроксиапатита [2-3]. Параметры нанесения Са-Р покрытий: длительность импульса – 100 мкс, частота следования импульсов – 50 Гц, время нанесения – 5÷10 мин, напряжение варьировались в следующих пределах – 150 ÷ 400 В.

Шероховатость измеряли на профилометре Hommel-etamic T1000 по параметру Ra. Морфологию поверхности СаР покрытий исследовали методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) на электронном микроскопе SEM 515 (Phillips). Для оценки смачиваемости СаР покрытий проводили измерение краевых углов с водой и глицерином методом лежащей капли и последующий расчет поверхностной энергии с помощью ПО DSA1 на приборе Easy Drop (KRUSS). Вначале измеряли краевые углы согласно уравнению Юнга:

$$\sigma_{ТГ} = \sigma_{ТЖ} + \sigma_{ЖГ} \cos \theta \quad (1)$$

где  $\theta$  – краевой угол,  $\sigma_{ТГ}$ ,  $\sigma_{ТЖ}$ ,  $\sigma_{ЖГ}$  – коэффициенты поверхностного натяжения на границах твердое тело-газ, твердое тело-жидкость, жидкость-газ, соответственно.

Затем проводился расчет поверхностной энергии согласно уравнению Оуэнса-Вендта:

$$\frac{\sigma_{Ж}(\cos \theta + 1)}{2\sqrt{\sigma_{Ж}^D}} = \frac{\sqrt{\sigma_{Т}^D} \sqrt{\sigma_{Ж}^D}}{\sqrt{\sigma_{Ж}^D}} + \sqrt{\sigma_{Т}^D}, \quad (2)$$

где  $\theta$  – краевой угол,  $\sigma_{Ж}^D$ ,  $\sigma_{Т}^D$ ,  $\sigma_{Ж}^P$ ,  $\sigma_{Т}^P$  – дисперсионная и полярная составляющие для жидкости и твердого тела,  $\sigma_{Ж}$  – полная поверхностная энергия для тестовой жидкости.

### Результаты и обсуждение

Исследование морфологии показало, что структура СаР представляет собой сфероидальные образования со сквозными порами [4]. Было выявлено, что покрытие начинает формироваться при начальном напряжении МДО 150 В в течение 5 мин, после этого ток падает до нуля. При таком напряжении формируется пористая структура – это соответствует начальной стадии формирования сферолитов (рис.1а). Шероховатость поверхности такого покрытия Ra = 1-1,5 мкм (рис. 2а, табл. 1). Повышение напряжения от 200 до 300 В приводит к увеличению плотности тока, а следовательно и времени нанесения до 10 мин. Структура таких покрытий представлена сформировавшимися сферолитами со сквозными порами, которые увеличиваются в размерах («набухают») с ростом напряжения от 15 до 40 мкм, а размер пор увеличивается от 5 до 15 мкм (рис. 1б,в). Шероховатость СаР покрытий с ростом напряжения от 200 до 300 В увеличивается от 2,5 до 5,5 мкм (рис. 2а, табл. 1). Дальнейшее повышение напряжения от 350 до 400 В сопровождается переходом микродугового разряда в дуговой, и приводит к разрушению «набухших» сферолитов и появлению осколочных элементов (рис.1г). При этом шероховатость СаР покрытий увеличивается от 6 до 8 мкм (рис. 2а, табл.1). Из рис. 2а видно, что с ростом напряжения процесса микродугового оксидирования 150 ÷ 400 В параметр шероховатости Ra увеличивается линейно.

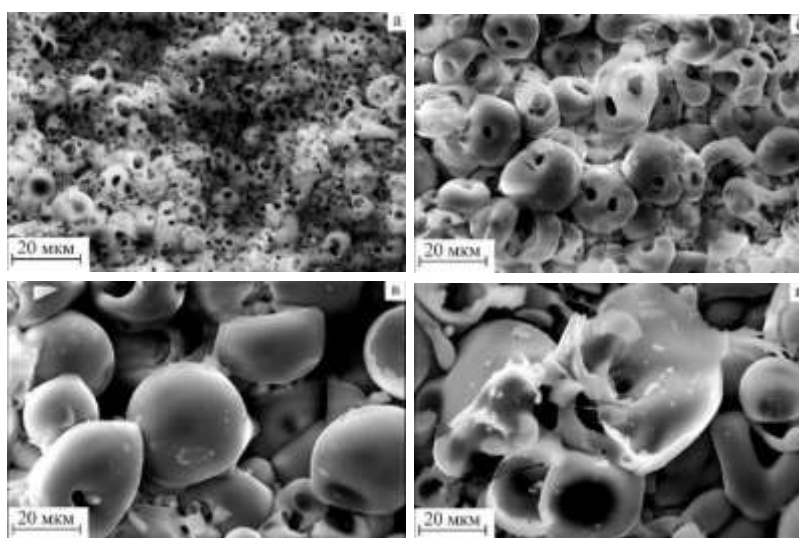


Рисунок 1. РЭМ-изображения СаР покрытий при различных напряжениях микродугового оксидирования, В: а) 150, б) 200, в) 300, г) 400

Таблица 1. Шероховатость, краевой угол и поверхностная энергия CaP покрытий при различных напряжениях микродугового оксидирования

U, В	Ra, мкм	Краевой угол, град		Поверхностная энергия, мН/м		
		Вода	Глицерин	Полная ( $\sigma$ )	Дисперсионная составляющая	Полярная Составляющая
150	1,16±0,20	30,80±1,08	68,40±4,50	119,50±3,23	3,82±0,69	115,68±2,54
200	2,99±0,16	23,90±0,42	46,10±1,43	80,99±0,82	1,70±0,15	79,29±0,67
250	4,25±0,17	17,70±1,45	36,40±2,93	73,81±3,04	7,86±1,03	66,95±2,01
300	5,28±0,10	12,50±1,63	25,70±2,29	74,28±1,75	9,73±0,60	64,55±1,15
350	5,91±0,18	7,40±1,65	15,30±1,21	73,44±1,24	13,81±0,44	59,63±0,81
400	7,38±0,26	-	-	-	-	-

Исследование смачиваемости CaP покрытий показало, что повышение напряжения от 150 до 350 В приводит к линейному уменьшению краевого угла  $\theta$  от 35 до 5° с водой и от 70 до 15° с глицерином, что указывает на их гидрофильные свойства  $\theta < 90^\circ$  (рис.2б). При напряжении 400 В происходит мгновенное впитывание капли в поверхность CaP покрытия, т. е. краевой угол  $\theta = 0^\circ$ , и смачивание в этом случае считается идеальным или абсолютным. С ростом напряжения поверхностная энергия убывает по гиперболе от 120 до 70 мН/м (рис.2в, табл.1). Это связано с увеличением шероховатости поверхности, которая прямо пропорционально растет от 1 до 8 мкм с повышением напряжения от 150 до 400 В (рис.2а).

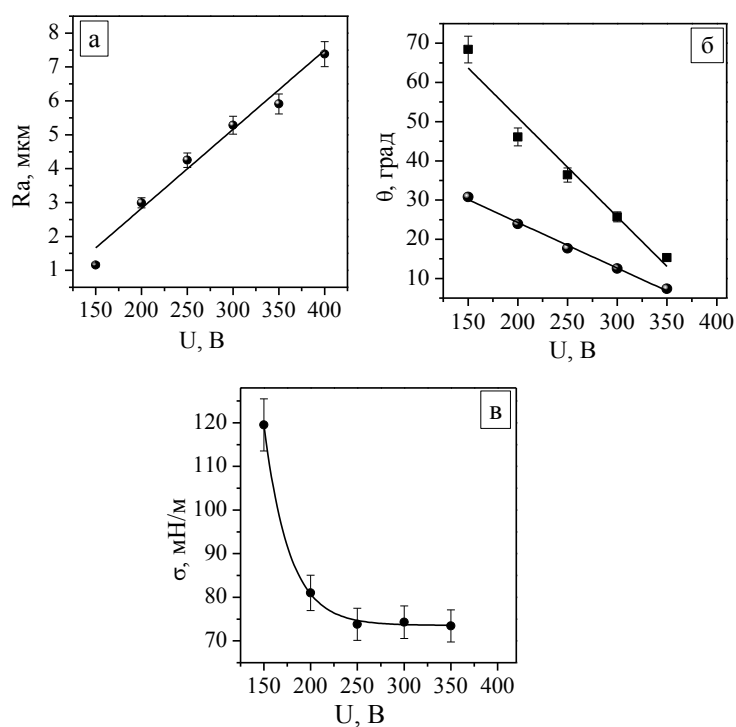


Рисунок 2. Графики зависимостей шероховатости Ra (а), краевых углов  $\theta$  (б) и поверхностной энергии  $\sigma$  (в) от напряжения МДО

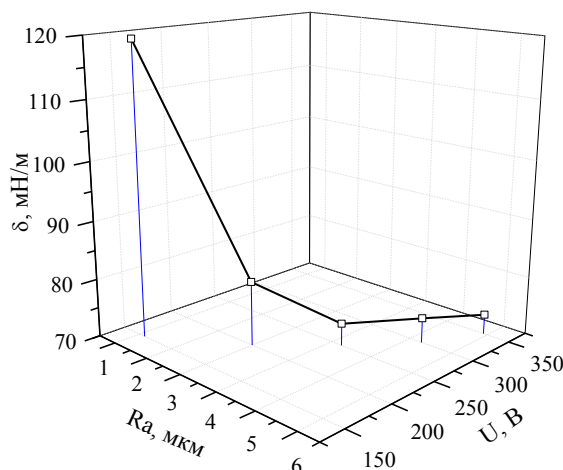


Рисунок 3. Зависимость поверхностной энергии от шероховатости и напряжения МДО

Поверхностная энергия содержит две составляющие: дисперсионную (силы Ван-дер-Ваальса и другие неспецифические взаимодействия) и полярную (сильные взаимодействия и водородные связи) [5]. Из таблицы 1 видно, что полярная составляющая преобладает над дисперсионной. Однако с повышением напряжения полярная компонента уменьшается вместе с полной энергией от 115 до 60 мН/м, при этом дисперсионная компонента наоборот увеличивается от 4 до 14 мН/м, что обусловлено увеличением шероховатости поверхности.

На рис 3 изображен график зависимости поверхностной энергии СаР покрытия от параметра шероховатости Ra и от напряжения, который имеет вид гиперболы. Из графика видно, что с повышением напряжения, и как следствие, увеличением шероховатости уменьшается поверхностная энергия от 120 до 70 мН/м.

### Выводы

1. Получено, что с повышением напряжения МДО 150 ÷ 400 В шероховатость СаР покрытия увеличивается прямо пропорционально от 1 до 8 мкм.
2. Выявлено, что с увеличением напряжения 150 ÷ 350 В краевые углы с водой и глицерином уменьшаются от 35 до 5° и от 70 до 15°, соответственно. При этом поверхностная энергия убывает по гиперболе от 120 до 70 мН/м.
3. Установлено, что поверхностная энергия СаР покрытия уменьшается с увеличением параметра шероховатости Ra по гиперболе, также как и от напряжения.
4. Кальцийфосфатные покрытия, полученные методом микродугового оксидирования, показали высокую гидрофильность, что связано с их развитым рельефом, следовательно, являются биосовместимыми и способствуют остеоинтеграции костной ткани.

### Список литературы

1. Микродуговое оксидирование (теория, технология, оборудование) / И.В. Суминов и др. – М.: ЭКОМЕТ, 2005. – 368 с.
2. Патент 2385740 РФ. Биоактивное покрытие на имплантате из титана и способ его получения / Е.В. Легостаева, Ю.П. Шаркеев, Т.В. Толкачева, А.И. Толмачев, П.В. Уваркин. Заявлено 17.09.2008. Опубл. 10.04.2010 г. Бюл. № 10. – 12 с.
3. Легостаева Е. В., Комарова Е. Г., Шаркеев Ю. П., Уваркин П. В. Исследование влияния напряжения микродугового оксидирования на физико-химические свойства кальцийфосфатных покрытий на титане // Перспективные материалы. – 2011. – №13. – С. 456-464.
4. Легостаева Е.В., Шаркеев Ю.П. Гнеденков С.В., Комарова Е.Г., Егоркин В.С., Синебрюхов С.Л., Лямина Г.В., Хлусов И.А. Микродуговые кальцийфосфатные покрытия на поверхности наноструктурированного титана: морфология, физико-механические и электрохимические свойства // Материаловедение. – 2013. – №4. – С.48-56.
5. J. Bico, U. Thiele, D. Quere. Wetting of textured surfaces // Colloids and Surfaces. A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2002. – Vol. 206. – P. 41-46.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОКР И СРЕДНЕГО РАЗМЕРА ЧАСТИЦ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА WC<sub>1-x</sub>

Шатрова К.Н.  
E-mail: kns2@tpu.ru

*Научный руководитель: д.т.н., профессор, Сивков А.А., ТПУ ЭНИИ*

В течение последних двух десятилетий было предпринято немало попыток синтеза и спекания нанопорошка карбида вольфрама для получения материала с нанокристаллической структурой. Неподдельный интерес к карбиду вольфрама в нанокристаллическом состоянии обусловлен потенциальной возможностью улучшения его механических свойств. Это позволит увеличить срок эксплуатации и надежность инструментов, созданных из карбида вольфрама. К настоящему времени уже предлагается большое количество методов его получения от перемалывания порошков вольфрама и графита в шаровой мельнице до сложного химического процесса синтеза.

Известны попытки получения карбида вольфрама нагревом в солнечной печи непосредственно из смеси порошков графита и вольфрама [1]. Наночастицы карбида вольфрама синтезировали, используя в качестве исходных веществ метавольфрамат аммония и глюкозу [2]. Также известен способ получения WC из руды, содержащей вольфрам, путем ее смешивания с активированным углем и нагреванием в автоклаве [3].

Анализ результатов теоретических и экспериментальных данных показывает, что одним из возможных путей получения карбида вольфрама является реализация синтеза в газовой фазовой системе с использованием в качестве исходных веществ углерода и вольфрама. Требуемые P, t-параметры могут быть получены в головном скачке уплотнения ударно-волновой структуры гиперзвуковой (до 10 км/с) импульсной струи вольфрам-углеродной плазмы, истекающей в замкнутое пространство, заполненное аргоном (нормальные условия).

В эксперименте такая система взаимодействия реализуется с помощью импульсного (до 500 мкс) сильноточного (порядка 10<sup>5</sup> А) коаксиального магнитоплазменного ускорителя (КМПУ) с графитовыми электродами [4] по методике, представленной в статье [5]. Исходный вольфрам и углерод (сажа) в виде порошков закладываются в зону формирования плазменной структуры сильноточного дугового разряда типа Z-пинч, ускоряемого в коаксиальной системе. Электропитание ускорителя осуществляется от импульсного источника – генератора импульсов тока с максимальной запасаемой энергией до 360 кДж. Плазменный выстрел производится в герметичную камеру-реактор, заполненную технически чистым аргоном при нормальных давлении и температуре. Вскрытие камеры и сбор синтезированного порошкообразного продукта производились после естественного охлаждения и осаждения взвешенных частиц на стенках реактора. В результате получен темно-серый порошкообразный продукт. Синтезированный материал без какой-либо предварительно обработки исследовался методом рентгеновской дифрактометрии (XRD) (дифрактометр Shimadzu XRD7000, CuK<sub>α</sub>-излучение) и просвечивающей электронной микроскопии (ТЕМ) (электронные микроскопы Philips SM 12, JEOL JEM 2100F).

В представленной серии опытов было установлено зарядное напряжение 3 кВ, а емкость батареи конденсаторов составила 6 мФ, что соответствовало энергии W<sub>з</sub> = 27 кДж. Амплитуды напряжения U<sub>max</sub>, тока I<sub>max</sub>, мощности P<sub>max</sub> и выделяемая в процессе разряда энергия W для каждого из опытов представлены в таблице 1. Также в таблице представлены массы исходных смесей порошков вольфрама и углерода m<sub>исх</sub> и масса полученного порошка m<sub>п</sub>.

*Таблица 1. Параметры экспериментов*

№ опыта	1	2	3	4
W <sub>з</sub> , кДж	27	27	27	27
m <sub>исх</sub> , г	0,375	0,560	0,625	0,800
W/C (масс)	2	8,3	4	1,9
U <sub>max</sub> , кВ	1,310	1,338	1,264	1,140
I <sub>max</sub> , кА	118,864	111,872	117,116	118,864
P <sub>max</sub> , МВА	132,935	112,793	153,469	127,694
W, кДж	18,034	16,893	19,014	17,466
m <sub>п</sub> , г	0,210	0,365	0,400	0,445

На рисунке 1 представлена типичная рентгеновская дифрактограмма продукта синтеза, согласно которой полученный материал состоит из нескольких ультрадисперсных кристаллических фаз: вольфрама W, карбидов вольфрама  $W_2C$  и  $WC_{1-x}$  и графита gC. Качественный рентгенофазовый анализ продукта проведен с помощью базы структурных данных PDF 2+. Соотношение фаз в продукте синтеза было определено с помощью метода независимого эталона [6]. Результаты анализа приведены в таблице 2.

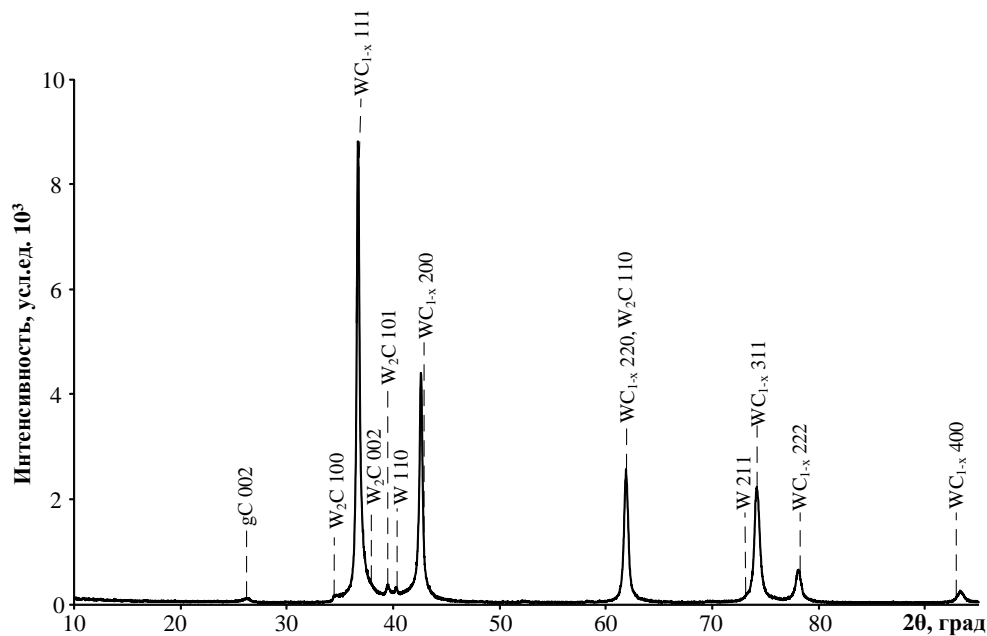


Рисунок 1. Типичная рентгеновская дифрактограмма продукта синтеза

Таблица 2. Результаты количественного анализа

№ опыта	1	2	3	4
$WC_{1-x}$ , %	97,81	99,04	97,63	96,69
Остальные фазы, %	2,19	0,96	2,37	3,71
ОКР, нм	38	47	64	50

По формуле Дебая-Шеррера оценены ОКР для каждого из опытов. Рассчитанные значения приведены также в таблице 2.

На рисунке 2 представлены результаты электронной просвечивающей микроскопии продукта синтеза. Анализ микроэлектронных снимков показал, что полученный продукт состоит из двух типов объектов (рисунок 2а). Первый – округлые частицы размером до 500 нм, темные, не пробивающиеся электронным пучком, как видимо, соответствующие фазам карбида вольфрама. Второй – менее плотные объекты с неразличимой морфологией при данном разрешении. На картине дифракции электронов (рисунок 2б) можно идентифицировать 2 размытых кольца, как видимо, принадлежащие фазе ультрадисперсного графита, и отдельные максимумы, соответствующие межплоскостным расстояниям фаз карбида вольфрама.

На рисунке 2в приведен HRTEM-снимок отдельной частицы карбида вольфрама размером около 30 нм. Объект имеет форму правильного многоугольника, который окружен оболочкой, предположительно, графитовой. Оболочка состоит из приблизительно 12-15 атомных слоев с межплоскостным расстоянием около 3,5 Å. Эта величина с учетом возможных погрешностей определения межплоскостного расстояния по HRTEM-снимку может быть отнесена к  $d_{002}=3,395$  Å фазы графита.



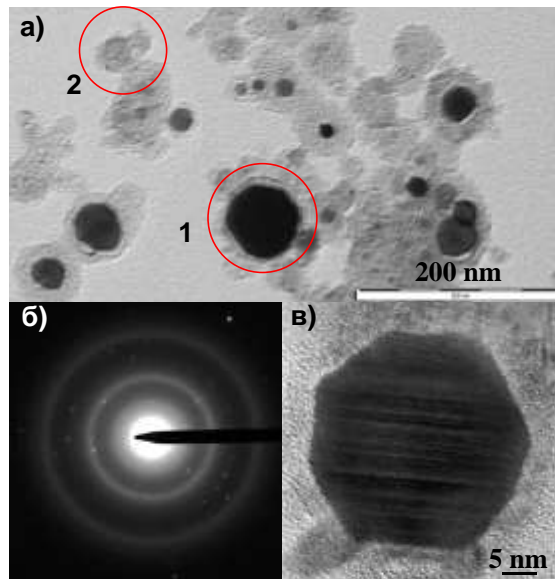


Рисунок 2. Типичные микроэлектронные снимки синтезированного продукта: а, в; картина дифракции электронов – б

По многочисленным ТЕМ-снимкам построены гистограммы распределения частиц по размерам. При этом учитывались объекты только первого типа (карбид вольфрама). Согласно гистограмме распределения частиц по размерам размер частиц практически не превышает 50 нм, а явно выраженный максимум распределения приходится на диапазон от 10 до 20 нм.

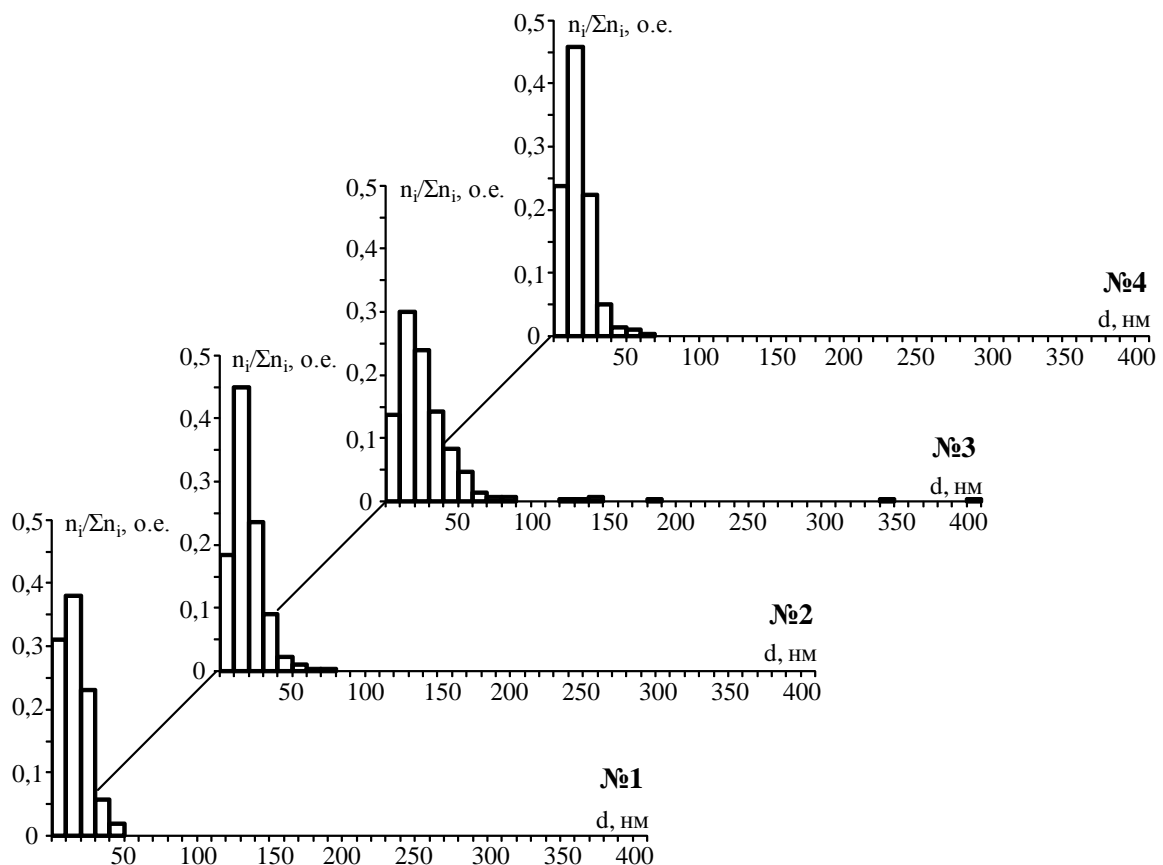


Рисунок 3. Гистограммы распределения частиц по размерам

В работе приведены результаты исследований продуктов плазмодинамического синтеза системы вольфрам-углерод для серии экспериментов. С помощью рентгеновской дифрактометрии

определены фазовые составы синтезируемых материалов: вольфрам W, карбиды вольфрама  $W_2C$  и  $WC_{1-x}$  и графит gC. Также рассчитаны количественные составы продуктов синтеза, согласно которым во всех опытах основную часть составляет нестехиометрическая фаза карбида вольфрама  $WC_{1-x}$  (более 96%). С помощью формулы Дебая-Шерера определены ОКР для каждого из опытов, которые находятся в диапазоне 38-64 нм. При этом согласно гистограммам распределения частиц по размерам явно выраженный максимум распределения приходится на диапазон от 10 до 20 нм. Так как в серии экспериментов размер ОКР превышает размеры частиц, формирующих максимум распределения, то можно утверждать, что средний размер частиц равен приблизительно равен ОКР.

#### Список литературы

1. Fernando Almeida Costa Oliveira, Bernard Granier, Jean-Marie Badie, Jorge Cruz Fernandes, Luis Gueerra Rosa, Nobumitsu Shohoji. Synthesis of tungsten sub-carbide  $W_2C$  from graphite/tungsten powder mixture by eruptive heating in a solar furnace// Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials.- 2007.- N 25.- P. 351-357.
2. Yongzhong Jin, Dongliang Liu, Xinyue Li, Ruisong Yang. Synthesis of WC nanopowders from novel precursors// Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials.- 2011.- N 29.- P. 372-375.
3. Harjinder Singh, Pandey O. P. Single step synthesis of tungsten carbide (C) nanoparticles from scheelite ore// Ceramics International.- 2013.- N 39.- P. 6703-6706.
4. Патент № 2431947 РФ. H05H 11/00, F41B 6/00. Коаксиальный магнитоплазменный ускоритель / Сивков А.А., Пак А.Я. Заявлено 30.04.2010; Опубликовано 20.11.2011, Бюл. №29.
5. Сивков А.А., Сайгаш А.С., Пак А.Я., Евдокимов А.А. Прямое получение нанодispersных порошков и композиций в гиперсверхзвуковой струе электроразрядной плазмы// Нанотехника.- 2009. - N 2(18).- С. 38-44.
6. Рентгенографический и электроннооптический анализ. Горелик С.С., Расторгуев Л.Н., Скаков Ю.А. Изд-во «Металлургия», 1970, 2-е изд., с. 366.
7. Курлов А.С., Гусев А.И. фазовые равновесия в системе W – C и карбиды вольфрама// Успехи химии. Т. 75.- 2006.- № 7.- С. 687-708.

## ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СУСПЕНЗИЙ НА ЭЛЕКТРОПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ

Юнда Е.Н., Годымчук А.Ю.  
eny@tpu.ru

*Научный руководитель: доцент, Годымчук А.Ю., ТПУ*

### Введение

Стремительное увеличение производства нанопорошков обуславливает неизбежный контакт человека и наночастиц в рабочих условиях, а также попадание нанообъектов в окружающую среду. В г. Томске суммарное производство нанопорошков достигает 2 т. в год, большую часть из которых составляют нанопорошки металлов [1]. Поэтому актуальным становится вопрос определения токсических свойств металлических наночастиц.

В экотоксикологии при определении токсичности гидробионтов обязательной является стадия приготовления суспензий наночастиц. При этом условия пробоподготовки наночастиц оказывают влияние на их токсичность. Согласно теории ДЛВО при попадании в жидкую среду на поверхности наночастиц образуется двойной электрический слой [2], и любое воздействие на систему будет сказываться на их электроповерхностных свойствах, а, следовательно, возможно, и на токсичности.

Разнообразие постоянно синтезируемых материалов, развитие новых способов их получения, малый размер получаемых наночастиц, высокая поверхностная энергия – все это затрудняет предсказание изменения свойств наночастиц при изменении условий окружающей их среды и способа обработки этой среды. Поэтому накопление информации о свойствах подобных дисперсных систем является актуальной задачей нанотехнологий, токсикологии, экологии и медицины. Истинный заряд наночастиц в тестовой среде зависит от выбора растворителя, условий обработки суспензий и других параметров [3]. Поэтому целью настоящей работы являлось определение влияния условий приготовления водных суспензий на электрокинетический потенциал металлических частиц.

## Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования были выбраны нанопорошки цинка (Zn), никеля (Ni) и алюминия (Al), полученные методом электрического взрыва (ООО «Передовые порошковые технологии», г. Томск). Суспензии с концентрацией 100 мг/л готовили на основе стандартного искусственного раствора поверхностных вод (OECD 203 medium, ISO 6341), состав которого представлен в табл. [4]. pH раствора выравнивали с помощью кислотно-основного титрования 0,95 %-ным раствором  $H_2SO_4$ . Нанопорошки добавляли к готовому раствору OECD 203 medium, после чего проводили обработку ультразвуком (УЗ) в течение 2 минут при мощности 30 мкВт/см<sup>2</sup>. Электрокинетический потенциал ( $\zeta$ -потенциал) наночастиц определяли в течение первой минуты после приготовления и взбалтывания суспензий с и без УЗ-обработки. Измерения проводили с помощью анализатора частиц ZetaPALS (Brookhaven Instruments, США), в основе работы которого лежит фазовый анализ рассеянного света (Phase Analysis Light Scattering).

Прибор оснащен стандартным красным диодным лазером мощностью 35 мВ с длиной волны 660 нм. Суспензию с помощью пипеточного дозатора переливали в пластиковую кювету объемом 1,25 мл. Каждое измерение проводили 5 раз. Одно измерение длилось приблизительно 30 секунд.

Таблица. Состав стандартного искусственного раствора поверхностных вод OECD 203 medium [4]

Реактив: формула, название	Содержание в растворе, мг/л
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$ , кальций хлористый двуводный	29,38
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , магний сернокислый, семиводный	12,33
$NaHCO_3$ , карбонат натрия однозамещенный	6,48
KCl, калий хлористый	0,58

## Результаты эксперимента и их обсуждение

На рис. представлены данные изменения  $\zeta$ -потенциала в суспензиях до и после обработки УЗ. Согласно полученным результатам обработка суспензии ультразвуком оказывала значительное влияние на значение  $\zeta$ -потенциала. В суспензиях наночастиц Zn и Ni изменяется знак заряда частиц с отрицательного на положительный: от -10 мВ до 15 мВ и от -18 мВ до 11 мВ для Zn и Ni соответственно. В суспензиях на основе наночастиц Al значение  $\zeta$ -потенциала изменяется от 6 мВ до 27 мВ.

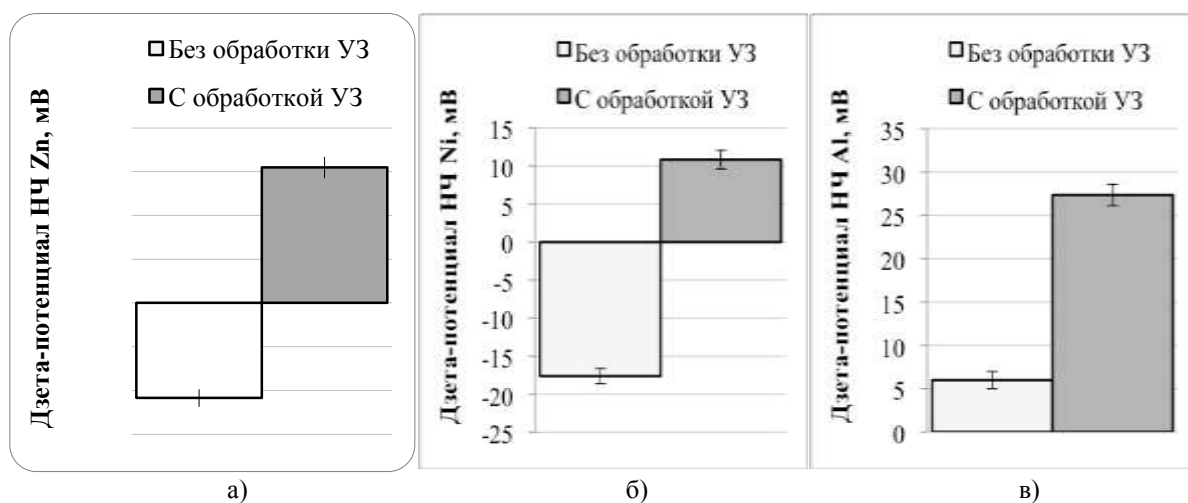


Рис. Изменение  $\zeta$ -потенциала наночастиц Zn (а), Ni (б) и Al (в) в суспензиях, приготовленных с воздействием УЗ и без обработки УЗ. Каждое значение является средним из пятикратного измерения.

Изменение значения  $\zeta$ -потенциала наночастиц можно объяснить следующим образом. В отношении наночастиц Zn и Ni можно предположить, что УЗ-воздействие на поверхность частиц способно интенсифицировать реакции окисления. В работе [5] показано, что на поверхности наночастиц цинка в растворах неорганических солей натрия происходит образование новой фазы, неотделяемой от поверхности. Другими словами, в растворах неорганических электролитов свойства металлосодержащих наночастиц деградируют, что свидетельствует об изменении состава наночастиц.

На наночастицах алюминия тенденция другая, что может быть связано с высокой химической устойчивостью данного нанопорошка, пассивированного тонким слоем  $Al_2O_3$ , препятствующего окислению металла, что согласуется с литературными данными [6]. Так или иначе, очевидно, что после УЗ-обработки суспензии наночастиц алюминия обладают большей электрокинетической устойчивостью.

Известно, что заряд наночастиц может способствовать проникающей способности в ткани и органы живого организма. Например, при попадании в эпителиальную ткань наибольший риск опасности возникает в случае контакта с положительно заряженными частицами, поскольку эпителий имеет отрицательный заряд, и большей проницательной способностью будет способствовать электростатическое притяжение. Поверхностный заряд побуждает электростатическое осаждение наночастиц на стенки легких при попадании с воздухом [7], влияет на распространение наночастиц через гематоэнцефалический барьер [8], а также в совокупности с другими параметрами частицы (размер, форма, состав) регулирует перемещение через эпителиальный и эндотелиальный слой клеток. С другой стороны, нейтральные частицы характеризуются меньшей способностью вступать в реакции с биообъектами и в некоторых случаях не способны вносить какие-либо изменения в систему.

Таким образом, существование поверхностного заряда способствует взаимодействию наночастицы с живыми организмами, что может иметь как положительный, так и отрицательный эффект. Характер воздействия как заряженных, так и незаряженных частиц будет определяться выбором экспериментальных условий, в том числе видом выбранных живых организмов.

#### Список литературы

1. ООО «Передовые порошковые технологии». Электронный ресурс, режим доступа: <http://www.nanosized-powders.com/about/>.
2. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии: учебное пособие. – М.: Химия, 1975. – 512 с.
3. Farre M., Gajda-Schranz K., Kantiani L., Barcelo D. // *Anal. Bioanal. Chem.*, № 393, p.81, (2009).
4. Series on testing and assessment, number 87: Report of the ring test and statistical analysis of performance of the guidance on transformation/dissolution of metals and metals compounds in aqueous media (transformation/dissolution protocol). – OECD. – 2008. – 106 p.
5. Е.Н. Юнда, А.Ю. Годымчук, А.А. Гусев, Д.В.Кузнецов, С.И. Сенатова. // *Нанотехнологии и охрана здоровья*, т. 5, № 2(15), С. 26, (2013).
6. Ляшко А.П. Особенности взаимодействия с водой и структура субмикронных порошков алюминия: Дисс. к.т.н. – Томск, 1988. – 178 с.
7. Oberdorster G. Biokinetics and effects of nanoparticles. In: Simeonova P., Opopol N., Luster M.I., eds. *Nanotechnology – Toxicological Issues and Environmental Safety*. NATO Science for Peace and Security Series – C:Environmental Security. New York: Springer Publishers, 2007. – pp. 15-51.
8. Lockman P.R., Koziara J.M., Mumper R.J., Allen D.D. // *J Drug Target.*, v. 12, № 9-10, p. 635, (2004).

# ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ И ФАЗОВОГО СОСТАВА ЧАСТИЦ ГЕТЕРОСТРУКТУР ZnO/ZnS, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ

Ажгихин М.И.

E-mail: ashg@sibmail.com

Научный руководитель: к.т.н. В.В. Ан

*Аннотация. В данной работе исследованы гетероструктуры ZnO/ZnS, полученные методом электроискрового диспергирования. Приведены результаты исследования морфологии и фазового состава и рассчитаны области когерентного рассеяния (ОКР) полученных порошков. Показано, что средний диаметр наностержней ZnS совпадает со значением ОКР.*

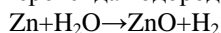
## Введение

Сульфиды и оксиды цинка являются перспективными материалами для использования их в качестве полупроводниковых материалов и люминофоров. Как известно, люминофоры – это синтетические вещества, способные преобразовывать различные виды энергии в световую [1]. В связи с данной способностью исследуемых веществ, является возможным их применение в качестве высоко эффективных электрооптических устройств: светоизлучающих диодов, лазеров и фотодиодов УФ-видимого диапазона, преобразователей солнечной энергии, сенсоров химических и биологических веществ, микро - и нанoeлектромеханических систем.

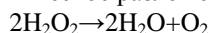
Целью данной работы является исследование морфологии и фазового состава гетероструктур ZnO/ZnS, полученных электроискровым методом в среде пероксида водорода.

В последнее время активно развивается метод получения оксидов металлов с помощью электроимпульсного диспергирования в жидких средах. Весьма интересным направлением является применение импульсного электрического разряда в слое металлических гранул, помещаемых в жидкую среду. При действии электрических импульсов в загрузке наблюдаются электрические разряды в виде искр по всему видимому объему. Вводимая энергия действует на электроды, и расположенные между ними металлические гранулы, приводя их к эрозии и образованию высокодисперсных частиц [2-4].

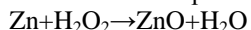
Получение оксида цинка может происходить несколькими возможными путями. Один из них – взаимодействие эродированного цинка с водой в процессе электроискрового диспергирования в среде пероксида водорода:



При диспергировании в среде пероксида водорода происходит его термическое и каталитическое разложение на поверхности металла:



Помимо этого происходит взаимодействие пероксида с эродированным цинком:



После разложения пероксида водорода происходит аэрация системы, благодаря чему процесс окисления металла проходит быстрее:



## Экспериментальная часть

Синтез частиц ZnO/ZnS осуществляли в сосуде из огнеупорного диэлектрического фарфора, на дно которого помещали цинковые гранулы диаметром около 5 мм и массой около 100 г, используемые в качестве проводящей загрузки. В сосуд опускали цинковые электроды и заливали 200 мл 40% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Электроды присоединяли к источнику импульсных токов с двухконтурной схемой со следующими характеристиками: длительность импульсов 10 мкс с частотой следования импульсов 100 Гц, напряжением 500 В и током первого полупериода импульса 250 А. По мере воздействия электрического тока на цинк добавляли в сосуд полученный методом СВС сульфид цинка массой 0,1 г. [5]. При обработке электрическим разрядом цинковых гранул, погруженных в рабочий раствор, происходит образование суспензии, состоящей из частиц эродированного металла, частиц ZnO/ZnS и раствора. В процессе электрического диспергирования происходит рост

наностержней сульфида цинка на поверхности частиц оксида цинка. Далее сушили полученный порошок в печи при температуре 60 °С.

Морфологию полученного порошка ZnO/ZnS исследовали на сканирующем электронном микроскопе JSM-7500FA (JEOL, Япония), фазовый состав – на рентгеновском дифрактометре XRD-7000S (Shimadzu, Япония) с  $\lambda = 1.54 \text{ \AA}$  (Cu K $\alpha$ ).

### Результаты и их обсуждение

Полученный продукт представляет собой порошок из сферических частиц оксида цинка, на поверхности которых находятся наностержни сульфида цинка. На рисунке 1 представлено изображение поверхности частицы ZnO с находящимися на ней наностержнями ZnS. На рисунке 2 представлена рентгенограмма порошка ZnO/ZnS.

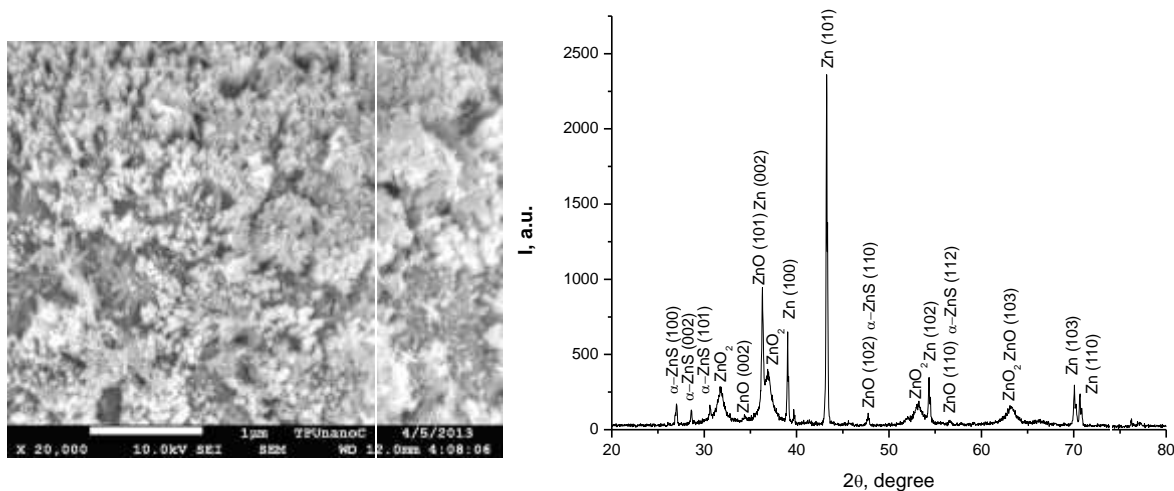


Рисунок 1. СЭМ-фотография наностержней ZnS на поверхности частиц ZnO

Рисунок 2. Рентгенограмма нанокomпозиционного порошка ZnO/ZnS

Исходя из значений диаметров наностержней, определенных по рисунку 1, была составлена гистограмма распределения диаметров наностержней ZnS (рисунок 3). Среднее значение длины наностержней находится в пределах от 190 до 210 нм.

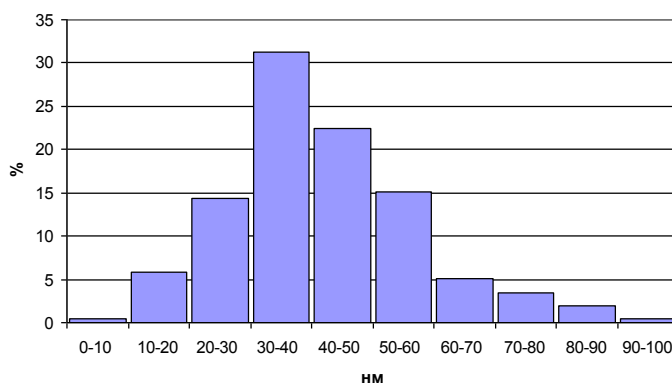


Рисунок 3. Гистограмма распределения диаметров наностержней ZnS

На гистограмме видно, что средняя толщина наностержней находится в диапазоне от 30 до 40 нм. Максимальная толщина наностержней составляет 100 нм.

Для полученных порошков были рассчитаны области когерентного рассеяния по формуле Селякова – Шеррера [6], исходя из результатов рентгенофазового анализа (рис. 2) и занесены в таблицу 1.

Таблица 1. Таблица расчета ОКР

Фаза	2 $\theta$ , град	Уширение линии, град	ОКР, нм	ОКР <sub>ср</sub> , нм
Zn	43,24	0,19	44,46	43,66
	36,31	0,24	34,44	
	39,04	0,16	52,08	
ZnO	36,31	0,24	34,44	34,34
ZnO <sub>2</sub>	36,88	0,88	9,41	10,45
	31,72	0,71	11,50	
ZnS	27,01	0,16	50,48	54,18
	28,60	0,14	57,89	

Как видно, среднее значение ОКР для ZnS совпадает со средним диаметром наностержней ZnS.

### Выводы

1. Исследованы процессы получения частиц оксида цинка, покрытых наностержнями сульфида цинка (ZnO/ZnS) методом электрического диспергирования в среде пероксида водорода.
2. Согласно результатам сканирующей зондовой микроскопии, конечный продукт представляет порошок, в котором на частицах оксида цинка находятся наностержни сульфида цинка.
3. Установлено, что средний диаметр наностержней ZnS находится в диапазоне от 30 до 40 нм, а длина – от 190 до 210 нм.
4. ОКР для наностержней ZnS составляет около 50 нм, что примерно соответствует величине их диаметра.

### Литература

1. Зефилов Н.С. Химическая энциклопедия. Издательство «Большая российская энциклопедия», М. Т. 2, С. 673, 1998.
2. Н.Б. Даниленко, Г.Г. Савельев, Н.А. Яворовский, Т.А. Юрмазова. Химические реакции, протекающие при электроимпульсном диспергировании железа в водных растворах // ЖПХ. 2008. Т. 81. Вып. 5. С. 768 – 773.
3. Н.Б. Даниленко, Г.Г. Савельев, Н.А. Яворовский, Т.А. Юрмазова, А.И. Галанов, П.В. Балухтин. Изучение состава и кинетики образования продуктов эрозии металлической загрузки электроразрядного реактора // ЖПХ. 2005, Т. 78. Вып. 9. С. 1463 – 1468.
4. А.И. Галанов, Т.А. Юрмазова, В.А. Митькина, Г.Г. Савельев, Н.А. Яворовский, Г.Л. Лобанова. Магнитные наночастицы, получаемые электроимпульсным методом, их физико-химические свойства и взаимодействие с доксорубицином и плазмой крови // Перспективные материалы. 2010. №4. С. 49-55.
5. А. Г. Мержанов. Проблемы горения в химической технологии и металлургии. // Успехи химии. – 1976. – Т. 45. – № 5. – с. 826.
6. Рентгеновская дифрактометрия поликристаллов. Методические указания к лабораторным работам по диагностике материалов. – Санкт - Петербург, 2010.

## **СЕКЦИЯ 4. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ**

### **БРАУЗЕРНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ И ЛИЧНОСТНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ.**

Казиев А.Б., Стучков А.В., Тимошин Н.В.  
E-mail: mutalisk22@mail.ru

Компетенция – это способность применять знания, умения, успешно действовать на основе опыта при решении задач общего рода, также в определенной широкой области.

Что же дает людям и в частности, студентам, оценка компетенций? Оценка компетенций позволяет оцениваемым получать объективную обратную связь о своей деятельности. В свою очередь, обратная связь позволит адекватно оценивать собственные способности и возможности, развиваться и работать максимально эффективно. На этапе обучения в вузе человеку особенно важно получать объективную оценку своих компетенций, ведь каждый день он принимает огромное количество информации и испытывает свои способности, тем более студент Элитного Технического Образования.

Студенты будут эффективно использовать предоставленные им оценки, если каждый будет иметь доступ к собственной «карте» компетенций, где будут отображены самооценки, цели и собственно, оценки извне.

Таким образом, возникает потребность в создании программных средств для эффективного мониторинга, оценки и контроля уровня развития навыков каждого студента. Разработка описанного ниже приложения и призвана удовлетворить эту потребность в рамках Элитного Технического Образования ТПУ, а в перспективе не только в ней. В отделе Элитного Образования оценкой компетенций занимается образовательное бюро «ИНТЕНТО». Первоначальные этапы разработки пройдут с ними в тесном сотрудничестве.

Браузерное приложение является частью конкретной информационной системы (сайта) и тесно взаимодействует с её базами данных, в частности, посредством привязки к профилям пользователей. Пользователи, в свою очередь, делятся на сотрудников/студентов, навыки которых подлежат мониторингу и оценке, и администраторов, которые производят оценку по итогам мероприятий или иного взаимодействия со студентами.

Основными элементами браузерного (встраиваемого в интернет-страницу) приложения являются:

1. Круг навыков, отображающий оценку, самооценку и желаемый уровень всех выбранных пользователем навыков в удобной и наглядной форме;
2. Временная шкала, позволяющая просматривать прошлые состояния круга навыков, а также отслеживать динамику изменения показателей конкретного навыка на графике;
3. База навыков, которая содержит все возможные для выбора навыки и чьё содержимое корректируется администраторами информационной системы;
4. База внутренних сообщений приложения, дающая пользователю рекомендации, обратную связь администраторов, справку и системные сообщения.

Таким образом, студенты, пользуясь приложением, имеют следующие возможности:

1. Выбирать из общей базы навыков те, которые считают необходимыми для своего личного или профессионального развития;
2. Производить самооценку уровня своего владения навыками по трёхбалльной системе (склонность, умение, компетенция) и фиксировать её значения на круге навыков;
3. Получать оценку своего владения навыками от администраторов по трёхбалльной системе, которая будет зафиксирована на круге навыков;
4. Фиксировать на круге навыков желаемый уровень развития навыков по трёхбалльной системе;



5. Просматривать прошлые состояния круга навыков при помощи выбора одной из его версий посредством временной шкалы, что является составной частью функции мониторинга развития навыков;

6. Переходить в режим просмотра графика, на котором отображаются оценка, самооценка и желаемый уровень развития одного конкретного навыка, что также является частью функции мониторинга. Временной период, отображаемый графиком, также регулируется временной шкалой;

7. Получать автоматические рекомендации приложения на основе всех трёх показателей навыков по мере возникновения в системе новых новостей и событий;

8. Получать рекомендации администраторов посредством внутренних сообщений приложения;

Администраторы, в свою очередь, имеют следующие возможности:

1. Производить оценку навыков всех зарегистрированных студентов по трёхбалльной системе посредством фиксирования значений в специальной таблице;

2. Оценивать уровень полезности возникающих в системе новостей и событий с точки зрения определённых навыков для анализа системы автоматических рекомендаций приложения;

3. Отправлять студентам собственные рекомендации различного рода;

В силу выполнения вышеописанных функций, приложение является высокоэффективным инструментом контроля развития личностных и профессиональных навыков студентов, зарегистрированных в информационной системе, посредством их мониторинга, оценки и генерации рекомендаций. Высокая наглядность и лёгкость приложения в освоении способствует максимальному вовлечению в работу системы всех зарегистрированных пользователей.

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КРАН-БАЛКОЙ**

Котов М.Г., Курганкин В.В.

E-mail: maksim.schwert.2@gmail.com

*Научный руководитель: к.т.н., доцент каф. АиКС, Замятин С.В., ТПУ*

В настоящее время во многих технологических сферах и областях промышленности применяются системы автоматического управления (САУ). Они поддерживают или улучшают функционирование управляемого объекта без непосредственного участия человека в соответствии с заданной целью управления.

Цель работы – разработка и реализация системы управления кран-балкой на базе микроконтроллера без помощи пульта управления. Для выполнения заданной цели мною были выполнены следующие задачи:

- ознакомление с сервоприводами;
- создание программатора из отладочной платы STM32-Discovery для встраиваемого модуля «Махаон» фирмы Терраэлектроника (TE-STM32F103) [1];
- с помощью встраиваемого модуля «Махаон» были созданы программы для общения с сервоприводами по CAN-интерфейсу, для обмена данными с компьютером через интерфейс передачи данных UART [2];
- была создана программа с удобным интерфейсом и достаточным функционалом на языке C# для обмена сообщениями по UART-интерфейсу;
- создание пульта управления, а также аварийных кнопок выключения (как программных кнопок «стоп», так и сетевой кнопки включения/выключения);



*Рисунок 1. Учебно-лабораторный стенд*

Система управления кран-балкой заключается в перемещении груза без помощи пульта управления. На пульте управления оставили только 4 кнопки: для перехода между автоматическим и ручным режимами, программный аварийный стоп, а также кнопки поднятия и опускания груза в ручном режиме.

Принцип работы системы управления заключается в следующем: в начальное время груз находится в подвешенном состоянии. При нажатии на кнопку «автоматический режим» микроконтроллер считывает данные с датчиков и принимает их за нулевое состояние. Затем прикладываем небольшие усилия для отклонения груза в необходимую сторону - куда нужно будет его переместить. Трос, на котором висит груз, отклоняет резистивные датчики перемещения, сигнал с которых принимает микроконтроллер. Далее с микроконтроллера поступает сигнал на сервоприводы и они перемещают каретки в нужном направлении до тех пор, пока груз снова не окажется в вертикальном положении. На тросе находится резистивный датчик натяжения, с помощью которого можно измерить вес груза, а также определить, нужно ли перемещать груз в вертикальной оси.

Сервопривод, работающий для поднятия и опускания груза в вертикальной оси работает через интерфейс STEP/DIR. Три других – для перемещения груза в горизонтальной плоскости – через CAN-интерфейс. Использование CAN-интерфейса позволяет избежать движения рывками, потерей данных и других проблем, вызванных с большими помехами сигналов при передачи их на дальние расстояния.

В настоящий момент система управления работает, однако только в демо-режиме – на линейных регуляторах. Дальнейшим развитием данной системы управления будет разработка для учебно-лабораторного стенда робастного регулятора, который позволит стабилизировать работу кран-балки при разных нагрузках [3].

#### Список литературы

1. Руководство пользователя. ST Microelectronics. High-density performance line ARM-based 32-bit MCU. Geneva, p. 130 (2011)
2. Руководство пользователя. Встраиваемый модуль TE-STM32F103 "Махаон" от Терраэлектроники на базе нового 32-разрядного микроконтроллера с ядром Cortex-M3. 2009 г.
3. Замятин С.В. Анализ и синтез систем управления с интервальными параметрами на основе корневого подхода. – Томск: ТПУ, 2007. 143с.

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ МОТИВАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Аршинский О.С.  
E-mail: velet5@ya.ru

*Институт Космических и Информационных Технологий Сибирского Федерального  
Университета*

## *Введение*

Мотивация, занимая ведущее место в структуре личности, является одним из основных понятий, которое используется для объяснения движущих сил поведения и деятельности.

Потребность служит внутренним побудителем любой деятельности. Цель в качестве компонента мотивационной сферы в исследованиях психологов определяется как то, что характеризует направленность активности человека на промежуточные результаты достижения предмета потребности [1].

Социальная сеть — платформа для построения, отражения и организации социальных взаимоотношений. Она состоит из совокупности социальных акторов и набора связей между ними. В качестве социальных акторов могут выступать индивиды, социальные группы, организации, города, страны. Под связями понимаются не только коммуникационные взаимодействия между акторами, но и связи по обмену различными ресурсами и деятельностью, включая конфликтные отношения [2].

## *Актуальность*

В качестве источника мотивации в современном информационном пространстве можно использовать механизм социальной сети.

Человек заинтересован в достижениях людей, с которыми он знаком лично (в социальной сети большую долю списка контактов пользователя составляют его знакомые из повседневной жизни). Эти достижения служат побуждающим фактором для действия самого человека.

Основываясь на этих заключениях, было сделано предположение, что специализированная социальная сеть может повысить уровень мотивации и улучшить показатели студентов.

Был проведен анализ 15 популярных на сегодняшний день социальных сетей. В большей степени удовлетворяющими наши цели оказались сервисы Twitter и Instagram. Механизм обмена информацией в этих сервисах наилучшим образом подходит для повышения уровня мотивации. Однако в этих социальных сетях большая часть контента носит развлекательный характер.

Следует отметить, что по инициативе студентов или отдельных преподавателей социальные сети (например, «В Контакте») используются в образовательном процессе в некоторых вузах. Однако их использование в основном ограничивается созданием интернет-сообщества для обмена информацией.

Целью же разработки социальной сети для обмена достижениями является повышение мотивации студентов к учебной деятельности.

## *Реализация*

Для достижения поставленной цели была разработана социальная сеть обмена достижениями. При разработке были приняты во внимание характерные особенности сервиса Instagram.

Основные функциональные возможности разработанной социальной сети:

- Регистрация и создание собственного профиля;
- Добавление достижений;
- Возможность следить за обновлениями профилей и достижений других пользователей;
- Возможность комментировать и отмечать как понравившиеся достижения других пользователей;
- Возможность составлять списки достижений «на будущее».

Каждое достижение, опубликованное пользователем, содержит фотографию, сделанную в момент публикации. Поэтому полнофункциональный клиент для социальной сети разработан только для мобильных телефонов.

#### *Технические особенности*

Социальная сеть была реализована на основе MVC-фреймворка Play! 2.0, который направлен на создание расширяемых веб-приложений и сервисов.

Чтобы обеспечить наибольшую производительность и возможность роста приложения для разных целей были использованы базы данных: реляционная MySQL и нереляционные Redis и MongoDB.

Клиент для пользования социальной сетью реализован в качестве мобильного приложения для операционной системы Android.

Так как реализованная социальная сеть предоставляет RESTful API, то возможна реализация клиентов для любых платформ, поддерживающих протокол HTTP [3].

#### *Эксперимент*

Педагогический эксперимент, проводился на базе института космических и информационных технологий ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». Эксперимент проводился в 2013-2014 гг. В эксперименте принимали участие 38 студентов 2012 года набора очного отделения по направлению «Информационные системы и технологии», которые были поделены на 2 группы по результатам первого этапа эксперимента. Первая группа – экспериментальная, вторая – контрольная.

Задачей эксперимента являлось исследование влияния использования разработанной социальной сети на следующие показатели студентов: срок сдачи лабораторных работ, оценка, полученная за лабораторную работу.

Первая часть эксперимента, проводившаяся в период с июня по сентябрь 2013 года, заключалась в сборе и анализе статистических данных образовательного процесса, полученных из системы электронных курсов по студентам 1 курса (2012 года набора). Анализировались данные по лабораторным работам студентов, по следующим критериям: срок сдачи с момента доступности лабораторной работы в системе электронных курсов, полученная оценка.

Вторая часть эксперимента, заключалась в использовании разработанной социальной сети студентами экспериментальной группы. Контрольная группа продолжала обучение без изменений в образовательном процессе. Данный эксперимент продолжался в течение осенней сессии 2013-2014 учебного года. Студенты делились информацией о сдаче лабораторных работ в социальной сети.

На третьем этапе (февраль 2014 г.) проводился анализ показателей студентов экспериментальной и контрольной групп; проверка гипотезы о статистической значимости различий результатов контрольных показателей обеих групп. Значения контрольных показателей взяты из системы управления курсами. Для определения достоверности результатов эксперимента использован критерий Вилкоксона-Манна-Уитни.

По результатам эксперимента можно говорить о том, что различия показателя «оценка» не были статистически значимыми, поэтому мы не можем говорить о влиянии использования разработанной социальной сети на этот показатель. Различия показателя «срок сдачи» были статистически значимыми, поэтому можно говорить о влиянии использования социальной сети на этот показатель.

#### *Заключение*

Применение разработанной социальной сети дало положительные результаты, однако не решило всех поставленных задач.

В настоящее время ведётся работа над доработкой социальной сети, внедрением и тестированием новых функциональных возможностей.

## Список литературы

1. Архипова М. В. Проблема мотивации: прошлое и настоящее // Актуальные вопросы современной психологии: материалы междунар. науч. конф. (г. Челябинск, март 2011 г.). — Челябинск: Два комсомольца, 2011. — С. 7-10.
2. Чураков А.Н. Анализ социальных сетей // Социс, 2001. - № 1. - С. 109-121
3. R.T. Fielding. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures // University of California: Диссертация – Irvine, 2000.

## СИСТЕМА ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ СТУДЕНТОВ ИК ТПУ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ

Арышева К.С.

E-mail: ksendart@yandex.ru

*Научный руководитель: Вахитов А.Р., к.т.н., начальник отдела информационно-технического обеспечения ИК ТПУ*

### Преподаватель глазами студента

В последнее время появляется множество публикаций о повышении качества образования и самого образовательного процесса. Хотя в основном затрагивается лишь оценка индивидуальных достижений обучающихся, большое значение имеют сама характеристика образования, профессиональная подготовка специалистов, внутренний мониторинг образовательного процесса и, конечно, личная оценка со стороны студентов. Главной целью данной системы является повышение качества образовательного процесса. Работа системы может быть представлена следующей схемой (рис.1).

В соответствии с этой схемой, работа системы состоит из трех этапов: оценка деятельности преподавателей, анализ, принятие управленческих решений. [1].

Оценка деятельности преподавателя состоит из нескольких частей, одна из которых оценка профессиональной деятельности и самооценка, а другая – оценка со стороны студента. Второй этап включает в себя анализ результативности деятельности каждого преподавателя. По оценке, полученной в ходе анкетирования студентов, выявляются сильные и слабые стороны в деятельности преподавателя и используются при проведении SWOT-анализа. На третьем этапе по результатам SWOT-анализа вырабатывается политика развития института, обозначение преимуществ, возможностей и постановка новых целей. Подобные системы оценки учебного процесса существуют и активно используются во многих университетах страны, и мнение студентов имеет существенное значение. Основным критерием качества образования является соответствие потребностям личности студента [1].



Рис.1 Схема работы системы

### Система оценки

Данная система спроектирована для осуществления внутреннего мониторинга образовательного процесса. Такой способ оценки качества образования включает в себя проведение регулярного анкетирования студентов. Вопросы анкеты касаются качества преподавания, объективностью оценки преподавателя, описания самого процесса образования и т.д. На каждый вопрос студенту предлагается несколько вариантов ответа, отражающих его отношение к аспекту деятельности, затронутого в вопросе. По результатам анкетирования, через специально разработанную систему оценок, выстраивается рейтинг преподавателей, отвечающих требованиям студента. Кроме того система позволяет получить информацию о том, какой из аспектов деятельности лучше представлен в учебном процессе, а на что руководству института следует обратить внимание. Таким образом, можно провести анализ учебного процесса и выявить его сильные и слабые стороны, провести анализ деятельности преподавателей и разработать соответствующую политику управления институтом.

### Этапы проектирования системы

На первом этапе разработки были выявлены основные роли, используемые в системе, и сценарии вариантов использования: авторизация, анкетирование и просмотр статистики. Авторизация в системе была предусмотрена для двух основных ролей: студент и администратор. Затем была проанализирована предметная область для выявления основных сущностей, управляющих и граничных элементов. На основе анализа предметной области были выявлены основные классы проектирования, отношения между ними и основные методы, реализующие требуемый функционал.

### Реализация системы

Данная система представляет собой веб-приложение. Такой способ реализации обеспечивает доступность для конечного пользователя и позволяет реализовать весь необходимый функционал как для анкетирования, так и для анализа данных. Для реализации системы был выбран язык скриптового программирования *PHP*, поддерживающий объекты и их атрибуты, приведенные на рисунке (рис. 2).



Рис. 2 Основные объекты системы

Особое значение имеет представление в базе данных результатов анкетирования. Необходимыми функциями системы являются выборка определенных данных, их сортировка и предоставление статистических отчетов различного вида.

Все данные, используемые в системе, предоставляются Единой информационной средой ТПУ (ЕИС). ЕИС содержит необходимую информацию по студентам ТПУ, принимающим участие в работе системы, преподавателям и текущим дисциплинам. Все результаты, получаемые в ходе работы системы, также хранятся в ЕИС ТПУ. Для обеспечения работы с данной средой используется

библиотека *PDO (PHP Data Object)*, позволяющая представлять все данные в системе сразу в виде объектов с определенным набором свойств независимо от используемой СУБД.

Для удобства реализации системы используется конструкционный паттерн *MVC (Model-view-controller)*, обладающий большим количеством преимуществ.

#### **Паттерн MVC**

Данный паттерн является архитектурным шаблоном, который описывает способ построения веб-приложения, определяя сферы ответственности и взаимодействия каждой из частей структуры приложения (рис. 3) [2].



Рис.3 Паттерн MVC

На представленном рисунке отражена основная идея данного шаблона. Все веб-приложение разделяется на три основных компонента, каждый из которых ограничен от другого и выполняет свой список задач. Модель отвечает за управление данными. Представление несет ответственность за отображение данных, поступающих от контроллера. Контроллер выступает связующей частью между моделью и представлением. Именно он получает запрос от клиента, анализирует его параметры, по которым формируется модель данных и способ представления этих данных. Все данные адресуются представлению и отображаются пользователю в виде *HTML*-страниц.

#### **Резюме**

Цель данной работы – создание системы оценки степени удовлетворенности студентов Института кибернетики ТПУ учебным процессом. Данная система позволяет проводить мониторинг качества образования, выявлять сильные слабые стороны учебного процесса и разрабатывать более эффективную стратегию развития. В настоящий момент система активно используется учебным отделом ИК ТПУ.

#### **Литература**

1. Дендеберя Н.Г. «Система оценки качества профессорско-преподавательского состава», Сборник материалов шестой Всероссийской научно-практической конференции Гильдии экспертов в сфере профессионального образования, Москва, 2011.
2. Обобщенный Model-View-Controller [2013]. URL:<http://www.rsdn.ru/article/patterns/generic-mvc.xml> (дата обращения: 20.09.2013).

# НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Ахмадеева Р.З.  
admwel@yandex.ru

*Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Дмитриев В.Л.,  
Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета*

## Введение

В настоящее время количество автомобилей в городах возрастает большими темпами, при этом схема дорожно-транспортной сети, организация движения не меняются в течении десятилетий. В результате возникают транспортные заторы, снижается безопасность дорожного движения. Перечисленные проблемы, обычно, решаются следующим образом: строятся объездные дороги, изменяется система организации движения, вводится светофорное регулирование на ранее нерегулируемых перекрестках. Однако, данные мероприятия, как правило, предполагают несколько вариантов реализации, и отбор наиболее эффективного проекта является крайне трудной задачей. Поэтому создание программного комплекса, способного оценить эффективность планируемых мероприятий по модернизации улично-дорожной сети, а также выявить потенциально проблемные участки является актуальной и востребованной задачей на сегодняшний день.

Автор статьи работает над созданием приложения, способного моделировать процесс движения транспортных средств согласно правилам дорожного движения, с учетом знаков дорожного движения и дорожной разметки, пешеходных переходов, регулируемых и нерегулируемых перекрестков. Но, как известно, любая программа, моделирующая поведение реальной системы, должна разрабатываться на основе математической модели данной системы, поэтому в данной статье приводится общая модель системы и некоторые подходы к созданию подобной программы.

Модели динамики транспортных потоков принято делить на три класса: макроскопические, кинетические и микроскопические [1]. Макроскопические модели описывают поведение целого транспортного потока, а микроскопические моделируют движение отдельного автомобиля.

Существуют и программные комплексы, имитирующие движение транспортных потоков [2, 3]. Каждая программа имеет свои особенности, достоинства и недостатки.

Объектом моделирования в общем случае является сложная система дорожного движения, состоящая из автомобилей и элементов дорожной сети (перекрестки, знаки дорожного движения). Все указанные элементы постоянно взаимодействуют между собой. Построить алгоритм, реализующий правила поведения одного транспортного средства, гораздо проще, а так как известны правила взаимодействия с другими автомобилями, дорожной разметкой и знаками дорожного движения, то несложно разработать алгоритм, имитирующий поведение всей системы. Если в процессе дальнейшего наблюдения за реальной системой будут уточняться или изменяться некоторые правила поведения или взаимодействия между элементами системы, то их учет можно выполнить, изменив соответствующий алгоритм, без существенной модификации всей модели.

Таким образом, имитационное микроскопическое моделирование может представлять собой многоагентную систему. А при компьютерной реализации удобно использовать методику объектно-ориентированного программирования.

## Проектирование дорожно-транспортной сети

Существуют программы, требующие построения улично-дорожной сети. В основном, данный процесс отнимает много времени и является трудоемким. Предлагается использовать следующий подход при построении дорожной карты: условно поделить дорожную сеть на элементы (сегменты), из которых она состоит, и строить карту из данных сегментов. Например, можно выделить следующие элементы: прямолинейный участок дороги, перекресток, знак дорожного движения. Поле, на котором строится дорожно-транспортная система, предлагается разделить на условные ячейки одинаковой длины и ширины, пропорционально размерам элементов, затем расставлять необходимые сегменты дороги в нужном порядке. Для каждого сегмента ввести соответствующее уникальное обозначение, хранящееся в памяти компьютера, например, в массиве «Карта». Тогда



автомобиль при движении будет обращаться к элементам массива «Карта», сопоставлять свою координату с номером ячейки, и, следовательно, знать по какому участку дороги автомобиль движется в данный момент времени и что ожидает его впереди, например, перекресток или знак ограничения скорости. Таким образом, можно построить практически любую схему улично-дорожной сети.

Например, схеме дорожной сети может соответствовать следующий массив:

$$\begin{pmatrix} R1 & R1 & - & - & - & R3 & R3 & - & - \\ R1 & R1 & - & - & - & R3 & R3 & - & - \\ C1 & C1 & R2 & R2 & R2 & C1 & C1 & R2 & R2 \\ C1 & C1 & R2 & R2 & R2 & C1 & C1 & R2 & R2 \\ R1 & R1 & - & S30 & - & R3 & R3 & - & - \\ R1 & R1 & - & - & - & R3 & R3 & - & - \\ R1 & R1 & - & - & - & R3 & R3 & - & - \end{pmatrix}$$

Здесь R – полосы автомобильной дороги, C – перекресток, S – дорожный знак (например, ограничения скорости).

### Моделирование динамики транспортного средства

В рамках микроскопической модели каждый автомобиль определяется в данный момент времени  $t$  своими координатами  $(x_i, y_i)$  в пространстве, габаритными размерами, скоростью  $\vec{v}_i(t)$ , а также ускорением  $\vec{a}_i(t)$ , где  $i$  - номер автомобиля.

Основной объект моделирования – автомобиль, определяется набором следующих характеристик [4, 5]:

- тормозной путь автомобиля со скорости 100 км/ч до 0 км/ч;
- максимально допустимая скорость движения;
- максимально возможное ускорение автомобиля;
- ускорение при экстренном торможении;
- время разгона до 100 км/ч;
- время реакции водителя;
- скорость движения автомобиля в данный момент времени;
- текущее ускорение автомобиля, с учетом обстановки на дороге;
- координата в пространстве;
- стиль езды (медленный, нормальный, активный, спортивный);
- тип поддерживаемой дистанции (безопасно, близко или очень близко).

Предполагается, что параметры могут быть выбраны индивидуально для каждого автомобиля, что позволит учитывать индивидуальные характеристики водителей и транспортных средств.

Ускорение автомобиля определяется состоянием соседних автомобилей, при этом основное влияние оказывает непосредственно предшествующий автомобиль, что характерно для моделей «следования за лидером».

Основными факторами, определяющими ускорение  $i$ -го автомобиля, являются:

- скорость данного автомобиля относительно предшествующего автомобиля  $\Delta v_i(t) = v_i(t) - v_{i-1}(t)$ ;
- собственная скорость автомобиля  $v_i(t)$ , которая определяет безопасный интервал для движения;
- дистанция до лидирующего автомобиля  $d_i(t) = x_{i-1}(t) - x_i(t)$ .

Дополнительно, в указанной модели ускорение также зависит и от времени реакции водителя  $\tau$ , от стиля вождения и типа поддерживаемой дистанции.

При этом максимальная скорость и ускорение автомобиля зависят от стиля вождения следующим образом [4]:

- медленный:  $v_{\max} = \left\{ 0 \dots \frac{1}{3} v \right\}$ ,  $a = \frac{a_{\max}}{3}$ ;

$$- \text{нормальный: } v_{\max} = \left\{ \frac{1}{3}v \dots \frac{2}{3}v \right\}, a = \frac{2}{3}a_{\max};$$

$$- \text{активный: } v_{\max} = \left\{ \frac{2}{3}v \dots v \right\} a = a_{\max};$$

$$- \text{спортивный: } v_{\max} = v, a = a_{\max};$$

Здесь  $v_{\max} = \{av \dots bv\}$  означает, что скорость может принимать любое значение в диапазоне от  $av$  до  $bv$ ,  $v$  – максимально допустимая скорость движения данного автомобиля,  $a_{\max}$  – максимально возможное ускорение, которое также задается отдельно для каждого автомобиля.

На каждом шаге, агент-автомобиль анализирует состояние окружающей среды и принимает решение, согласно заложенному алгоритму действий. Например, алгоритм проезда нерегулируемого перекрестка представлен в работе [6].

При программировании системы дорожного движения удобно использовать принцип объектно-ориентированного программирования – определить основные классы модели и описать основные свойства и методы. При этом основным классом модели является класс «Автомобиль», реализующий механизм поведения основного объекта моделирования. Остальные классы, скорее всего, будут носить вспомогательный характер и описывать свойства и методы элементов улично-дорожной сети: класс «Светофор», класс «Пешеходный переход», класс «Перекресток».

### Заключение

Программа, разработанная на основе приведенных методов, позволяет построить практически любую схему городской дорожной сети, добавить автомобиль или входной транспортный поток, позволяя смоделировать любую дорожную ситуацию, рассмотрев ее в реальном времени. Подобная система может служить хорошим инструментом для организации дорожного движения, позволяя анализировать и прогнозировать состояние транспортной сети.

### Литература

1. Швецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков // Автоматика и телемеханика. - 2003. - № 11. - С. 3-46.
2. Кузин М.В. Программное обеспечение для имитационного моделирования координированного управления транспортными потоками. Математические структуры и моделирование. - 2008. - № 18. - С. 46-50.
3. Трунин В.В., Романов А.Н. Компьютерное имитационное моделирование как способ решения транспортных проблем в городах // Молодой ученый. - 2011. - Т. 3. - № 4. - С. 133-136.
4. Дмитриев В.Л., Ахмадеева Р.З. Некоторые подходы к моделированию динамики транспортных потоков // Сборник статей II Международной заочной научно-технической конференции «Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2012)». Ч.1. Тольятти: Изд-во Поволжского гос. ун-та сервиса, 2012. – С. 135-141.
5. Евдокимова Н.Л., Дмитриев В.Л. Имитационное моделирование движения автомобилей на участке автострды // Сборник статей III Международной заочной научно-технической конференции «Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2013)». Тольятти: Изд-во Поволжского гос. ун-та сервиса, 2013. – С. 136-140.
6. Никитин А.С., Чураков М.Ю., Шалыто А.А. Применение автоматного программирования для имитационного моделирования разъезда машин на нерегулируемом перекрестке равнозначных дорог // Труды международной конференции ИММОД-2007. - С. 296-301.

# ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ ГЕНЕРАТОРА МОЩНОГО СВЕРВЫСОКОЧАСТОТНОГО СИГНАЛА

Волков А.В.

E-mail: a.volkov.tomsk@gmail.com

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, Буркин Е.Ю., НИ ТПУ*

Магнетроны нашли широкое применение в приборах для генерации колебаний сверхвысокочастотного излучения большой мощности. Они используются, в основном, в передатчиках радиолокационных станций, в ускорителях заряженных частиц и для высокочастотного нагрева. В результате совместного действия электрического и магнитного полей на потоки электронов в магнетронах возникает генерация колебаний высокой частоты.

Существуют магнетроны, работающие на фиксированной частоте, и настраиваемые магнетроны, в которых изменяется собственная частота резонаторов. С этой целью для получения более коротких волн в резонаторы вводят медные цилиндры, которые уменьшают индуктивность, а для получения более длинных волн — металлические пластинки, увеличивающие электроемкость. Такие методы дают изменение частоты не более чем на 10—15%.

В данной работе решалась задача автоматической подстройки частоты магнетрона путём изменения расстояния между пластинами резонатора. Изначально для подстройки частоты применялся ручной механизм, который подгибал или отгибал одну из пластин. Это не позволяло в автоматическом режиме настроить магнетрон на резонансную частоту и удерживать её, так как в процессе работы резонансная частота может несколько изменяться.

Для решения подобных задач используют системы экстремального регулирования (СЭР), которые способны находить и удерживать экстремальное значение некоторого параметра, характеризующего качество функционирования данного объекта [1, 2]. Определяющим обстоятельством в рассматриваемой системе является метод поиска экстремального значения функции. Для нахождения экстремума следует найти такое значение управляющего параметра ( $x = x_0$ ) при котором функция  $U = \Phi(x)$  максимальна, чему соответствует условие:

$$\frac{dU(x_0)}{dx} = 0. \quad (1)$$

В нашем случае непосредственно измерить производную (1) не представляется возможным и поэтому она заменяется производными выходной и входной координат по времени:

$$y = \frac{dU}{dt} \quad \text{и} \quad z = \frac{dx}{dt} \quad (2)$$

С целью определения этих производных параметр  $x$  при помощи регулирующего органа принудительно изменяется с постоянной скоростью, т.е. осуществляется непрерывный независимый поиск. В зависимости от расположения выходной координаты  $U$  на характеристике  $U(x)$  и направления изменения параметра  $x$  (рис. 1) возможны четыре варианта знаков производных, отраженные в табл. 1. Варианты 1 и 3 указывают на то, что координата  $U$  приближается к экстремуму, варианты 2 и 4 — к удалению от него, т.е. неправильному направлению движения. Поэтому при вариантах 2 и 4 следует произвести реверс регулирующего органа, т.е. поменять направление изменения координаты  $x$ .

Таблица 1. Возможные варианты знаков производных и направления движения

Номер варианта	$z = dx/dt$	$y = dU/dt$	Оценка движения
1	+	+	Правильно
2	+	-	Неправильно
3	-	+	Правильно
4	-	-	Неправильно

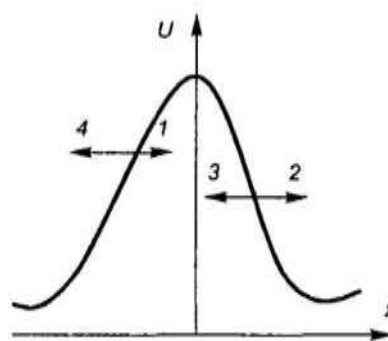


Рис. 1. Характеристика  $U(x)$  и направления изменения параметра  $x$

В рассматриваемой экстремальной системе различают два этапа работы: поиск экстремума и удержание управляемого параметра относительно найденного экстремального значения. После нахождения экстремума система продолжает функционировать, непрерывно отслеживая возможные флуктуации управляемого параметра. Это приводит к автоколебаниям относительно экстремума, что обуславливает амплитудную модуляцию управляемого параметра. Частота и амплитуда этих автоколебаний максимально уменьшаются благодаря специальному алгоритму, который постепенно уменьшает шаг управляющего параметра и увеличивает временной интервал между шагами, после нескольких последовательных смен направления регулирующего органа. Таким образом, система переводится в режим удержания экстремума. Если величина управляемого параметра значительно меняется в таком режиме, то система снова переходит в режим поиска.

Для обеспечения обратной связи используется датчик излучения. Электрический сигнал на выходе датчика прямо пропорционален мощности излучения после резонатора и имеет амплитуду 100 мВ при частоте сигнала 10 кГц и длительности импульса 1 мкс. Недостаточно точное измерение амплитуды импульса может привести к ложным реверсам управляющего органа, вследствие этого увеличится время поиска экстремума. Для повышения точности измерений было решено использовать двухкаскадный пиковый детектор на операционных усилителях (ОУ) (рис. 2) [3, 4]. Сигнал с датчика поступает на вход пикового детектора, конденсатор  $C$  заряжается до амплитудного значения импульса. Одновременно с этим на вывод внешнего прерывания микроконтроллера поступает сигнал синхронизации (Sync), для запуска измерения напряжения на выходе пикового детектора. Транзистор  $Q1$  предназначен для сброса пикового детектора.

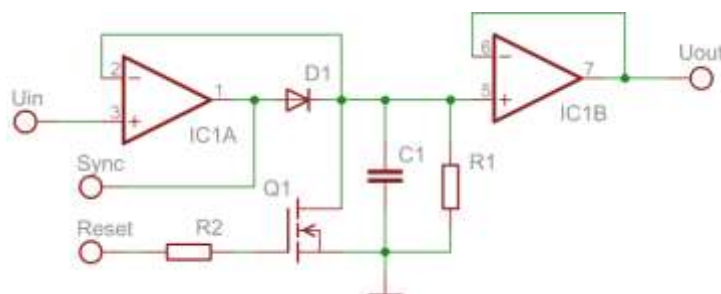


Рис. 2. Пиковый детектор на основе ОУ

В качестве механизма подстройки используется линейный шаговый двигатель ELA35-115, заменяющий стандартный регулировочный механизм магнетрона. Поворот ротора шагового

двигателя на один шаг приводит к пропорциональному линейному перемещению штока актуатора. Это позволяет с высокой точностью и скоростью регулировать расстояние между пластинами резонатора.

Главным элементом системы является микроконтроллер AVR со встроенным аналогово-цифровым преобразователем (АЦП) и интерфейсом USART для обмена информацией. Микроконтроллер выполняет следующие задачи:

- Сброс пикового детектора
- Измерение напряжения на выходе пикового детектора
- Определение производных и решение о необходимости реверса органа управления
- Манипулирование органом управления
- Обмен информацией с компьютером или другим устройством

Для сопряжения системы управления с компьютером используется интерфейс RS485. Предусмотрен как полностью автоматический режим работы с поиском и удержанием экстремума, так и ручной режим, позволяющий настроить нужное положение пластины резонатора с компьютера. Система так же передаёт в компьютер значение амплитуды сигнала с датчика, что позволяет судить о текущей величине излучения магнетрона.

Таким образом, представленная система даёт возможность управлять магнетроном с высокой точностью, как в автоматическом, так и в ручном режиме, что позволяет полностью автоматизировать работу магнетрона в резонаторной системе.

Список литературы:

1. Каганов В.И. Радиозлектронные системы автоматического управления. Учебное пособие. - М.: Горячая линия-Телеком, 2009 - 432 с.
2. Либерзон Л.М., Родов А.Б. Системы экстремального регулирования. - М.: Энергия, 1965 - 160 с.
3. А. Дж. Пейтон, В. Волш. Аналоговая электроника на операционных усилителях — М.: БИНОМ, 1994 - 352 с.
4. Хоровиц П., Хил л. У. Искусство схемотехники: В 3-х томах: Т.1. Пер. с англ. - 4-е изд., перераб. и доп.-М.: Мир, 1993.

## **АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ADVANTA КАК ИНСТРУМЕНТА ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ЭТО ТПУ**

Гуляева К.В.

E-mail: gulyaeva.kv@gmail.com

*Научный руководитель: ассистент, Мозгалева П.И., эксперт Отдела элитного образования*

Под системой управления проектами подразумевается набор инструментов, методологий, методов, ресурсов и процедур, используемых для управления проектами. Система может являться формальной и неформальной, помогать менеджеру проекта эффективно завершить проект. Система управления проектами - это ряд процессов и связанных с ними функций контроля, объединенных в единую целенаправленную структуру [1]. Программное обеспечение для управления проектами является комплексом, включающим в себя приложения для планирования задач, составления расписания, распределения ресурсов, совместной работы, общения, быстрого управления, документирования и администрирования системы, которое используется совместно для управления крупными проектами [2].

При проектировании эффективной образовательной среды и организации проектной деятельности в Национальном исследовательском Томском политехническом университете (ТПУ) возникла необходимость в оценке компетенций студентов, их достижений, а также в проведении сравнительного анализа профессионально-личностных портретов обучающихся [3].

Целью статьи является осуществление анализа системы управления проектами Advanta и оценка эффективности применения данной системы для ведения проектной деятельности в процессе обучения элитных технических специалистов Томского политехнического университета.

Для достижения поставленной цели необходимо:

1) Сформулировать список задач, которые будет решать проектируемая информационная система (ИС), и презентовать модули системы.

2) Произвести описание функциональных возможностей системы Advanta, выделить сильные и слабые стороны системы.

3) Сделать вывод об эффективности применения системы Advanta для ведения проектной деятельности студентами Элитного технического образования (ЭТО) ТПУ и произвести соответствие между требуемыми модулями и возможностями, содержащимися в системе Advanta.

В программу обучения ЭТО входит изучение дисциплин, направленных на развитие навыков проектной работы, работы в команде, способности ставить и решать задачи инновационного развития. В процессе подготовки элитных специалистов возникла необходимость в создании информационной системы, которая позволила бы:

1. Объединить в себе программное обеспечение для работы над проектом с теоритическими основами.

2. Познакомить студента с инструментами ведения проектной деятельности, которые облегчат данный процесс при реализации проектов в предметных областях разработки.

Состав ИС можно представить в виде совокупности модулей. Схема модулей ИС, представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Схема модулей ИС.

В состав проектируемой ИС входит ряд модулей.

Модуль 1. Единая база существующих проектов.

Модуль 2. Экспертная система по работе с новичками в проектной деятельности. Назначением данной системы является составление плана проектного обучения пользователя на основании его ответов на вопросы системы;

Модуль 3. Онлайн-инструмент для управления проектами, совместной работы и постановки задач по проектам:

- сервис постановки задач и отслеживание сроков;
- хранилище данных;
- организация проектной документации: заполнение дневника проекта, запись прецедентов;

Модуль 4. Сервис, содержащий систему оценки профессиональных и личных качеств. Ведение записи прецедентов позволит организаторам оценивать степень участия студентов в мероприятии и уровень развития компетенций;

Модуль 5. Информационный блок, предоставляющий сведения о ведении проектной деятельности, объявления и сообщения об организующихся мероприятиях. Модуль позволит пользователям-студентам следить за обновляющейся информацией, ознакомиться с основами проектирования и существующими проектами.

В качестве системы, которая может содержать представленные модули, рассмотрим систему Advanta. Выбранная система является ИС управления проектами, которая эффективно решает задачи средних и крупных предприятий по организации управления портфелем проектов, отдельными проектами и задачами. Отделы и офисы управления проектами найдут в ней все необходимые средства и инструменты для организации совместной работы. Система имеет ряд преимуществ:

1. Возможность закрывать потребности всего коллектива по управлению проектами и задачами.

2. Простой дружелюбный интерфейс, доступный для каждого пользователя.
3. Неограниченное количество бесплатных лицензий для участников проекта.
4. Адванта вовлекает в проектное управление через инструменты коммуникаций и совместной работы.
5. Гибко настраивается без программирования.
6. Визуальный конструктор отчетности для каждого.

Также рассматриваемая система имеет следующий набор функциональных решений, представленных на рисунке 2:

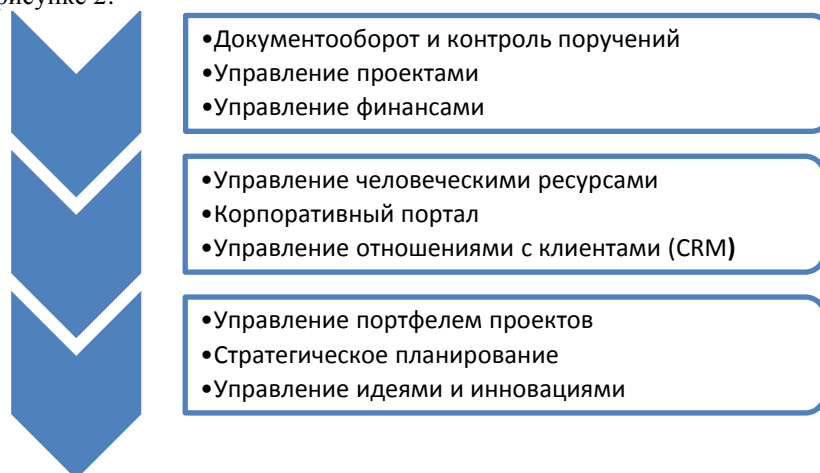


Рис.2. Набор функциональных решений системы Advanta.

Для внедрения в процесс ознакомления элитных специалистов с проектной деятельностью необходимо сделать акцент на разделах «Управление проектами» и «Управление идеями и инновациями» системы Advanta. Из функциональных возможностей двух представленных модулей осуществим выборку тех, которые потребуются студентам в процессе разработки проектов. Описание функций модуля «Управление проектами» представлено в Таблице 1.

Таблица 1. Описание функций модуля «Управление проектами» системы Advanta.

Возможность	Описание функций
Календарное планирование и контроль проекта	<ul style="list-style-type: none"> <li>- разработка паспорта проекта;</li> <li>- создание структуры проекта;</li> <li>- формирование календарного плана проекта (диаграмма Ганта);</li> <li>- делегирование задач исполнителям;</li> <li>- контроль процента выполнения проекта;</li> </ul>
Коммуникации и работа с документами	<ul style="list-style-type: none"> <li>- дискуссии для обсуждения рабочих вопросов, проблем, изменений;</li> <li>- организация хранения документов в проекте;</li> </ul>
Управление поставками	<ul style="list-style-type: none"> <li>- создание плана поставок оборудования;</li> <li>- отражение статуса поставок в плане;</li> </ul>
Управление рисками	<ul style="list-style-type: none"> <li>- создание реестра рисков проекта;</li> <li>- оценка вероятности и ущерба рисков;</li> <li>- анализ диаграмм рисков с оценкой вероятного ущерба;</li> <li>- создание базы типовых рисков [4].</li> </ul>

Модуль «Управление идеями» содержит следующий спектр возможностей:

- предварительное стимулирование креативности у сотрудников;
- генерацию идей и их быструю оценку, как экспертами, так и другими сотрудниками;
- удобный мониторинг всеми сотрудниками текущей ситуации и турнирной таблицы;
- превращение идей в инновации, контроль их реализации;
- прозрачную систему мотивации генераторов идей;
- отслеживание и публикация результатов внедрения инноваций в компании;
- регулярную систему выявления лучших идей, изобретателей и оценщиков идей.

Определим, обеспечат ли возможности Advanta проектируемую ИС требуемым функционалом. Наличие соответствующих модулей определим знаком «+» в таблице 2, отсутствие – знаком «-».

Таблица 2. Определение наличия модулей проектируемой ИС в Advanta.

Наименование сервиса	Модуль 1. Единая база существующих проектов	Модуль 2. Экспертная система	Модуль 3: Онлайн-инструмент для управления проектами, совместной работы и постановки задач по проектам	Модуль 4. Сервис оценки компетенций	Модуль 5. Информационный блок
Advanta	+	++	+	-	+

Сделаем вывод об эффективности применения системы Advanta для ведения проектной деятельности студентами ЭТО ТПУ. Данная система содержит широкий спектр функциональных возможностей, удовлетворяет 70 % требований, которым должна соответствовать ИС введения проектной деятельности. Система Advanta рекомендуется для ведения проектной деятельности студентами ЭТО ТПУ.

#### Список литературы

1. Т.В. Гвоздева, Б.А. Баллод. Проектирование информационных систем. - Ростов-на-Дону: «Феникс», 2009.
2. Программное обеспечение для управления проектами [Электронный ресурс]. URL: [ru.wikipedia.org/wiki/Программное\\_обеспечение\\_для\\_управления\\_проектами](http://ru.wikipedia.org/wiki/Программное_обеспечение_для_управления_проектами) (дата обращения 28.02.2013).
3. Мозгалева П. И., Гуляева К. В., Замятина О. М. Информационные технологии для оценки компетенций и организации проектной деятельности при подготовке технических специалистов // Москва: Информатизация образования и науки, №4, с. 30-46, (2013).
4. Карта функциональности системы Адванта [Электронный ресурс]. URL: [www.advanta-group.ru/pmo/funkcionalnye-vozmozhnosti/karta/](http://www.advanta-group.ru/pmo/funkcionalnye-vozmozhnosti/karta/) (дата обращения 28.02.2013).

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ФИЛЬТРАЦИИ ДАННЫХ СЕНСОРА KINECT

Дусеев В.Р., Рудь М.Н.  
E-mail: vagiz.d@gmail.com

*Научный руководитель: Мальчуков А.Н., к.т.н. доцент  
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30*

### Введение

Сенсоры глубины на основе IR излучения – это технология, стремительно вошедшая в область компьютерного зрения. Во многих отношениях это революционная технология, поскольку она предоставляет беспрецедентно простой доступ к данным глубины. Типичное изображение карты глубины, полученное от IR сенсора, представлено на рис. 1.



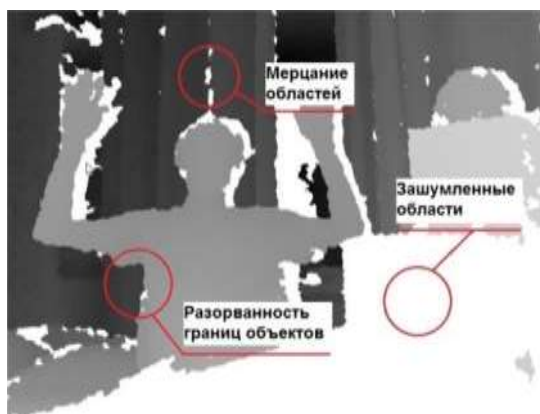


Рис. 1. Типичная карта глубины, полученная с сенсора Kinect.

Как видно, на практике полученные данные сложно использовать в реальных приложениях компьютерного зрения. Зашумленные области (белые участки на рис. 1), скрытые участки от инфракрасной камеры, либо объекты, которые поглощают излучение IR проектора и не отражают его обратно к IR камере, а потому не содержат информации о глубине точки. Более того, поверхности объектов часто перпендикулярны к камере, что приводит к возникновению нежелательного шума. Результатом такого шума являются сильная нестабильность границ объектов и мерцание отдельных участков изображения.

В данной статье рассмотрены методы, которые позволяют снизить количество шума на изображении, закрасить зашумленные области и стабилизировать границы изображения.

### Обзор существующих методов

Существующие методы целесообразно разделить на две группы по цели их применения:

- фильтрация шума;
- закрашивание пустых областей.

Из множества подходов к фильтрации шума на изображениях можно выделить несколько наиболее эффективно решающих проблему в случае с сенсорами глубины: совместная двухсторонняя дискретизация, метод закрашивания Телеа, Медианный фильтр.

### Метод закрашивания Александра Телеа

Данный метод широко используется для закрашивания зашумленных областей изображения и относится к категории Fast Marching Methods [1].

Суть алгоритма Телеа в инициализации маски поверх изображения, где известные пиксели маркируются цифрой 0, а неизвестные – знаком «∞». Затем алгоритм находит узкую полосу пикселей между известной и неизвестной областью и помещает эти пиксели в кучу, которая организована согласно функции  $H(p) = d(p)$ , где  $H$  является функцией организации кучи, а  $d$  – это дистанция от рассматриваемого пикселя до края пустой области. На каждой итерации алгоритм выбирает наименее известный пиксель с вершины кучи, закрашивает его, аппроксимируя локальный градиент, и обновляет его соседей, возможно, также помещая их в кучу.

Результатом является расширение градиентов, цвета и деталей изображения, таких как линии, прочитанных из известных пикселей вокруг пустой области, к её центру (рис. 2).

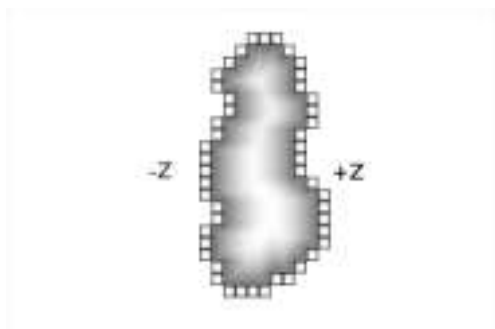


Рис. 2. Визуализация работы Fast Marching Method.

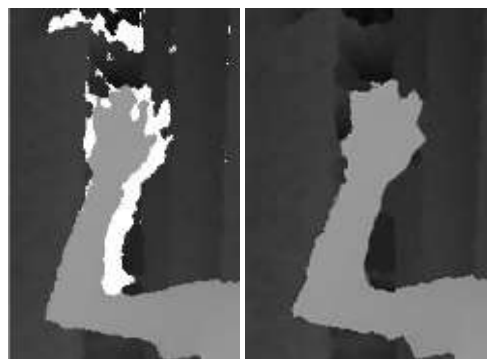


Рис. 3. Результат закрашивания пустых областей по методу Телеа.

Тем не менее, главным недостатком метода Телеа является общая разорванность границ на изображении. Несколько лучше с этим справляется алгоритм совместной двухсторонней дискретизации.

### Совместная двухсторонняя дискретизация

Данный алгоритм использует цветное изображение в высоком разрешении, чтобы улучшить дискретизацию маркировки в низком разрешении. Маркеры, соседние рассматриваемому пикселю и близкие к нему в цветовом пространстве, имеют превалирующее влияние на маркер данного пикселя. Такой подход применим и к карте глубины [2].

Двухсторонняя фильтрация реализует два типа ядер для обработки изображения: центральное ядро, отдающее преимущество пикселям, близким к заданному пикселю в цветовом плане, и диапазонное ядро, которое отдаёт преимущество пикселям, имеющим маркировку, совпадающую с рассматриваемым пикселем.

Однако чтобы собрать достаточно информации для корректировки границ объектов на изображении, необходимо рассмотреть для каждого пикселя относительно большой блок соседних пикселей (7x7). Результатом становится чрезвычайно большое количество вычислений на пиксель изображения [3].

Снизить вычислительные затраты позволяет совместное использование метода закрашивания Телеа и сглаживающего фильтра.

### Сглаживающий медианный фильтр

Медианный фильтр – один из множества сглаживающих фильтров. Данный фильтр применяет к каждому пикселю значение, вычисленное на основе гистограммы значений его соседей. Такой подход сглаживает мерцание и шум вокруг границ объектов на изображении.



Рис. 4. Результаты работы медианного фильтра.

### Заключение

К сожалению, качественные результаты работы алгоритмов невозможно сравнить с какими-либо идеальными данными, поскольку для получения истинной карты глубины потребовался бы сенсор крайне высокого разрешения. Оценить рассмотренные алгоритмы можно по скорости работы и субъективному восприятию качества обработки. Рассматривая описанные методы в данном ключе можно отметить, что совместная двухсторонняя дискретизация даёт более качественные результаты. Однако вычислительные затраты при её работе не позволяют применять двухстороннюю фильтрацию для обработки видеопотока в реальном времени. В то же время совместное применение метода закрашивания Телеа и медианного фильтра не только сравнимо по качеству полученного изображения с двухсторонней фильтрацией (рис. 5), но и позволяет использовать данные алгоритмы в реальном времени.



*Рис. 5. Сравнение результатов применения совместной двухсторонней дискретизации (изображение слева) и метода Телеа и медианного фильтра (изображение справа).*

Применение описанных методов позволяет подготовить данные к дальнейшему использованию в приложениях компьютерного зрения. Решение описанных проблем является практически важным шагом к последующей обработке полученных изображений.

#### **Список литературы**

1. Telea A. An Image Inpainting Technique Based on the Fast Marching Method // Journal of Graphics Tools.; p. 25-36, (2003).
2. Kopf J, Cohen MF, Lischinski D, Uyttendaele M. Joint Bilateral Upsampling // Acm Transactions On Graphics. p. 89-97, (2006).
3. Kinect Depth Inpainting and Filtering [Электронный ресурс].  
[www.radfordparker.com/papers/kinectinpainting.pdf](http://www.radfordparker.com/papers/kinectinpainting.pdf) (дата обращения 04.02.14).

### **АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ЛАНДШАФТНОГО ПОКРОВА НА ОСНОВЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КАУТА-ТОМАСА**

Ковалёв А.В.

E-mail: Optimist93@sibmail.com

*Научный руководитель: аспирант, Афанасьев А.А., ТПУ*

Одной из основных и, пожалуй, наиболее сложных задач при мониторинге территорий и составлении различных карт является дешифрирование и анализ ландшафтного покрова Земли. Данные операции выполняются над многозональными космо- и аэроснимками, и совсем недавно единственным видом их дешифрирования являлся визуальный, то есть непосредственная оценка

человеком [1]. Но технологии развиваются, многие процессы становятся автоматизированными, и процессы дешифрирования тому не исключение. Реализовано множество алгоритмов, принцип которых сводится к отнесению пикселей к классам объектов на местности. Одним из них и является преобразование «Tasseled Cap», или интерпретированное русское название – «Шапочка с кисточкой».

Преобразование Tasseled Cap – метод обработки многоспектральных снимков, который обрабатывает спектральные яркости объектов и интерпретирует их в некие признаки, которые непосредственно связаны со свойствами заданного класса объектов, что позволяет упростить процесс распознавания данных объектов на изображениях.

Данный метод был создан в 1976 году Каутом и Томасом для мониторинга состояния сельскохозяйственных культур с помощью аппаратуры Landsat MSS [1].

Изначально находится ортогональный базис, в соответствии с которым преобразуются яркости исходного изображения.

Значения элементов нового изображения будут являться проекцией вектора измерений на соответствующие оси нового базиса [2].

Стоит отметить, что значения измерений зависят от масштаба снимков, условий съемки и от изображенной на снимке местности. Они различны для каждого изображения. Основной особенностью данного подхода является то, что собственные векторы должны быть одинаковыми для конкретной съёмочной системы [3].

Алгоритм автоматизированного дешифрирования:

1. Определяем коэффициенты преобразования по набору исходных изображений;
2. Выполняем преобразование Tasseled Cap, и получившимся трем компонентам присваиваем цвета (Первой- Red, второй- Blue, третьей- Green);
3. Необходимые объекты выделяются цветом;
4. Для каждого объекта считаются параметры (средние значения вектора и отклонения);
5. Выполняется группировка и векторизация (отрисовка границ) в соответствии с полученными параметрами;
6. Результаты выполнения дешифровки отображаются на карте [4].

В результате мы можем отследить необходимые нам области на снимке, а при необходимости, совмещать несколько снимков, сделанных в разный промежуток времени и отслеживать изменения некоторых областей.

Данный метод целесообразно использовать для отслеживания изменений растительного покрова Земли и состояния почвы. Именно поэтому он нашёл своё применение в сельскохозяйственной деятельности. Однако данный метод может быть успешно применён для предотвращения различных чрезвычайных ситуаций, вызванных природными катаклизмами. Например, в результате сравнения двух снимков одной поверхности, на которой имеется вода (например, широкая река), в разное время можно отследить, что её границы начинают смещаться на земную поверхность, что может говорить о грядущем подтоплении.

В данный момент производятся попытки реализации данного метода. Стоит отметить, что обычно наилучшие результаты дают комбинации нескольких методов, поэтому, после окончания реализации, будет происходить исследование метода на возможность комбинации с другими методами идентификации изменений.

### Список литературы

1. Kauth R.J., Thomas G.S. The Tasseled Cap – a graphical description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. *Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data*, Purdue University, West Lafayette, Indiana, 1976. -pp. 4B41-4B51.
2. E.P. Crist, R.C. Cicone // A physically-based transformation of Thematic Mapper data - the TM Tasseled Cap, *IEEE Trans. on Geosciences and Remote Sensing*, GE-22: 256-263, (1984).
3. E. Ivits, A. Lamb, F. Langar, S. Hemphill, B. Koch // Orthogonal transformation of segmented SPOTS images: seasonal and geographical dependence of the tasseled cap parameters. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 74:1351-1364, (2008).

4. Алтынцев М.А., Разработка методик автоматизированного дешифрирования многозональных космических снимков высокого разрешения для мониторинга природно-территориальных комплексов. – Новосибирск: СГГА, 2011. – 25 с.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ – КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ**

Малахов В. А.

E-mail: vova.malahov@yandex.ru

*Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета*

С каждым годом количество компаний, которые сталкиваются с проблемой повышения эффективности управления предприятием, неуклонно растет. Улучшение контроля над бизнес-процессами и их ускорение, возможность получения детальных отчетов, дающих представление о качестве реализации, - вот далеко не полный перечень задач, стоящих перед руководством компании. Гибко и эффективно решить эти задачи помогает автоматизация управления предприятием, то есть внедрение автоматизированной системы управления предприятием.

Под автоматизацией управления предприятием понимается применение программного обеспечения, а также применение математических методов, автоматических устройств и технических средств вычислительной техники для решения задач управления предприятием на всех этапах и во всех сферах его деятельности. [ 1, 268 с.]

Внедрение систем управления предприятием зачастую отдается в IT-аутсорсинг, то есть передается специализированной компании. Это происходит, прежде всего, вследствие желания получить наибольшую отдачу от проекта, а также из-за отсутствия и дороговизны квалифицированных кадров. Критерием выбора IT-компании зачастую является ее опыт. Успех автоматизации управления предприятием зависит от множества факторов, в частности, от соответствия поставленных задач истинным целям, от правильности построения модели функционирования предприятия, от правильного выбора корпоративного ПО, стратегии и плана внедрения, от профессионализма исполнителей

Основной инструмент управления современной компании - документ. Он является основанием для принятия решений, служит для доказательства их исполнения, становится материалом для анализа результатов работы.

Управленческая деятельность выражается с помощью соответствующих документов:

1. документы планирования (подготовка и утверждение планов),
2. документы учета (составление и обработка документации);
3. документы руководства (издание распоряжений);
4. документы организации (администрирование);
5. документы регламентирования (составление инструкций );
6. документы контроля (сбор сведений) и т.д.

Документация является способом и средством реализации управленческих задач, поэтому автоматизация управления предприятием производится при помощи систем электронного документооборота для облегчения выполнения этих задач. Однако, документация имеет свои плюсы и свои минусы. К преимуществам можно отнести то, автоматизации заключается в возможности избежать неконтролируемых движений и потерь управленческой информации или решений, а также утечки конфиденциальных данных и отсутствия подробных сведений о состоянии процессов на предприятии. [3, 236 с.]

На минусы (недостатки) указывает тот факт, что чем больше число документов, тем больше затрачивается времени и сил на их обработку и циркуляцию, что заметно тормозит жизнедеятельность любой организации и замедляет осуществление процессов бизнеса. Затруднение поиска и увеличение сроков доставки информации, замедляют принятие управленческих решения и, как следствие, их исполнения. Из-за этого потери становятся почти неизбежными, что требует повторного создания документов. Контроль над исполнением принятых решений требует

привлечения ресурсов и, как результат, снижается эффективность управленческих процессов на предприятии.

Внедрение систем документооборота позволяет:

1. автоматизировать бизнес-процессы;
2. сократить цикл прохождения информации;
3. обеспечить прозрачность процессов;
4. наладить контроль над исполнением распоряжений;
5. повысить оперативность доставки управленческих документов;
6. снизить затраты времени;
7. организационно выстроить поиск информации;
8. упорядочить документооборот;
9. снизить затраты на управление компанией.

Таким образом, можно сделать вывод: автоматизация управления предприятием просто необходима для преодоления этих негативных явлений. Для автоматизации управления разрабатываются комплексные системы электронного документооборота. Они облегчают построение инфраструктуры для утверждения, использования и контроля исполнения всех документов на предприятии. Создание такой единой системы управления информацией обеспечивает высокую эффективность управления даже крупной организацией.

*Список использованной литературы*

1. Басев И. А. Экономика предприятия: Учебник для вузов.-М: 1-е изд. Литер 2006.-268 с.
2. Гольдштейн Г.Я. Основы менеджмента.- Таганрог: ТРТУ, 2003.-198 с.
3. Попов Г.Х. Эффективное управление. М.: Экономика, 2002.-236 с.

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ВЫСОКОГО ПОРЯДКА**

Муравьев А.С.

E-mail: an.muravyov@gmail.com

*Научный руководитель: к. т. н., доцент Белоусов А.А., каф. ВТ, ИК, НИ ТПУ*

### **Введение и постановка задачи**

Одной из важных задач в области компьютерной обработки изображений является *оценка их качества* (IQA, Image Quality Assessment). В данном контексте под качеством подразумевается наличие одного или нескольких объективных искажений, таких, как шум, артефакты сжатия, размытие и пр. Распознавание присутствия данных негативных факторов остается затруднительным для систем без участия человека, несмотря на многочисленные исследования в этом направлении [1]. Поскольку эталонным может считаться только человеческое восприятие, в качестве критерия результативности предлагаемых методов IQA традиционно используются показатели корреляции, связывающие результаты их работы с оценками пользователей.

Чаще всего в данной области рассматриваются и анализируются т. н. *парные* (full-reference) метрики, самой известной из которых является SSIM [2] и ее многочисленные модификации. Эти метрики оценивают качество изображения при непосредственном наличии эталона – аналогичного изображения, не имеющего искажений. Несмотря на очень высокую точность парных метрик, их очевидная непрактичность в использовании стимулирует работы в других направлениях – развитие частично парных (reduced-reference) и непарных (no-reference) оценок. Обычно это подразумевает применение в том или ином виде методов машинного обучения – выделение общих признаков, несущих информацию об искажениях, на некотором обучающем множестве, с их последующим использованием для оценки вновь поступающих изображений.

В работе [3] для решения данной задачи рассматривалось применение нейронной сети с эволюционной настройкой весов. В качестве входных переменных использовались простейшие яркие и цветные параметры, а также расстояние между статистическими моделями NSS, построенными соответственно для данного изображения и для некоторого эталонного множества (подход, подобный описанному в [4]). Достигнутые результаты оказались сопоставимы с MS-SSIM, однако был обнаружен ряд недостатков такого подхода.

1. Необходимость двухэтапного обучения с использованием различных обучающих выборок – сначала синтез модели NSS с помощью набора эталонных изображений, затем собственно обучение ИНС на искаженных изображениях с пользовательскими оценками.

2. Высокая нелинейность данных приводит к необходимости использования ИНС с несколькими скрытыми слоями, что значительно увеличивает количество настраиваемых параметров и потому усложняет обучение (как с точки зрения алгоритмической реализации, так и с точки зрения устойчивости и эффективности).

3. Следствием вышеупомянутого недостатка является сильное непостоянство качества системы – для получения удовлетворительной точности может потребоваться достаточно много перезапусков обучения.

В данной работе описываются возможные пути решения перечисленных проблем. Для устранения первой из них предлагается введение новых признаков, которые могут быть независимо вычислены для каждого изображения, что, в свою очередь, позволяет избавиться от первого обучающего этапа. Для устранения второй и третьей проблем стандартная ИНС прямого распространения, используемая в [3], заменяется на нейронную сеть с умножающими узлами, веса связей которой настраиваются посредством эволюционного алгоритма.

### Независимые признаки качества изображений

Как было показано в [3], даже такие тривиальные признаки, как средняя яркость, средняя контрастность, тоновая насыщенность и другие, несут информацию о наличии искажений в изображении, которая может быть извлечена с помощью нейронной сети. По данной причине отказываться от их использования нет смысла, особенно с учетом малых вычислительных затрат на их получение.

Необходимость двухэтапного обучения системы обусловлена, как уже было сказано выше, потребностью в получении одного из входных параметров сети – расстояния между эталонной и фактической моделями NSS. Данная величина весьма эффективна в роли показателя качества [4], однако стремление к упрощению системы и снижению временных затрат заставляет обратиться к возможным альтернативам. Так, в работе [5] предлагается несколько признаков, которые могут быть использованы для оценки непосредственно. Каждый из них оценивался по степени корреляции с пользовательскими оценками на различных типах искажений.

Для более точного описания локального контраста предлагается использовать *градиент яркости изображения*. Приближенное значение его компонентов (вертикального и горизонтального) может быть легко получено с помощью распространенного оператора Собеля стандартной размерности 3x3. По величинам этих компонентов в каждой точке рассчитывается длина вектора градиента, которая затем усредняется по всему изображению и используется в качестве параметра. Согласно [5], данная величина эффективна при обнаружении белого шума (корреляция ~0.87), менее эффективна при обнаружении размытия (корреляция ~0.64).

Другая величина – *энтропия изображения*. Она уже задействована в первоначальном варианте ИНС в качестве входного параметра и потому не нуждается в дополнительном рассмотрении. Тем не менее, можно отметить, что данный параметр сам по себе довольно эффективен при обнаружении артефактов сжатия JPEG (корреляция ~0.84).

Наиболее точные оценки могут быть получены при использовании *средней фазовой конгруэнтности* (СФК). Ее физический смысл – степень когерентности локальных частот компонентов Фурье. Одна из формул, по которым может быть рассчитана фазовая конгруэнтность, имеет следующий вид [6]:

$$PC(x) = \frac{\sum_n W(x) \lfloor A_n(x) [\cos(\Delta\varphi(x)) - |\sin(\Delta\varphi(x))|] - T \rfloor}{\sum_n A_n(x) + \varepsilon},$$

где  $A(x)$  – амплитуда  $n$ -го компонента разложения Фурье исходного изображения,  $\Delta\varphi(x) = \varphi_n(x) - \bar{\varphi}(x)$  – разность между фазой  $n$ -го компонента Фурье и средней фазой по всем компонентам,  $W(x)$  – весовая функция окна (авторами рекомендуется использование окна Гаусса),  $T$  – оценка уровня шума (детали расчета приведены в [6]),  $\lfloor \rfloor$  – функция, обращающая числитель дроби в ноль, если его значение отрицательно,  $\varepsilon$  – малая константа для предотвращения деления на ноль. Данная величина сама по себе имеет корреляцию более 0.75 для всех рассмотренных типов

искажений – сжатие JPEG, сжатие JPEG2000, белый шум, размытие по Гауссу, потеря информации при передаче по быстрозатухающему рэлеевскому каналу.

Достаточно высокая эффективность вышеперечисленных параметров позволяет рассчитывать на повышение точности оценки при их внедрении, при этом дополнительного обучающего этапа не требуется – связывающие эти параметры зависимости будут обнаружены с помощью нейронной сети.

### Нейронная сеть с умножающими узлами

В работе [3] использовалась стандартная нейронная сеть прямого распространения, в которой структура задавалась вручную, а подбор весов осуществлялся с помощью эволюционного алгоритма с целью максимизации корреляции выхода с пользовательскими оценками. При этом было обнаружено, что сети с одним скрытым слоем недостаточно эффективно аппроксимируют функциональную зависимость, существующую между входными параметрами и искомым выходным значением. Из этого можно сделать вывод, что данная зависимость имеет нелинейность высокого порядка. В таком случае достаточно логичным решением представляется использование т. н. *нейронных сетей высокого порядка* (higher order neural network). Существует целый ряд моделей таких сетей, в их числе  $\Sigma\Pi$ -сети,  $\Pi\Sigma$ -сети, сети функциональных связей и нейронные сети с умножающими узлами [7]. Общей чертой таких сетей является непосредственное применение ими нелинейных комбинаций входных параметров (в то время как в стандартной модели используется только взвешенное суммирование). Общим недостатком такого подхода является неприменимость для таких сетей градиентных методов обучения из-за очень сложного рельефа поверхности ошибки. Необходимость применения методов глобальной оптимизации для подстройки весов мешает сетям высокого порядка получить широкое распространение, однако в рамках данной работы обучение изначально осуществляется с помощью эволюционного алгоритма, что позволяет внедрить одну из вышеперечисленных моделей ИНС без серьезного изменения «инфраструктуры».

В рамках данной работы выбор был произведен в пользу *нейронной сети с умножающими узлами* (product unit neural network, PUNN). Причин тому несколько – во-первых, в сетях высокого порядка других типов нелинейности между входными параметрами «зашиты» в структуру, в то время как в PUNN они создаются автоматически, повышая гибкость системы; во-вторых, сети других типов обладают очень большим количеством настраиваемых параметров, повышая размерность пространства поиска при обучении.

Стандартная структура PUNN приведена на рис. 1. В сетях такого типа существует три разновидности нейронов – входные, суммирующие и умножающие (давшие название всей модели в целом). Умножающие нейроны находятся, как правило, в скрытом слое, однако существуют и прямые связи между входными и выходными узлами. Функции активации нейронов PUNN обычно линейные (выходной сигнал равен входному). Отличие от стандартной архитектуры заключается в умножающих узлах, значение в которых вычисляется в виде

$$y_i = \prod_{j=1}^N z_j^{w_{ji}} - \theta_i,$$

где  $i$  – номер умножающего узла,  $N$  – количество входов сети,  $z_j$  –  $j$ -й входной сигнал сети,  $w_{ji}$  – вес связи между  $j$ -м входным узлом и  $i$ -м умножающим узлом,  $\theta_i$  – значение внутреннего сдвига  $i$ -го умножающего узла.



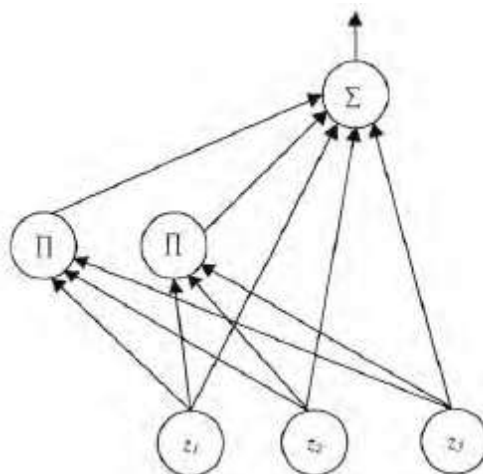


Рис. 1. Пример структуры нейронной сети с умножающими узлами

Таким образом, приведенная на рис. 1 структура позволяет сети выучить произвольное полиномиальное представление входных сигналов, например:

$$f(z) = a_0 + a_1 \cdot z + a_2 z^2 + \dots + a_n z^n$$

Обучение PUNN можно осуществлять с помощью эволюционного алгоритма, описанного в [3], без значительных изменений. При этом число настраиваемых параметров за счет упрощения структуры заметно сократится, что положительно скажется на временных и мощностных затратах. Следует, впрочем, отметить, что существуют достаточно успешные нейроэволюционные подходы к настройке структуры PUNN [8], которые могут быть применены в случае необходимости.

#### Заключение

Следует ожидать, что внесение описанных выше изменений в первоначальный алгоритм позволит значительно повысить его ресурсоэффективность за счет сокращения подготовительного этапа. Логично предположить, что коэффициенты корреляции результата с пользовательскими оценками также увеличатся, однако выводы по этому аспекту могут быть сделаны только после дополнительных исследований.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lin W., Jay Kuo C. C. Perceptual visual quality metrics: A survey //Journal of Visual Communication and Image Representation. – 2011. – Т. 22. – №. 4. – С. 297-312.
2. Wang Z., Simoncelli E. P., Bovik A. C. Multiscale structural similarity for image quality assessment //Signals, Systems and Computers, 2004. Conference Record of the Thirty-Seventh Asilomar Conference on. – IEEE, 2003. – Т. 2. – С. 1398-1402.
3. Муравьев А. С. , Белоусов А. А. Нейросетевая оценка качества естественных изображений на основе статической модели NSS // Нейроинформатика – 2014: сборник научных трудов XVI Всероссийской научно-технической конференции. В 3-х частях. Часть 2, Москва, 27-31 Января 2014. - Москва: НИЯУ МИФИ, 2014 - С. 233-242.
4. Mittal A., Soundararajan R., Bovik A. C. Making a “completely blind” image quality analyzer //Signal Processing Letters, IEEE. – 2013. – Т. 20. – №. 3. – С. 209-212.
5. Li C. et al. No-training, no-reference image quality index using perceptual features //Optical Engineering. – 2013. – Т. 52. – №. 5. – С. 7003.
6. Kovess P. Image features from phase congruency //Videre: Journal of computer vision research. – 1999. – Т. 1. – №. 3. – С. 1-26.
7. Ismail A. Training and Optimization of Product Unit Neural Networks : дис. – University of Pretoria, 2001.
8. Martínez-Estudillo A. et al. Evolutionary product unit based neural networks for regression //Neural Networks. – 2006. – Т. 19. – №. 4. – С. 477-486.

# РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФОРМАТА ФАЙЛА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Соломыкин А.А.

E-mail: anokrid@mail.ru

*Научный руководитель: Павлов В.М. доцент, к.т.н. Кафедра электроники и автоматики физических установок.*

При снятии экспериментальных данных абсолютно различной формы зачастую встаёт вопрос об их хранении, структурировании, а также передачи и дальнейшем использовании. Для передачи данных с подсистем сбора данных (ПСД) используется X-файл. Данный файл является структурированным контейнером для хранения и перемещения данных с ПСД на серверы хранения и обработки данных. В контейнере, можно хранить следующие структуры данных:

- Одномерный массив данных зависимый от времени;
- Одномерный массив данных зависимый от переменной;
- Многомерный массив данных;
- Многомерный массив данных зависимых от времени;
- Мультимедиа данные.

Так как файл может хранить различные структуры данных, то доступ к ним становится затруднителен для программиста. Чтобы упростить обращение к данным, находящимся в файле, была реализована библиотека WorkXF. При использовании данной библиотеки упрощается не только доступ к данным, но и ускоряется процесс создания приложений обрабатывающих данные [1]. Сама библиотека WorkXF представляет из себя набор файлов, реализованных на языке C++. Ниже представлена структура X-файла, который можно обрабатывать и создавать с помощью вышеупомянутой библиотеки:

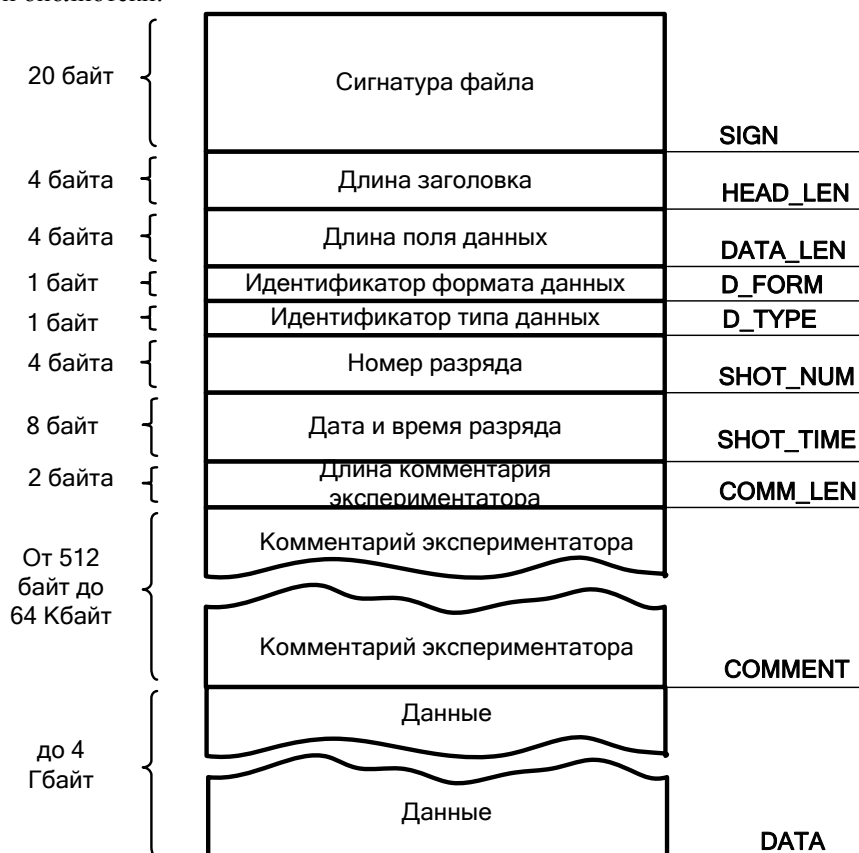


Рисунок 1. Структура файла, формируемого подсистемой сбора данных.

Получив и структурировав экспериментальные данные в специальный X-файл, встаёт вопрос о передаче и хранении непосредственно самих X-файлов, а также об удобном в дальнейшем их использовании. Решить данную задачу позволяет использование системы управления базы данных (СУБД). Из их достаточного количества была выбрана СУБД PostgreSQL.

PostgreSQL – это объектно-реляционная система управления базами данных, работающая как клиент-серверная система. Может возникнуть вопрос – почему именно PostgreSQL? Лучше всего ответить на него, сравнив этот продукт с не менее популярным и, пожалуй, более известным – MySQL. Прежде всего следует отметить различия в организации данных. Если в MySQL каждая таблица заносится в собственный файл (для большинства типов БД), то PostgreSQL организует единую файловую структуру, в которой отдельные файлы не соответствуют непосредственно таблицам или другим объектам базы данных. То есть в MySQL вы можете создать резервную копию лишь части БД, сохранив соответствующие файлы. Для PostgreSQL такой номер пройдет только для всей структуры, включающей в себя все обслуживаемые сервером БД базы. Как следствие – MySQL полагается при организации БД на файловую систему ОС, в то время как PostgreSQL зависит от нее меньше, но требует дополнительного обслуживания – периодической дефрагментации базы данных [2].

PostgreSQL имеет более широкие возможности, как для обработки данных, так и для администрирования, но это, в свою очередь, несколько повышает сложность работы с этой СУБД. Таким образом, можно сказать, что место PostgreSQL – базы данных, требующие высокой степени надежности хранения информации, предъявляющие повышенные требования к проверке всех изменений, имеющие необходимость в автоматической корректировке большого числа данных при изменении информации в одной из таблиц, а также задачи, где требуется возможность разработки нетривиальных решений, использование нестандартных операторов и т. д. [2].

Выбрав необходимую СУБД, можно приступить к главной задаче моей работы: разработка структуры базы данных для хранения экспериментальной информации и ее реализация в PostgreSQL, а также разработка и тестирование программы преобразования формата. В конечном счёте написанная мною программа должна будет позволять отправлять на хранение X-файлы на удаленную базу данных, реализованную на СУБД PostgreSQL, их структурированное хранение в зависимости от структуры данных, хранящихся в файле, а также должна быть обеспечена возможность удобного обращения к хранящейся информации по желаемым критериям (дата создания файла, структура файла, размер файла и т.п.).

Для структурирования данных принято использовать индексы. Индексом называется объект базы данных, позволяющий значительно повысить скорость обращения к базе за счет ускоренной обработки команд, содержащих сравнительные критерии. Хранимая в индексах информация о размещении данных по одному или нескольким полям таблицы повышает эффективность поиска записей при условной выборке [3].

Индексы ускоряют доступ к базе, но они также сопряжены с дополнительными затратами ресурсов. При изменении данных в поле индекс приходится обновлять, поэтому поддержание редко используемых индексов отрицательно сказывается на быстродействии системы (затраты времени на поддержание индексов превышают экономию от их использования). Как правило, индексы определяются только для полей, часто указываемых в условиях поиска [3].

Однако написание требуемой программы не является концом работы. Помимо этого требуется разработка руководства оператора и руководства программиста.

Руководство оператора необходимо для того, чтобы оператор (человек, который будет в дальнейшем работать с программой) мог спокойно пользоваться готовой программой, а при возникновении вопросов касательно её работы мог найти ответы в этом руководстве. Кроме того, руководство оператора должно позволить научиться работать с данной программой любому желающему, не имеющему начальных знаний по работе с ней. Также в руководстве оператора указаны возможные ошибки, причины их возникновения и способы устранения (само собой, что всё возникновение большинства ошибок должно быть предусмотрено заранее и должны быть приняты все меры, для недопущения их возникновения, но вероятность возникновения есть всегда, поэтому оператор должен быть способен самостоятельно устранить неполадки в работе программы).

Руководство программиста имеет несколько другие цели. Программист, желающий модифицировать программу, или же разобраться в принципе её работы, с помощью руководства программиста имеет возможность достичь своей цели, т.к. в руководстве программиста детально пояснены и расписаны основные моменты работы программы, принцип работы используемых функций, а также приведены сведения об используемых X-файлах и PostgreSQL.

## Литература.

1. WorkXF руководство программиста, 2008г – 3-4с.
2. Супрунов С. PostgreSQL: первые шаги. – Журнал «Системный администратор», №7, 2004 г. – 26-27 с.
3. Уорсли Дж., Дрейк Дж. PostgreSQL. Для профессионалов. //СПб.: Питер, 2003.– 496 с:ил. – 210 с.

## ФИЛЬТРАЦИЯ УСТОЙЧИВЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ЧЕЛОВЕКОПОДОБНОГО РОБОТА

Шеломенцев Е.Е.

E-mail: see4me@mail.ru

*Научный руководитель: Александрова Т.В., ассистент кафедры ИКСУ*

### Введение

Одним из недостатков метода управления антропоморфным роботом с помощью сенсора Kinect [1,2,3], является необходимость обеспечения стабильного вертикального положения в ходе работы алгоритма управления. Действительно, некоторые действия оператора, будь то резкое движение рукой или наклон, могут привести к дестабилизации робота и его повреждению. Немаловажным является устойчивость статических положений робота. В данной работе будет рассмотрен один из способов обеспечения стабильного вертикального положения робота в случае применения метода Kinect-управления.

### Оценка стабильности положения

Существует несколько различных способов обеспечения стабильного вертикального положения робота, к которым относятся статическая стабилизация как с учетом внешних воздействий, так и без него. Наиболее распространенным методом решения задачи статической стабилизации является метод точки нулевого момента (ZMP – Zero Moment Point), позволяющий определить устойчиво ли положение робота или нет [4,5].

Суть метода заключается в вычислении точки ZMP, в которой суммы моментов по осям X и Y равны нулю (рис.1). Для оценки устойчивости положения робота необходимо определить принадлежит ли найденная точка области стопы, в случае нахождения робота в фазе с одиночной поддержкой, или на отрезке, соединяющего центры стоп, в случае двухопорной фазы. Ключевое значение имеет момент, создаваемый массой самого робота. Для того, чтобы вычислить этот момент необходимо определить точку приложения силы тяжести – координаты центра масс. Воспользуемся формулой:

$$\bar{r}_c = \frac{\sum_i m_i \bar{r}_i}{\sum_i m_i}, \quad (1)$$

где  $m_i$  – масса i-ой точки,  $\bar{r}_i$  – радиус-вектор i-ой точки,  $\bar{r}_c$  – радиус-вектор центра масс.

Без учета влияния внешних сил и сил инерции, точка нулевого момента является проекцией точки центра масс на опорную плоскость (рис.1). Действительно, в этом случае вектор силы тяжести пересекает оси X и Y, т.е. момент, создаваемый этой силой равен нулю. Таким образом, для оценки стабильности положения робота необходимо лишь определить лежит ли проекция точки центра масс в окрестности точки опоры.

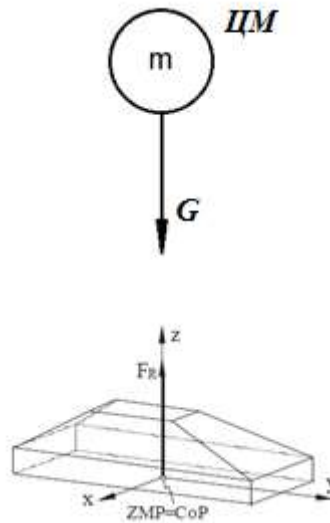


Рис.1. Расположение точки ZMP

В качестве количественной характеристики степени устойчивости двухопорной фазы в биомеханике [6,7] принимается угол устойчивости (угол, образованный вертикалью, опущенной из центра масс тела и прямой, проведенной из центра масс тела к краю площади опоры (рис. 2)). Чем больше угол устойчивости, тем больше степень устойчивости тела.

#### Создание фильтра положений

Наиболее простым решением стабилизации робота при Kinect-управлении является создание фильтра положений, позволяющего отбрасывать неустойчивые положения. С учетом того, что запуск работы алгоритма управления происходит из заранее заданного устойчивого положения, применение фильтра позволит роботу сохранять устойчивость при изменении положения.

Примем за основу фильтра метод ZMP. Для расчета необходимо знать координаты центра масс, для чего воспользуемся формулой (1). Будем считать, что габаритные размеры, масса звеньев и координаты их центров масс относительно точки крепления известны. Требуется рассчитать координаты центров масс звеньев в системе R, связанной с однозначно заданной точкой, например, серединой отрезка, соединяющего плечевые двигатели робота. Для этого необходимо создать функцию, которая будет рассчитывать координаты всех концов звеньев после обработки управляющих воздействий, сформированных на основе данных с сенсора Kinect. Используя преобразование Денавита-Хартенберга, для каждого звена запишем матрицу:

$$A_i = \begin{pmatrix} \cos \theta_i & -\cos \alpha_i \cdot \sin \theta_i & \sin \alpha_i \cdot \sin \theta_i & a_i \cdot \sin \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \alpha_i \cdot \cos \theta_i & -\sin \alpha_i \cdot \cos \theta_i & a_i \cdot \cos \theta_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & S_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

где  $\theta_i$  - угол поворота вокруг оси Z,  $\alpha_i$  - угол поворота вокруг оси X,  $a_i$  - переноса вдоль оси Y,  $S_i$  - перенос вдоль оси Y.

В 4-м столбце матрицы  $A = A_1 \cdot \dots \cdot A_n$ , где n – номер звена, получим выражения для координат конца звена. Зная относительные координаты центров масс звеньев, получим координаты в системе R. Далее рассчитаем положение общего центра масс робота и получим его проекцию на опорную плоскость.

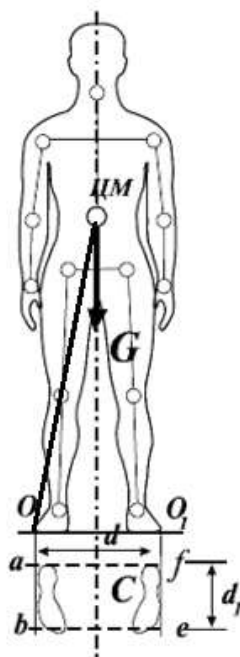


Рис.2. Устойчивость в двухопорной фазе

Будем считать, что робот находится в двухопорной фазе, положение является устойчивым, если координаты проекции будут удовлетворять требованиям:

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \leq 0,$$

где  $\bar{a}$  - вектор с началом в точке проекции и концом в точке опоры левой ноги,  $\bar{b}$  - вектор с началом в точке проекции и концом в точке опоры правой ноги.

Скалярное произведение этих векторов в координатной форме:

$$\bar{a} \cdot \bar{b} = (x_1 - x)(x_2 - x) + (y_1 - y)(y_2 - y) + (z_1 - z)(z_2 - z),$$

где  $x_1, y_1, z_1$  - координаты опоры левой ноги,  $x_2, y_2, z_2$  - координаты опоры правой ноги,  $x, y, z$  - координаты проекции центра масс.

Если условие устойчивости выполняется, роботу передается команда перехода в новое положение, иначе оператор уведомляется о том, что переход в данное положение небезопасен.

Таким образом, разработанный фильтр статически устойчивых положений позволяет обеспечить стабильное вертикальное положение антропоморфного робота.

### Литература

1. Шеломенцев Е.Е., Дусеев В.Р. *Сравнительный анализ различных способов управления роботом антропного типа* // «Современные техника и технологии»: Труды XVIII Международной научно-практической конференция студентов и молодых учёных. – Томск, 2012.
2. Шеломенцев Е.Е. *Управление роботом антропного типа с помощью сенсора Kinect* // Управление в технических, эргатических, организационных и сетевых системах: Труды 5-ой Российской мультikonференции по проблемам управления. – Санкт-Петербург, 2012.
3. Шеломенцев Е.Е. *Практическая реализация KINECT управления антропоморфом BIOLOID* // «Современные техника и технологии»: Труды XIX Международной научно-практической конференция студентов и молодых учёных. – Томск, 2013.
4. Vukobratovic M., Stepanenko Y., *On the Stability of Anthropomorphic Systems* // Mathematical Biosciences, Vol.15, pp. 1-37, 1972.
5. Ложкин П.В. *Метод точки нулевого момента для задачи динамического равновесия РТК AR-600. Движение на месте* // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Вып. 10, 2013.
6. Ламаш Б.Е. *Лекции по биомеханике* [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.dvgu.ru/meteo/book/BioMechan.htm](http://www.dvgu.ru/meteo/book/BioMechan.htm), свободный.
7. Масленников А. *Биомеханика. Курс лекций*. - Великий Новгород, 2008. – 189 с.

## **ROBOTIS BIOLOID: НЕСТАНДАРТНЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТА**

Булуев И. И.

E-mail: ilusha070893@mail.ru

*Научный руководитель: доцент кафедры ИКСУ, кандидат технических наук, Михайлов В. В.  
Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет*

Научно-технический процесс не стоит на месте, новые изобретения появляются ежедневно в разных уголках Земли. Развитие технологий обусловлено тем, что огромное количество задач, требующих особых способов решения, является трудоёмким процессом, и эти задачи невыполнимы силами человека. К таким задачам относятся, например, перенос тяжёлых грузов по заданным траекториям с высокой точностью, применение роботов в космическом пространстве и в местах, недоступных для человека. Робототехника реализует и автоматизирует рутинные и трудоёмкие процессы, показав высокий уровень развития в как промышленных сферах, так и в сферах обслуживания.

К роботам, работающим в сферах обслуживания, предъявляются уже совершенно другие требования, нежели чем к производственным роботам, а именно: дружелюбный дизайн и интерфейс, коммуникабельность, способность распознавать команды, заданные голосом, и автоматически реагировать на внешние воздействия. Кроме того, роботы должны быть безопасными при работе с людьми.

Подготовка будущих специалистов по робототехнике происходит уже со школьного и дошкольного возраста, благодаря получению базовых знаний. В помощь к этому развитию корейская компания Robotis разработала сборного робота-трансформера Robotis Bioloid, как один из ярких примеров роботов-андроидов.

Учитывая то, что предшественники Robotis – компания LEGO - разработала и внедрила наборы LEGO Mindstorms, развил этим интерес у подрастающего поколения, то робот-Bioloid вызывает будет логическим продолжением изучения школьниками робототехники. Продуктивность обучения на данном наборе высокая, так как он используется в военно-морской академии США как учебное оборудование в курсе машиностроения [1].

Немаловажную роль играет и факт того, что дети принимают участие во многих соревнованиях по робототехнике (самые знаменитые из них – международные соревнования RoboCup [2]), значит, и программирование данных роботов будет хорошей базовой подготовкой для будущего самих ребят, т.к. оно производится в среде программирования на C-подобном языке [1].

Определившись с целью научной работы, собрав 2 модели роботов-андроидов, разобравшись в программировании роботов с помощью программного пакета RoboMotion и RoboTask, началось взаимодействие с обучающимися в доме детства и юношества «Факел» г. Томска в рамках целевой программы «Образовательная робототехника».

В результате приобретённого опыта и полученных навыков в программировании роботов, было решено создать совместный проект работы студентов кафедры Интегрированных компьютерных систем Института кибернетики Томского политехнического университета со всеми сферами деятельности ДДЮ «Факел».

Целью создания проекта является совместная творческая деятельность студентов и школьников в конструировании, программировании и реализации взаимодействия роботов из наборов LEGO Mindstorms и Robotis Bioloid. Также, было решено, что, наилучшим способом реализовать данное взаимодействие посредством указанных наборов роботов, будет постановка сцен фрагментов мультфильмов нравоучительного характера, что немаловажно для воспитания подрастающего поколения.

Пересмотрев огромное количество мультипликационных фильмов, были отобраны самые яркие моменты (которые знакомы каждому ребёнку и взрослому). Совместно с педагогами ДДЮ «Факел» было решено, что наилучшим вариантом будет являться постановка фрагментов из мультфильма «Буратино».

Главными действующими лицами являются Буратино, Мальвина, собака Артемон и папа Карло. При чём два первых персонажа будут представлены роботами-Bioloid, а робот-собака и папа Карло собирают школьники из набора LEGO Mindstorms.



Рисунок 1. Собранный Robotis Bioloid. Одна из запрограммированных позиций

Одним из самых сложных этапов при программировании была реализация передвижений робота, в частности, подбор баланса и нахождения центра масс. Также многие движения невозможно было реализовать из-за ограниченности степеней свободы, а некоторые позиции вызывали перегрузку сервоприводов, в результате чего необходимо было отключать робота и возвращаться к предыдущим этапам, находя иные положения, которые могли бы соответствовать задуманному сценарию.

Все этапы программирования осуществлялись с использованием RoboMotion – программой, являющейся простым способом управления движениями робота, доступной для освоения школьниками. Само программирование заключается, большей частью, в изменении положений сервоприводов конечностей робота и считывание их положения в текущий момент времени. Каждое последующее считывание координат сервоприводов называется шагом (англ. «Step»). После определенного количества шагов, есть возможность воспроизвести движения робота. На каждом запуске программы робот возвращается в исходное положение, после чего исполняет все зафиксированные шаги. [3]

На рисунке 2 приведен пример готовой программы главного героя постановочной сцены – Буратино –, написанной с помощью RoboMotion.

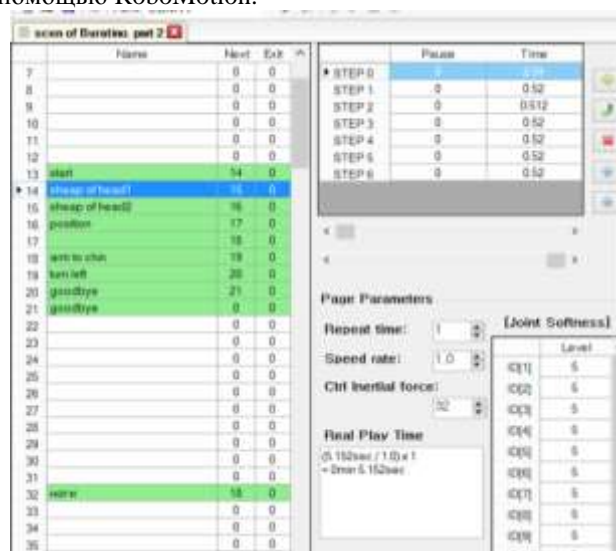


Рисунок 2. Часть программного кода Robotis Bioloid, выполняющего роль Буратино

На данный момент полностью поставлены ранее выбранные фрагменты мультфильма «Буратино», решено большое количество задач программирования и позиционирования роботов. Создана площадка для проведения подобного рода показательных выступлений, а также найден



нестандартный подход к использованию роботов не только в развлекательных целях, но и их применение в сфере образования. Результаты проделанной работы показывают, что данный подход к применению нового типа роботов-Bioloid во взаимодействии с роботами LEGO Mindstorms, мотивирует обучающихся учреждения дополнительного образования к занятиям робототехникой.

#### **Литература**

1. Официальный сайт производителя и разработчика (англ.): [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.robotis.com/xe/>. Свободный.
2. Электронная библиотека: [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Robotis\\_Bioloid](http://ru.wikipedia.org/wiki/Robotis_Bioloid). Свободный.
3. Интерактивная инструкция по обращению с роботом и сборки: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://support.robotis.com/en/>. Свободный.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОТДЕЛА ЭТО ТПУ**

Бикинеева А.М.

E-mail: [bikineeva.am@gmail.com](mailto:bikineeva.am@gmail.com)

*Научный руководитель: Орлов О.В., к.т.н., доцент ТПУ*

В постоянно развивающемся мире растет потребность в высококвалифицированных кадрах, которые смогут проявить не только свои профессиональные знания, но и так называемые soft-skills - навыки, направленные на окружающий мир. В Томском Политехническом Университете с 2004 года осуществляется целевая Программа Элитного технического образования (ЭТО ТПУ) в Отделе Элитного образования. Цель элитного технического образования – подготовка специалистов, способных к комплексной исследовательской, проектной и предпринимательской деятельности. В программу элитного образования входят: углубленная фундаментальная подготовка; изучение дисциплин, направленных на развитие навыков проектной командной работы, способности ставить и решать задачи инновационного развития; работа по реализации проблемно-ориентированных проектов [1]. Подготовка подобных профессионалов предполагает использование современных информационных технологий как при непосредственной работе со студентами, так и при самостоятельной работе инициативных групп, организующих образовательные, корпоративные и прочие мероприятия в рамках программы. Следовательно, следует использовать специализированные информационные системы, поскольку по определению, информационная система – это автоматизированная система, предназначенная для организации, хранения, пополнения, поддержки и представления пользователям информации в соответствии с их запросами [2]. В связи с этим возникает необходимость разработки специализированной информационной системы для сотрудников отдела ЭТО и студентов ТПУ. Таким образом, целью данной работы является разработка, реализация и внедрение информационной системы для отдела ЭТО ТПУ.

Информационная система должна хранить информацию обо всех студентах и сотрудниках, об их достижениях в научной деятельности, о приобретенных и развитых в ходе обучения компетенциях, а также базу интерактивных форм, используемых при подготовке студентов. Кроме того, система должна помогать в развитии личностных качеств, оттачиваемых в ходе корпоративных мероприятий. Поскольку база интерактивных форм (игр и тренингов) очень велика, требуется разработать систему, которая поможет подобрать такие формы, которые в полной мере помогут развить требуемые компетенции. Таким образом, система должна представлять собой базу данных (хранение информации) и экспертную систему (выбор интерактивных форм).

Для решения поставленных задач необходимо:

- проанализировать требования отдела, сформулировать требования к информационной системе;
- спроектировать и реализовать базу данных;
- проанализировать основные факторы, влияющие на развитие компетенций;
- спроектировать экспертную систему;
- протестировать и внедрить информационную систему в информационную систему ТПУ.

Первым этапом разработки было определение требований заказчика (отдела ЭТО). Для администрации отдела наиболее важны следующие функции:

- хранение всей информации о студентах (начиная от подразделения основного обучения и заканчивая информацией о родителях);
- хранение информации о сотрудниках отдела;
- максимально простая и быстрая корректировка списков обучающихся;
- сбор данных об успеваемости и научной активности студентов;
- сбор данных об уровне компетенций студентов и динамике их развития.

Студентам важна возможность:

- хранить и пополнять информацию о своих научных достижениях;
- планировать корпоративные мероприятия;
- хранить информацию о ранее проведенных мероприятиях: сценарии, фотоматериалы и т.п.;
- фиксировать прецеденты;
- оценивать компетенции на основе прецедентов.

Под прецедентами понимаются события на корпоративных мероприятиях, в рамках которых участник проявил какую-либо компетенцию. В прецеденте может принимать участие несколько участников.

На основе определенных требований разработана концептуальная модель базы данных. Модель разделена на логические составляющие, на рисунке 1 представлена концептуальная модель, описывающая части, хранящие информацию о:

- принадлежности сотрудников и студентов к структурным подразделениям ТПУ
- корпоративных мероприятиях и развитых в ходе них компетенциях
- возможностях сотрудников и студентов на сайте и их участии в научных мероприятиях, таких, как конференции, конкурсы, получение патентов и пр.

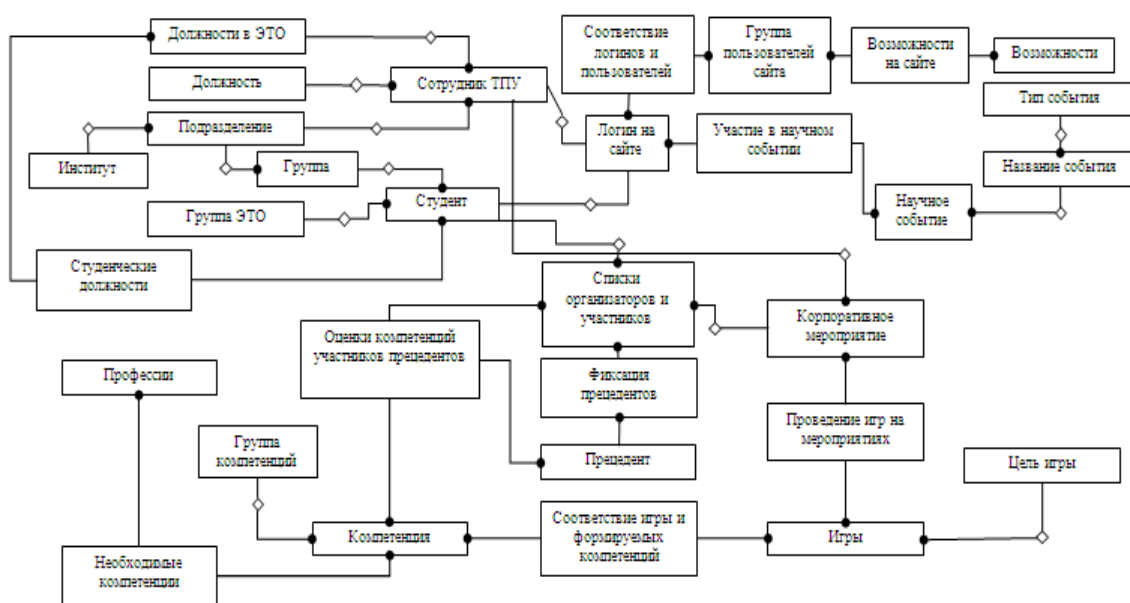


Рис.1. Концептуальная модель

Указанная первой выше часть практически полностью реализована в существующей информационной системе ТПУ, но отсутствует информация о внутренних студенческих должностях отдела. Вторая часть будет являться основой для экспертной системы. На основании этих данных будет также производиться сбор статистических данных о студентах, а именно о прогрессе развития компетенций. Ключевыми во всех трех частях концептуальной модели являются сущности сотрудников и студентов.

Поскольку планируется внедрять разрабатываемую систему в существующую информационную систему ТПУ, была проведена встреча с директором центра «Электронный университет», занимающимся управлением информатизацией университета. По итогам встречи был

предоставлен доступ к серверу для разработки системы и определена среда разработки. Управление базой данных осуществляется с помощью Oracle Database.

В настоящее время совместно с группой студентов и сотрудников отдела ЭТО разрабатывается техническое задание к разработке web-интерфейса информационной системы. Кроме того, в группе разработчиков ведется исследование наиболее приемлемого алгоритма принятия решения экспертной системой. Алгоритм учитывает особенности предметной области, а его разработка ведется на основе анализа существующих подходов принятия решения. Основой алгоритма служат такие понятия теории вероятности, как вероятность появления события и несовместные события.

Выполнение работы упростит работу сотрудников отдела и позволит с меньшими временными затратами организовывать корпоративные мероприятия. Студенты получают доступ к информации о приобретенных ими компетенциях и смогут отслеживать свою динамику развития.

#### Используемая литература

1. Об элитном техническом образовании [Электронный ресурс]// Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет [Официальный сайт]. URL: <http://tpu.ru/initiatives/eto/about-eto/> (дата обращения: 25.01.2014).
2. Понятие информационной системы [Электронный ресурс]// Электронное учебное пособие по курсу «Информационные технологии». Бийский технологический институт [Официальный сайт]. URL: [http://do.bti.secna.ru/lib/book\\_it/inf\\_sistem.html](http://do.bti.secna.ru/lib/book_it/inf_sistem.html) (дата обращения: 27.01.2014).

## ПРИМЕНЕНИЕ ПИД-АЛГОРИТМА В АДАПТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ

Стариков Д.П., Рыбаков Е. А., Берчук Д.Ю.  
E-mail: [dstarikov@me.com](mailto:dstarikov@me.com)

*Научный руководитель: ассистент кафедры ИКСУ ТПУ, Журавлев Д.В.*

### Введение

В настоящее время все большую популярность и практическую применимость приобретает 3D печать. Наиболее выгодной является печать моделей из ABS пластика. Пластик подается в принтер в виде волокна.

Технология изготовления пластикового волокна предполагает соблюдение точного диаметра (1,7 мм) с максимальной погрешностью 30 мкм. Стоимость подобных установок (экструдеров), способных обеспечить заданную точность достаточно велика. Типовая модель экструдера может быть представлена следующей моделью (рисунок 1).

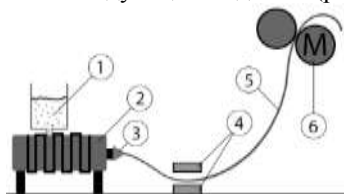


Рисунок 1. Модель созданной установки

- 1 – Бункер;
- 2 – Экструдер;
- 3 – Сопло;
- 4 – Датчики (оптопара);
- 5 – Волокно;
- 6 – Двигатель с редуктором.

Размельченный пластик насыпается в специальный бункер (1), где нагревается до определенной температуры. Посредством вращения шнека мягкий пластик выдавливается через сопло (3) в виде волокна (5) определённого диаметра. После этого гравитационным методом струна проходит через датчик положения (4). В зависимости от показаний датчика необходимо регулировать частоту вращения мотора (6).

При этом ставится несколько задач по управлению этим контуром САР (Системы автоматического регулирования):

- Плавное изменение частоты вращения двигателя (без рывков).

- Подбор оптимальной скорости протяжки (в силу нелинейности скорости подачи пластика из экструдера).

- Обеспечение аварийной защиты (обрыв пластика и т.п.).

На данный момент управление частотой вращения двигателя осуществляется за счет релейной автоматики. Использование подобной реализации предполагает только частичное решение поставленных задач. Например, велика вероятность обрыва волокна из-за импульсного управления мотором. Также возможно уменьшение диаметра вследствие удлинения волокна за счет рывком протягивающего механизма. В настоящее время на работающей установке достигается точность порядка 30 мкм, но с перерасходом материала, что ставит вопрос рентабельности подобной установки про производству АБС волокна.

Решить поставленные задачи в полной мере может разработанный алгоритм адаптивного дискретного управления (основанный на ПИД законе регулирования). Классический закон ПИД регулирования представлен на рисунке 2.

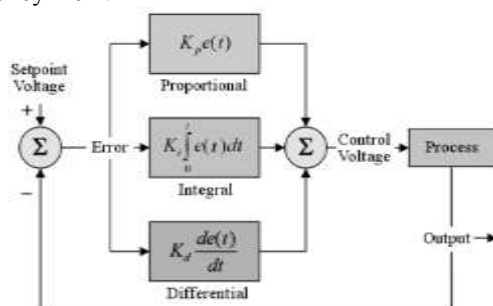


Рисунок 2. Классическое представление ПИД закона регулирования

Здесь в зависимости от сигнала обратной связи формируется управляющее воздействие, учитывающее пропорциональную, интегральную и дифференциальную составляющие в зависимости от величины ошибки. Качество переходных процессов зависит от выбора коэффициентов.

$$u(t) = P + I + D = k_p e(t) + k_i \int_0^t e(\tau) d\tau + k_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Как видно из формулы, классический ПИД регулятор предполагает использование непрерывного (аналогового) сигнала. Кроме того такой подход не предполагает адаптации управляющего воздействия.

Была поставлена задача разработки программно-аппаратного комплекса для управления скоростью узла протяжки волокна, позволяющего избежать рывков при увеличении скорости, автоматически подбирающего оптимальную скорость протяжки.

### Алгоритм

На рисунке 3 приведена блок-схема разработанного алгоритма

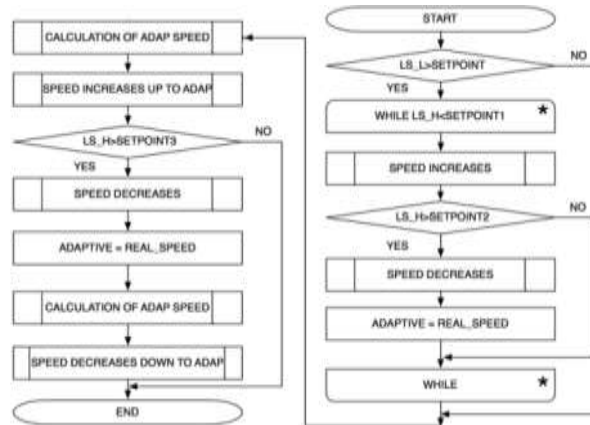


Рисунок 3. Блок-схема алгоритма

Когда значение с нижнего датчика достигнет контрольной точки частота вращения двигателя начинает возрастать по ПИД алгоритму регулирования. До момента, когда верхний датчик будет активирован, запускается алгоритм медленного торможения рабочего тела. После этого специальная функция сохранит и первично рассчитает данные для функции подбора адаптивной скорости. Рассчитанные данные будут преобразованы в частоту вращения двигателя и переданы мотору. Привод будет работать на адаптивной скорости, но как только верхний сенсор будет активирован снова рассчитанная скорость будет пересчитана.

В общем случае функция вычисления адаптивной скорости может быть представлена в виде формулы (2):

$$u_{t+1}(t) = \lim_{x \rightarrow t} \sum_{x=i-1}^{x=i} \frac{u_x}{2} \pm k_p e(t_{t-1}) + k_i \int_0^{t-1} e(\tau) d\tau + k_d \frac{de(t_{t-1})}{dt} \quad (2)$$

Выбор знака суммы или разности зависит от динамики изменения скорости двигателя (это напрямую связано с положением пластиковой нити).

### Аппаратная часть

Для решения поставленных задач в полной мере и увеличения показателя точности, предполагается использование вместо релейной автоматики - микроконтроллера, транзисторных ключей и 2х оптопар для обеспечения обратной связи.

В качестве управляемых ключей использован MOSFET транзистор, способный обеспечить заданное быстродействие широтно-импульсной модуляции управляющего сигнала, посланного с микроконтроллера. Принципиальная схема изображена на рисунке 4. Для более тонкой настройки чувствительных элементов обратной связи была использована следующая схема трехпроводного подключения каждого из датчиков (рисунок 5)

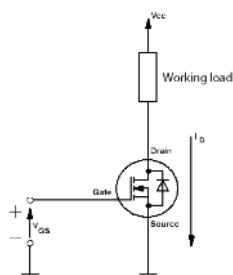


Рисунок 4. Схема реализации ШИМ

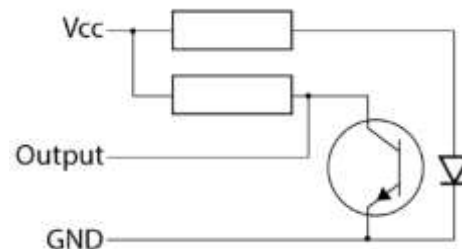


Рисунок 5. Схема трехпроводной схемы подключения датчика

Для реализации заданного алгоритма было выбрано следующее расположение оптопар (рисунок 6).

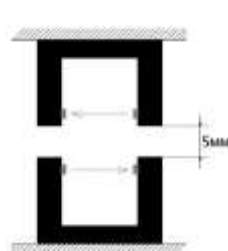


Рисунок 6.  
Расположение оптопар

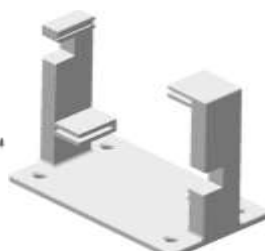


Рисунок 7.  
Модель держателя

Подобное решение позволяет точнее контролировать положение волокна в пространстве.

В данном решении был использован микропроцессор ATmega2560, способный обеспечить широтно-импульсную модуляцию на частоте 16 МГц.

## Результаты

В соответствии с алгоритмом графики переходных процессов должны выглядеть следующим образом (рисунок 8). В ходе исследований были получены следующий график (рисунок 9)

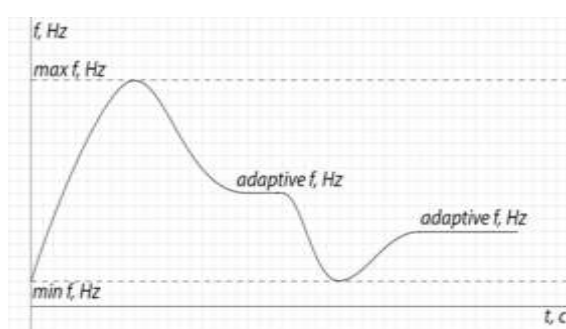


Рисунок 8. График работы алгоритма

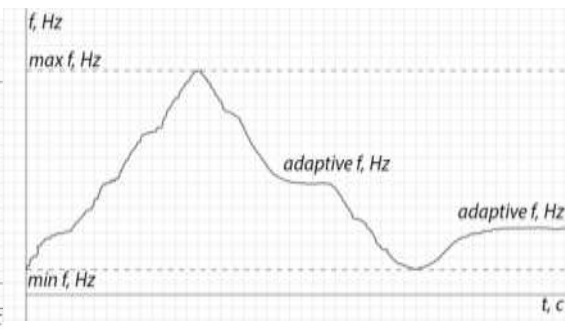


Рисунок 9. Реальный режим работы

Как видно из графиков, имеет место плавное нарастание и уменьшение скорости вращения протяжного механизма, так же алгоритм обеспечивает выход на адаптивную скорость, рассчитанную микроконтроллером на основе трендов.

## Заключение

Описанное аппаратно-программное решение было опробовано и в настоящее время успешно используется в производстве волокна из АБС пластика в модернизируемой установке.

Решаются поставленные проблемы, а именно:

- Плавное изменение частоты вращения двигателя (протягивающего механизма) за счет использования транзисторных ключей, ШИМ и предложенного алгоритма.
- Автоматически подбирается оптимальная скорость вращения, которая пересчитывается в ходе работы установки.
- Сведены к минимуму аварийные ситуации в силу отсутствия рывков при протяжке волокна.

## Список использованных источников

1. Arduino Cookbook by Michael Margolis, Published by O'Reilly Media, Inc., 2011
2. Users Guide to Autodesk Inventor by Rajat K. Daftuar, Purdue University School of Electrical Engineering
3. Control System Design by Karl Johan Åström, 2002

## СЕКЦИЯ 5. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРАХ

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА

Григорьев М.Г., Турушев Н.В.  
E-mail: Mishatpu@sibmail.com

*Научный руководитель: д.т.н., профессор, Авдеева Д.К., Лаборатория №63 НИ ТПУ*

Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) от болезней сердца и сосудов каждый год в мире погибают более 17 миллионов человек. Более того, согласно прогнозу ВОЗ к 2030 году умрет ещё около 23,6 миллионов человек. В России, в 2012 году от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) погибли 1 млн. 232 тыс. 182 человека (рисунок 1)[1].



Рисунок 1. Отчет ВОЗ по ССЗ за 2012 г.

Основным наиболее распространенным в медицинских учреждениях различного уровня является электрокардиографический (ЭКГ) метод исследования состояния сердечно-сосудистой системы человека. ЭКГ метод является методом функциональной диагностики с количественной оценкой результатов исследования. Впервые кардиографические исследования были проведены в конце 19-го века шотландским ученым Александром Мьюхэдом [2]. Тело представляет собой объемный проводник. Активная работа сердца приводит к генерации электромагнитного поля, которое может быть измерено на поверхности тела. Это поле в ходе возбуждения сердца постоянно меняется и характеристики этого поля в каждый момент времени зависят от того, в каком направлении движется по сердцу волна возбуждения. Изучение этого поля позволяет судить о последовательности возбуждения предсердий и желудочков.

Решением данной проблемы занимается множество предприятий, но особого успеха добились лишь единицы.

Проведенный анализ показал, что в настоящее время отсутствуют аппаратно-программные комплексы (АПК) для массового применения (в отделениях функциональной диагностики и кардиологии, в стационарах, в поликлиниках и медико-санитарных частях, в машинах скорой помощи, а также в частной медицинской практике, в домашних условиях, в постоянно носимых аппаратах) с целью неинвазивного углубленного исследования сердца путем регистрации низкоамплитудных потенциалов сердца с поверхности тела человека без процедуры осреднения кардиоциклов и фильтрации. Подобные аппараты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Название фирмы	Кол-во отведений	Уровень сигнала, мкВ	Частотный диапазон, Гц	Цена, тыс. руб
Геолинк-Электроникс (Россия)	3	6	0,03-10,0	270
Rozinn (США)	3	8	0.05-70	385
OXFORD (Англия)	3	5	0,05-100	400
ФГБОУ ВПО НИ ТПУ (Россия)	3-12	0,3	0-10000	<50
Davis Medical Electronics Inc. (США)	3-12	2	0.05-60	227
HELLIGE (США)	3-12	5	0,05 -100	417
CardioMem CM 3000 (Германия)	3	8	0,03-70	160
Scan Tech Medical, LLC (США)	3	6	0.05-100	163

Как видно из таблицы, рыночная стоимость кардиографов известных компаний непомерно велика по сравнению с предложенным нами продуктом. Это связано с тем, что в устройстве используются разработанные нами наносенсоры, позволяющие без использования фильтров и осреднения получать сигналы нановольтового уровня.

Актуальным для совершенствования диагностики сердечно-сосудистых заболеваний, в том числе и для ранней диагностики сердца взрослых, детей, младенцев и плода, является разработка нового поколения наносенсоров и компьютеризированной ЭКГ - аппаратуры высокого разрешения для применения в поликлиниках и в домашних условиях.

Для решения данной задачи необходимо исследование численной модели распространения возбуждения в сердечной мышце.

Возбуждение распространяется по сердечной ткани с определенной скоростью, различной для разных отделов сердца (рисунок 2).



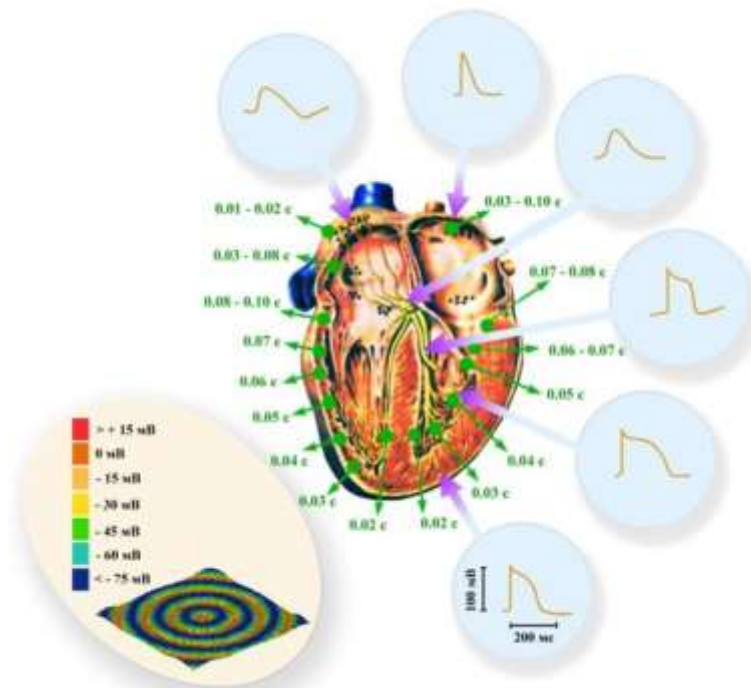


Рис. 2. Схема пространственно-временной организации нормальной работы сердца человека. Зеленые надписи и стрелки указывают время прихода волны возбуждения в данную область сердца. Голубые врезки показывают форму профиля бежущей волны (т.н. «потенциала действия») в разных областях сердца, обусловленную различием свойств элементов возбудимой среды, которую формируют ткани сердца. Бежеская врезка — нормальное распространение бежущей волны возбуждения из пейсмекерной зоны в центре (синусового узла) в сторону краев (по рабочему миокарду) в простейшей имитационной математической модели [3].

В результате формируется пространственно временная организация возбуждения сердца, обеспечивающая его функционирование. При моделировании процесса распространения возбуждения необходимо учитывать все особенности организации возбуждения в сердце.

Для реализации моделирования процесса распространения возбуждения в сердце, в рамках концепции оценки состояния сердечно-сосудистой системы (ССС), на базе лаборатории № 63 института неразрушающего контроля предполагается разработка аппаратно – программного комплекса. Алгоритм работы АПК представлен на рисунке 3.

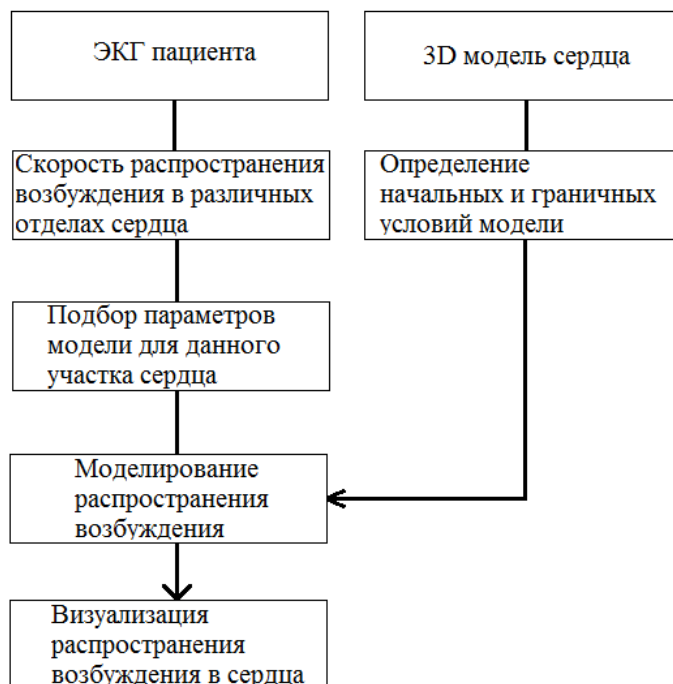


Рисунок 3. Алгоритм моделирования процесса распространения возбуждения в сердце.

Согласно алгоритму сначала на основе анализа кардиографической информации осуществляется задание начальных и граничных условий модели, затем определяются параметры модели для различных анатомических отделов сердца, и моделируется распространение возбуждения. По результатам моделирования осуществляется визуализация распространения возбуждения на поверхности сердца пациента.

#### Список литературы:

1. Сердечно - сосудистые заболевания. Информационный бюллетень №317. // Сайт Всемирной организации здравоохранения [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/ru/index.html>. – Загл. с экрана.
2. Alexander Muirhead // Wikipedia.com: [Электронный ресурс]. – режим доступа: [http://en.wikipedia.org/wiki/Alexander\\_Muirhead](http://en.wikipedia.org/wiki/Alexander_Muirhead)(дата обращения: 11.02.2014).
3. Сердце человека / / Wikipedia.ru: [Электронный ресурс]. – режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Сердце\\_человека](http://ru.wikipedia.org/wiki/Сердце_человека) (дата обращения: 18.02.2014)

### РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ПОРТАТИВНОГО ФОТОКОЛОРИМЕТРА ДЛЯ ПОЛЕВОГО АНАЛИЗА ВОД, РЕАЛИЗУЮЩЕГО ИЗМЕРЕНИЕ ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ ОБРАЗОВ

Калашникова Д.А.

E-mail: [terrezaprk@mail.ru](mailto:terrezaprk@mail.ru)

Научный руководитель: ст. преп., Кагиров А.Г., НИ ТПУ кафедра ЭБЖ

Фотометрия в настоящее время является наиболее популярным инструментальным методом химического анализа. Широкое применение фотометрии обусловлено многими ее преимуществами, среди которых наиболее существенны универсальность метода, относительно высокая чувствительность и точность определения: при содержании микрокомпонента порядка  $10^{-3}$ – $10^{-4}$  % погрешность определения не превышает 10%, а при уменьшении его концентрации до  $10^{-6}$ – $10^{-7}$  % и

необходимости предварительного концентрирования погрешность результатов увеличивается до 30 %, средства измерения в фотометрии относительно недороги [1].

Одним из современных направлений в фотоколориметрии является использование органических реагентов, иммобилизованных на твердых носителях. Носитель обеспечивает высокие кинетические характеристики чувствительного элемента, устойчивость и удобство в условиях работы. В качестве носителей используют самые разнообразные матрицы; наибольшее распространение получили ионообменники, кремнеземы, целлюлоза, пенополиуретаны и нафионовые мембраны. Несомненный интерес для иммобилизации реагентов представляют прозрачные полимерные материалы, например полиметакрилат. Полиметакрилатная матрица (ПММ) является полимерным прозрачным материалом, содержащим функциональные группы, обеспечивающие способность сорбировать и экстрагировать реагент, а также и определяемое вещество [2]. Использование полиметакрилатной матрицы позволяет совместить в твердой фазе способность к иммобилизации реагентов без потери прозрачности матрицы и способность реагентов вступать в аналитическую реакцию с определяемым компонентом [3].

Фотометрический метод обычно является наиболее удобным и доступным методом конечного определения следов элементов после их концентрирования (выделения). Достоинствами портативных приборов для внелабораторного анализа являются относительно невысокая стоимость прибора, малые габариты, высокая точность определения концентрации, использование аккумуляторных источников питания, простота использования и возможность массового применения. Однако отсутствуют фотоколориметры с ячейками, позволяющими проводить измерение оптической плотности жидких и твердых образцов в одном конструктивном исполнении. Таким образом, создание портативного малогабаритного фотоколориметра для полевого анализа вод, имеющего возможность измерения оптической плотности как жидких, так и твердых образцов, является актуальной задачей.

При прохождении через вещество световой поток ослабляется тем сильнее, чем больше энергии поглощают частицы данного вещества. Понижение интенсивности светового потока зависит от концентрации поглощающего вещества и длины оптического пути. Эта зависимость выражается законом Бугера–Ламберта–Бера:

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\varepsilon l C} \quad \text{или} \quad -\ln T = A = \varepsilon l C, \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  – молярный коэффициент поглощения;  $l$  – толщина поглощающего слоя, см;  $C$  – концентрация раствора, моль/л.

Нами был разработан портативный фотоколориметр, для измерения оптической плотности жидких и твердых образцов. Конструкция фотоколориметрической ячейки позволяет проводить измерение оптической плотности как жидких, так и твердых образцов. На одном конце измерительной ячейки закреплен источник монохроматического излучения (светодиод), а на другом — приёмник (фотодиод). Фотодиод закреплен на подвижном поршне, который может свободно перемещаться вдоль оси, при необходимости изменения длины оптического пути. Поскольку светодиод имеет фиксированную длину волны, то для измерения оптической плотности в разных участках видимого спектра используется набор из десяти светодиодов со следующими длинами волн: 400, 430, 470, 502, 525, 565, 595, 620, 660, 850 нм, что позволяет определять ряд веществ.

Традиционно фотоколориметрические измерения повоят при отсутствии фоновой засветки, например, естественного света от окон, искусственного освещения лампами и т.д. Для этого фотоколориметрическую ячейку затеняют. Нами был предложен программный способ учета фоновой засветки. Светодиод питается постоянным током, однако для вычитания из суммарного сигнала фотодиода мешающего фототока фоновой засветки, светодиод отключается на 50 мс, после чего измерение тока повторяется, а полезный сигнал вычисляется микроконтроллером по уравнению:

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\varepsilon l C} \quad \text{или} \quad -\ln T = A = \varepsilon l C, \quad (2)$$

где  $I_\Sigma$  — суммарный фототок полезного сигнала и фоновой засветки, А;  $I_b$  — ток фотодиода, соответствующий световому потоку фоновой засветки, А.

На LCD монитор выводится текущее значение коэффициента пропускания, которое вычисляется по формуле:

$$T = \frac{I}{I_m}, \quad (3)$$

где  $I$  — фототок, соответствующий световому потоку на выходе источника, А;  $I_m$  — фототок, соответствующий световому потоку на выходе из оптически активного вещества, А.

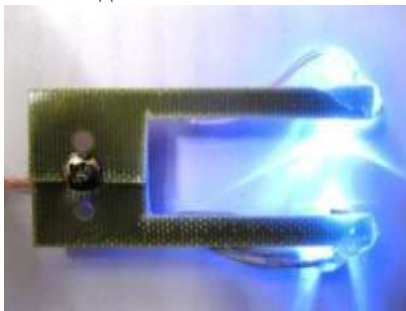


Рис.1. Конструкция фотоколориметрического датчика

На рис. 2 изображена печатная плата фотоколориметра, реализованная на базе восьми битного микроконтроллера ATmega 8 (DA1). Аналогово-цифровой преобразователь выполнен на микросхеме ADS1115(DA3) с шестнадцать битным разрешением и последовательным I2C интерфейсом. Микроконтроллер осуществляет связь с компьютером по последовательному протоколу RS-232, реализованному на микросхеме ST232 (DA4).

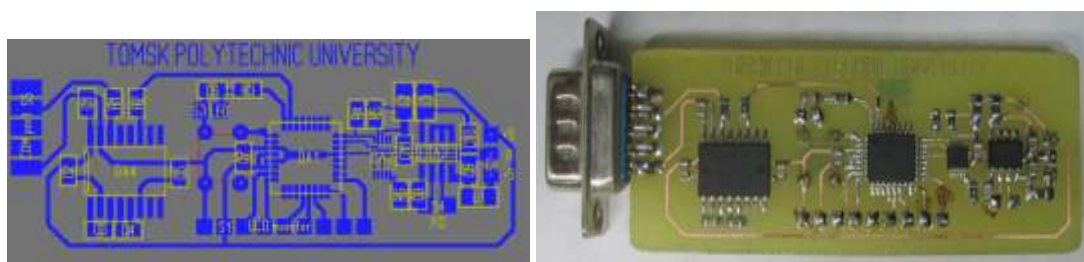


Рис.2. Печатная плата фотоколориметра

Для изготовления печатной платы использовался односторонний фольгированный стеклотекстолит и пленочный фоторезист щелочного травления. Фотошаблон распечатывали на фото пленке фирмы LOMOND. Микроконтроллер программировался по интерфейсу SPI, разъем питания S2 подводит питание к плате фотоколориметра, S5 — разъем для подключения кабеля RS232, S1 — разъем для подключения LCD индикатора WH1602. Светодиод HL1 подключен непосредственно к выходу микроконтроллера через фильтрующую LC цепочку, фотодиод ФД-256 (S4) подключен к инвертирующему входу операционного усилителя, реализующего преобразование входного тока в выходное напряжение, которое далее измеряется в аналогово-цифровом преобразователе DA3. В фотоколориметре используется одна кнопка, предназначенная для калибровки прибора и установки нулевого значения оптической плотности.

Программа для микроконтроллера написана на языке C++ в среде CodeVisionAVR.

Для возможности компьютерной обработки данных с целью повышения удобства проведения химического анализа было написано приложение в среде программирования Delphi 7 для работы в OS Windows7. На рис. 3, 4 изображены основное и дочернее окно программы:



Рис.3. Главное окно программы, управляющей работой фотоколориметра

В главном окне программы отображается коэффициент пропускания  $T$ , оптическая плотность  $A$ , а также вычисленное по градуировочной характеристике значение концентрации  $C$ . В этом окне отображается уравнение калибровки, а также номер СОМ-порта, к которому подключен фотоколориметр. При нажатии на кнопку калибровки управление передается дочернему окну (см. рис. 4), а главное окно становится неактивным.

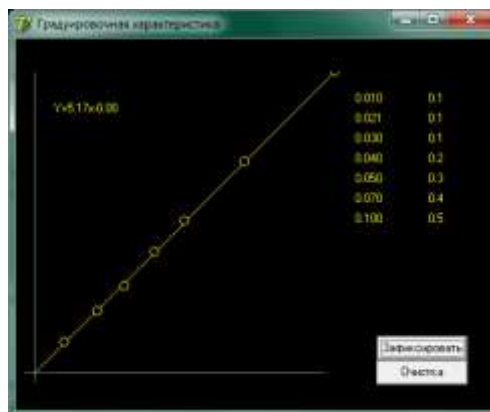


Рис.4. Дочернее окно программы с градуировочной характеристикой

Уравнение калибровки формируется из массива данных концентрации и оптической плотности по методу наименьших квадратов. При необходимости изменения калибровочного уравнения необходимо нажать кнопку очистки и снова ввести массив данных  $C$  и  $A$ .

Для демонстрации работоспособности разработанного фотоколориметра в табл. 1 приведены результаты определения хрома в растворах, изготовленных с использованием государственных стандартных образцов. Результаты были получены двумя методами: твердофазной спектрофотометрии с помощью спектрофотометра Cary 60 и действующего макета портативного фотоколориметра.

Таблица. 1. Определение хрома в стандартных образцах ( $N = 3$ ,  $P = 0.95$ )

Концентрация $C_r$ , мг/л	Найдено $C_r$ , мг/л	
	Cary 60	Макет
0.08	0.076±0.016	0.07±0.02
0.15	0.15±0.02	0.14±0.02
0.40	0.38±0.03	0.39±0.04

### Результаты

1. Создан макет портативного малогабаритного светодиодного фотоколориметра для полевого анализа вод, реализующего измерение жидких и твердых образцов.
2. Действующий макет фотоколориметра в сравнении с другими приборами (Cary 60) оказался более удобным в эксплуатации, как за счет механизма фиксации твердофазных образцов, так и за счет применения ячейки погружного типа, что ускоряет и упрощает проведение анализа.
3. Разработана методика учета фоновой засветки фотодиода, позволяющая проводить измерение оптической плотности твердофазных образцов без затемнения рабочей зоны.
4. Разработан программный комплекс для управления работой фотоколориметра.

### Список использованной литературы

1. Золотов Ю.А. – Химический анализ без лаборатории. Вестник РАН, 1997, т. 67, №6, с. 508 – 513.
2. Саранчина Н.В. Аналитические свойства дитизона и диэтилдитиокарбамината, иммобилизованных в полиметакрилатную матрицу: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук: спец. 02.00.02 / Н. В. Саранчина; Томский государственный университет (ТГУ); науч. рук. Г. М. Мокроусов. – Томск: Б.и., 2007. – 22 с.
3. Пат. 2272274 Российская Федерация. Индикаторный чувствительный материал для определения микроколичеств веществ. / Гавриленко Н.А, Мокроусов Г.М., заявитель и патентообладатель Томский государственный университет. – опубл. 18.08.2004.

4. Короткова Е.И. Физико-химические методы исследования и анализа: учебное пособие /Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 168 с.

## **ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОБСАДНЫХ ТРУБ**

Пашенко А.П

E-mail: ale30832367@yandex.ru

*Научный руководитель доцент М. С Салтымаков, ТПУ ИПР кафедра ТХНГ*

Большинство крупных нефтегазовых месторождений России эксплуатируются в течение длительного времени, 20 — 30 лет и более. За это время обсадные колонны многих скважин подверглись коррозии, в ряде случаев приводящей к нарушению их герметичности, что, в свою очередь, вызывает загрязнение водоносных горизонтов нефтью и высокоминерализованными водами, увеличение содержания воды в добываемом флюиде. По причине коррозии обсадных труб, разгерметизации 15% нефтяных, нагнетательных и поглощающих скважин находится в бездействии.

Основной причиной возникновения коррозионных повреждений является контакт труб с коррозионно-агрессивными средами. Негативный эффект для внутренней поверхности обсадных труб может усугубляться абразивным действием насосного оборудования, а также высокой скоростью течения добываемого флюида. Обсадные трубы подвержены коррозии под действием блуждающих токов, сульфатвосстанавливающих бактерий, а также в результате соединения разнородных металлических материалов.

Исходя из накопленного нефтяной промышленностью опыта, для борьбы с коррозией обсадных труб применяют следующие меры [6]:

Для защиты наружной поверхности обсадных труб от коррозионного повреждения:

1. Проведение цементировочных работ, включающих применение центрирующих фонарей, скребков и цемента;
2. Применение электрической изоляции выкидных линий от скважин посредством применения изолирующих фланцевых соединений для уменьшения или предотвращения коррозии, вызванной блуждающими токами;
3. Применение щелочных буровых растворов или буровых растворов, обработанных бактерицидами для снижения коррозии, вызванной деятельностью сульфатвосстанавливающих бактерий;
4. Применение систем катодной защиты.

Для защиты внутренней поверхности обсадных труб от коррозионного повреждения:

1. Уплотнение межтрубного пространства буровым раствором на основе пресной воды или щелочным буровым раствором с низкой минерализацией;
2. Применение лифтовых колонн насосно-компрессорных труб;
3. Применение ингибиторов;
4. Установка пакеров для герметизации межтрубного пространства между колонной насосно-компрессорных труб и колонной обсадных труб.

Каждый из этих методов имеет явные достоинства и недостатки. Часто стоимость замедления коррозии столь высока, что расходы себя не оправдывают; тогда никаких антикоррозионных мер не предпринимают, а заменяют оборудование по окончании его срока службы.

Наиболее часто применяемым в настоящее время способом борьбы с коррозией является использование химических методов подготовки технологических жидкостей, которые предусматривают введение в них сложных и, как правило, дорогостоящих реагентов - коагулянтов, флокулянтов, бактерицидов, умягчителей, ингибиторов коррозии и солеотложения, деэмульгаторов и т. д.

Также защита обсадных колонн в действующих скважинах обычно осуществляется с помощью ингибиторов коррозии [3]. Однако при этом достигается защита лишь внутренней поверхности обсадных колонн, а наружная поверхность не может быть обработана ингибиторами. В

то же время одной из главных причин нарушения герметичности обсадных труб является их коррозионное поражение вследствие воздействия агрессивных сред с внешней стороны [7].

В этих условиях единственно приемлемым методом является электрохимическая защита (катодная поляризация) [1]. Интересный способ защиты был разработан тюменскими нефтяниками. Они предложили сочетать электрохимическую и химическую защиту подземного оборудования нефтепромыслов от коррозии под действием сульфатовосстанавливающих бактерий путем электролизного хлорирования. Электрический ток пропускают между обсадными трубами скважины. В результате электролиза хлоридов, растворенных в воде, образуется хлор, который и производит бактерицидное действие [2].

Очевидно, что применяемые в настоящее время методы ингибиторной защиты не могут решить проблемы полностью. Добиться повышения надежности и снижения коррозии можно только за счет применения комплексных мер. Среди них основной, по-видимому, можно считать смену материала труб на коррозионно-устойчивый, а также применение труб с антикоррозионным покрытием, то есть технические способы защиты.

До настоящего времени заводами практически не освоен массовый выпуск труб с антикоррозионным покрытием. При сложившейся ситуации нефтегазодобывающие предприятия вынуждены организовывать собственные производства по антикоррозионному покрытию труб. На сегодняшний день компании применяют наиболее популярные и действенные антикоррозионные средства – металлические покрытия, а актуальным направлением их совершенствования выступает оптимизация состава, структуры и технологии нанесения.

В последнее десятилетие наблюдается устойчивый рост потребности мирового рынка в трубах для добычи нефти и газа из высоколегированных коррозионно-стойких сталей и сплавов. Они эффективны для месторождений, где в добываемой продукции присутствуют такие коррозионно-агрессивные компоненты, как сероводород и диоксид углерода, углекислотная коррозия. Анализ показывает, что защитные покрытия, используемые в жестких коррозионно-эрозийных условиях, должны обладать не только повышенной коррозионной стойкостью, но и устойчивостью к абразивному износу и иметь высокую степень сцепления с поверхностью защищаемого изделия.

Одним из перспективных является способ термохимического диффузионного цинкования, разработанный ООО НПО «Неоцинк». Результаты многочисленных лабораторных, стендовых и промышленных испытаний диффузионных цинковых покрытий показывают, что они наиболее подходят для защиты от коррозии металлоизделий и конструкций, эксплуатирующихся в осложненных условиях. Важной характеристикой физико-механических свойств цинковых покрытий является их твердость (микротвердость). Она определяет стойкость покрытия к воздействию агрессивной среды. Диффузионный способ цинкования находит все большее распространение при производстве различных стальных изделий, что обусловлено, прежде всего, высокими защитными свойствами этих покрытий, а следовательно - высоким экономическим эффектом, получаемым при эксплуатации этих изделий. Например, известный способ достаточно надежно защищает скважину с обсадной колонной без следов коррозии.

В условиях высокоагрессивных сред также успешно применяются обсадные трубы из сталей мартенситного класса, содержащих хром. С учетом возрастающей год от года важности решения проблем углекислотной коррозии труб «Трубная металлургическая компания» приступила к освоению новых коррозионно-стойких обсадных и насосно-компрессорных труб с газогерметичными резьбовыми соединениями класса «Премиум». Специалистами «РосНИТИ», ООО «ТМК-Премиум Сервис» и российских заводов Группы «ТМК» была проведена большая работа по выбору марок сталей и разработке технологии производства обсадных и насосно-компрессорных труб из сталей с содержанием хрома 13%. Технические требования к которым для группы прочности L80 сформулированы в стандартах API 5CT и ГОСТ Р 53366 [4].

Не останавливаясь на достигнутом, на заводах Компании проводится работа по освоению сталей, дополнительно легированных никелем и молибденом, для придания трубам холодостойкости и максимально высокой прочности.

Известен способ соединений коррозионно-стойких насосно-компрессорных или обсадных труб из сталей с содержанием хрома 3-20%, отличающийся тем, что, по меньшей мере, на одну из его сопрягаемых поверхностей методом термодиффузионного порошкового цинкования наносят цинковое покрытие [5].

Также на предприятиях применяются современные технологии нанесения целого ряда наружных и внутренних защитных покрытий на стальные трубы, соединительные детали и трубную

арматуру. Среди них, нанесение наружной трехслойной и внутренней эпоксидной изоляции на обсадные трубы [4].

Впервые в нашей стране освоена технология нанесения защитного эмалированного покрытия АРГОФ-ЭП на внутреннюю поверхность металлических труб диаметром 50 - 300 мм и длиной до 12 м. Данная технология нанесения покрытия полностью запатентована. Такое защитное покрытие обладает хорошей адгезией, прочностью, износостойкостью, стойкостью к среде нефти и нефтепродуктов, растворам кислот, сероводорода и щелочей – все это обеспечивает надежную защиту от коррозий и существенно повышает эксплуатационные свойства трубы.

Перспективным видом покрытий являются различные силикатные эмали - кислотостойкие, износостойкие, жаростойкие, вибростойкие и др. Оптимальный подбор состава эмали, режимов ее нанесения и обжига обеспечивает исключительно высокие качественные показатели такой защиты.

Конечно, актуальность применения различных покрытий для антикоррозионной защиты осознали практически все крупные добытчики нефти и газа, что и обуславливает стремительный рост применения данной продукции.

Применение различных средств защиты – ингибиторов, легированных-стойких сталей, защитных покрытий, протекторов – позволяет продлить срок службы сооружений и скважин. Однако даже самая эффективная система защиты имеет свои недостатки и требует постоянного контроля. Кроме того, чтобы выбрать наиболее рациональный способ противокоррозионной защиты, необходимо располагать исчерпывающей информацией об агрессивности окружающей среды, транспортируемой жидкости и возможном характере коррозионных поражений. Необходимо систематическое изучение, обобщение и распространение положительного отечественного и зарубежного опыта по предотвращению (предупреждению) коррозии и ликвидации последствий от нее.

#### Литература

1. Андреев И.Н. Введение в коррозиологию: учебное пособие /И.Н.Андреев – Казань: изд-во казанского государственного технологического ун-та, 2004. – С.120 -124.
2. Ворошилова О.Б. Биокоррозия не миф: что делать? / Промышленный портал. [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <http://www.1akz.ru/articles/biokorroziya-ne-mif-chto-delat>
3. Кузнецов М.В. Коррозия и защита нефтегазового и нефтегазопромыслового оборудования: учебное пособие / М.В. Кузнецов, А.М. Кузнецов - Уфа: изд-во УГНТУ, 2004
4. Корпоративная пресса Трубной Металлургической Компании. Знак качества // Вестник ТМК. – 2008 - №1(20) – С.16-17
5. Патент РФ №2384789 С1 F16L58/08,2006. Соединение коррозионностойких обсадных или насосно-компрессорных труб и способ его получения/А.В.Гетьман, С.С.Степанова, Ю.А.Трифонов/ Заявка 2008144306/06; опубл. 10.11.2008, Бюл.№13
6. Проект ГОСТ ИСО 10405. Трубы обсадные и насосно-компрессорные для нефтяной и газовой промышленности.-первая редакция.: Москва. Стандартиформ, 2011.
7. Шканратов В.С. Антикоррозионная защита /В.С.Шканратов //Нефтегазовая вертикаль.-2006.- №9 – С.159.

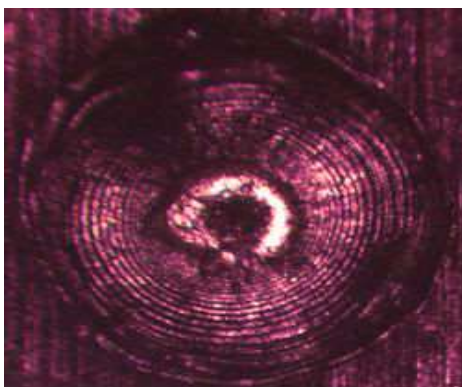


## ДЕМОДУЛЯЦИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Шангараев И.Р., Звездин В.В., Галанина Н.А.  
Ildar\_chelni2010@mail.ru

*Научный руководитель: д.т.н., доцент, Звездин В.В., ФГБОУ ВПО (ИНЭКА)*

При воздействии импульсного лазерного излучения (ЛИ) на металл, в зоне взаимодействия возникают упругие механические колебания с частотой 30-600 кГц. На поверхности образца после такого воздействия наблюдаются ярко выраженные кольца уплотнений металла (рис. 1). Данные кольца характеризуют возникновения механических колебаний в металле [1].



*Рис.1 Фото поверхности образца (материал Ст.45, толщина 8 мм), при фокусировке ЛИ ниже поверхности образца (глубина 1.92 мм, длительность 3 мс и энергия 12.7 Дж).*

Период полученных на образце колец отражается на параметрах ультразвуковых колебаний (УЗК). В спектре полученных сигналов УЗК преобладают низкие частоты, поэтому для повышения точности анализа был использован метод модуляции информационным сигналом несущей частоты генератора ультразвука. Модуляция низкочастотных информационных колебаний за счет включения высокочастотных ультразвуковых колебаний (генератора УЗК), несущая частота которых на порядок выше, чем частота исходного УЗК, позволяет более точно определить показатели качества технологического процесса (ТП), такие как диаметр отверстия, микротвердость и шероховатость поверхности, точность позиционирования, фокусное расстояние от поверхности. Амплитуда такой модуляционной функции должна быть пропорциональна глубине фокуса ЛИ зоны термического влияния [2].

Модуляция является нелинейным процессом. В качестве несущего сигнала используется гармоническое колебание:

$$U(t) = U_m \cos(\omega_0 + \varphi_0) \quad (1)$$

Модулирующий сигнал является гармоническим  $s(t)$  колебанием:

$$s(t) = U_s \cos(\Omega t + \Phi_0) \quad (2)$$

Для выделения информационного сигнала из УЗК была разработана структурная схема (рис. 2).

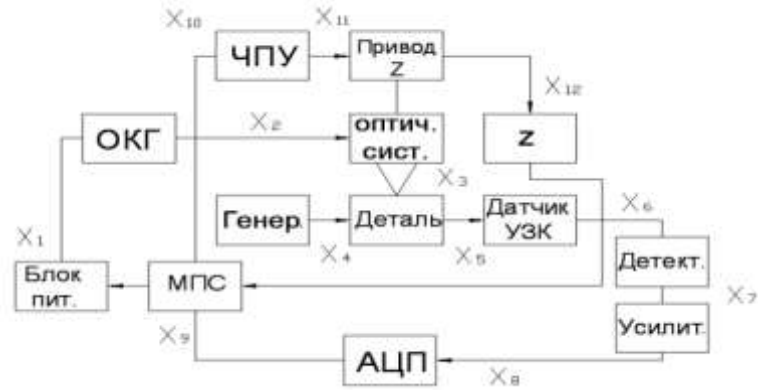


Рис. 2 Структурная схема

Передаточные функции структурной схемы:

Блок питания: 
$$T_{БП} \cdot \frac{dX_1}{dt} + X_1 = K_{БП} \cdot X_9$$

ОКГ: 
$$T_{окг} \cdot \frac{dX_1}{dt} + X_1 = K_{окг} \cdot X_9$$

Оптическая система: 
$$T \cdot \frac{dX_3}{dt} + X_3 = K \cdot X_2$$

Генератор : 
$$W(s) = \frac{K}{T \cdot s + 1}$$

Деталь: 
$$T_{дет} \cdot \frac{dX_5}{dt} + X_5 = K_{дет} \cdot X_4$$

Детектор: 
$$X_7 = K \cdot X_6$$

Усилитель: 
$$X_8 = K \cdot X_7$$

АЦП: 
$$X_9 = K_{АЦП} \cdot X_8$$

МПС: 
$$X_{10} = K_{МПС} \cdot X_9$$

ЧПУ: 
$$T \cdot \frac{dX_{11}}{dt} + X_{11} = K \cdot X_{10}$$

Привод: 
$$T \cdot \frac{dX_{12}}{dt} + X_{12} = K \cdot X_{11}$$

Устройство перемещения: 
$$T \cdot \frac{dX_{13}}{dt} + X_{13} = K \cdot X_{12}$$

При детектировании (демодуляции) на вход детектора подается модулированное колебание, содержащее лишь высокочастотные составляющие: несущую и боковые частоты. На выходе же должно быть получено напряжение с низкочастотным спектром передаваемого сигнала.

Колебание, промодулированное по амплитуде гармоническим сигналом имеет вид:

$$u(t) = U_0 (1 + m \cos \Omega t) \cos \omega_0 t, \quad (3)$$

Где  $U_0$  – амплитуда несущего колебания,  $m$  – глубина модуляции,  $\Omega$  – частота низкочастотного сигнала,  $\omega_0$  – несущая частота. Выражение (3) можно представить в виде:

$$u(t) = U_0 \cos \omega_0 t + U_0 \frac{m}{2} \cos(\omega_0 + \Omega)t + U_0 \frac{m}{2} \cos(\omega_0 - \Omega)t. \quad (4)$$

Отсюда следует, что модулированное колебание содержит в своем спектре только высокочастотные составляющие: несущее колебание с частотой  $\omega_0$  и комбинационные колебания с частотами  $\omega_0 \pm \Omega$ , близкими к  $\omega_0$ , поскольку  $\Omega \ll \omega_0$ . При детектировании (демодуляции) колебания получается низкочастотный сигнал вида  $u_{\text{вых}}(t) = A \cos \Omega t$ .

Таким образом, детектирование (демодуляция) сопровождается преобразованием частотного спектра и поэтому не может быть осуществлено без применения нелинейных систем или же линейных систем, но с переменными параметрами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лосев В.Ф., Морозова Е.Ю., Ципилев В.П. Физические основы лазерной обработки материалов. – Томск.: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. -199с.
2. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2006. - 664 с.

## **CAD/CAE ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕЗДЕФЕКТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «MEZA»**

Малышев Д.Ю., Деев М.А.  
E-mail: dmitry.mlv@gmail.com

*Научный руководитель: канд. физ.-мат.наук, доцент Крехтулева Р.А., Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

### **Введение**

Уровень развития современных систем автоматизированного проектирования (САПР) позволяет использовать цифровые технологии на самых разных этапах производственного цикла: от создания изделия до его эксплуатации и последующей утилизации. Активное внедрение САПР в хозяйственную и социальную жизнь является залогом роста производительных сил общества, рационального использования трудовых и материальных ресурсов, повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции и укрепления экономики в целом.

Настоящая работа посвящена развитию методов предпроектной диагностики состояния материала конструкции, подвергнутого интенсивной термообработке. Актуальность данного исследования обусловлена тем, что термические методы (сварка, наплавка, пайка, литье и т.д.) широко применяются в производстве объектов машиностроения, приборостроения, транспорта и других. Существующие методы контроля качества получаемых изделий, как правило, констатируют факт пригодности или непригодности изделия уже после того, как оно получено. При наличии брака в изделии оно изымается из производственного цикла и подлежит либо восстановлению, либо утилизации. В отдельных случаях скрытые дефекты не удается своевременно обнаружить. Чаще всего это случается в зоне сварных соединений из-за больших остаточных напряжений или разупрочнения материала в процессе кристаллизации. Скрытые дефекты возникают при усадке литых изделий из-за нелинейности процессов охлаждения. Термообработка материалов, имеющих при определенных температурах фазовые переходы, также может спровоцировать возникновение дефектов в виде микротрещин из-за скачкообразного изменения внутренней структуры. В результате оказывается, что обнаруженные дефекты снижают производительность и повышают себестоимость продукции, а необнаруженные (пропущенные) дефекты увеличивают риски техногенных аварий. В то же время возникновение значительной доли дефектов можно избежать, если при выборе технологических режимов термообработки материалов использовать средства САПР технологических процессов. В данной работе рассматривается применение методологии САПР для диагностики обрабатываемых изделий и оценки их качества с использованием программного обеспечения (ПО) «Meza».

## Структура и возможности ПО «Meza»

Полная версия ПО «Meza» является цифровой 3D моделью технологических процессов сварки, наплавки, термической резки, газотермического нагрева и охлаждения материалов различной внутренней структуры: однородных, пористых, слоистых, материалов с включениями. В эту программу входит две подсистемы: CAD (Computer Aided Design) – системы конструкторского проектирования и CAE (Computer Aided Engineering) – системы расчетов и инженерного анализа.

Программа предназначена для проектирования новых конструкционных материалов, конструирования изделий 3D геометрии и исследования влияния технологических режимов на изменение теплофизических параметров обрабатываемых материалов. ПО «Meza» позволяет осуществлять технологическую подготовку производственных циклов и выполнять научно-исследовательские работы по изучению зависимостей «воздействие – состав – свойство» для различных конструкционных материалов.

Блок Meza – CAD позволяет проектировать материалы с различной внутренней структурой, а также проектировать элементы конструкций из этих материалов, которые в дальнейшем будут подвергаться термообработке. Геометрические размеры структурных элементов могут варьироваться в широких пределах: от долей миллиметра до нескольких сотен миллиметров. На Рис. 1 представлены примеры проектирования конструкций усложненной геометрии и материала с внутренней структурой.

В блоке Meza – CAE осуществляется компьютерный эксперимент обработки элемента конструкции, созданного в блоке Meza – CAD, по одной из базовых технологий. Из базы данных выбирается тип источника нагрева (электрическая дуга, электронный луч, газотермический поток и прочее), задаются режимы воздействия: скорость и траектория движения источника нагрева, его мощность, коэффициент полезного действия, задаются другие исходные данные: начальная температура образца, характеристики окружающей среды (воздух, вакуум), область теплового воздействия источника и т.д. Слежение за процессом осуществляется по показаниям виртуальных термодатчиков, которые могут быть выставлены по всему объему образца с шагом  $h \geq 0,1$  мм. Термодатчики регистрируют изменение температуры (нагрев-охлаждение) в конкретной точке материала в зависимости от времени (Рис.2,а). Также предусмотрено слежение за протяженностью зон фазовых превращений и за распределением температурных полей в различных сечениях обрабатываемого образца (Рис. 2,б и 2,в).

В базе данных ПО «Meza» содержатся теплофизические параметры более тридцати материалов различной физической природы: технически чистых металлов, сталей, газов, неметаллических веществ. Вычисления проводятся конечно-разностным методом. В систему математического описания технологических процессов входят: пространственное динамическое уравнение теплопроводности, уравнение фазовых переходов Стефана, уравнения состояния материалов, уравнение теплового потока от источника нагрева, уравнение движения источника нагрева и температурные зависимости теплофизических параметров реальных материалов.

Более подробное описание структуры программы и оценка достоверности расчетных методов приведены в работах [1-3].

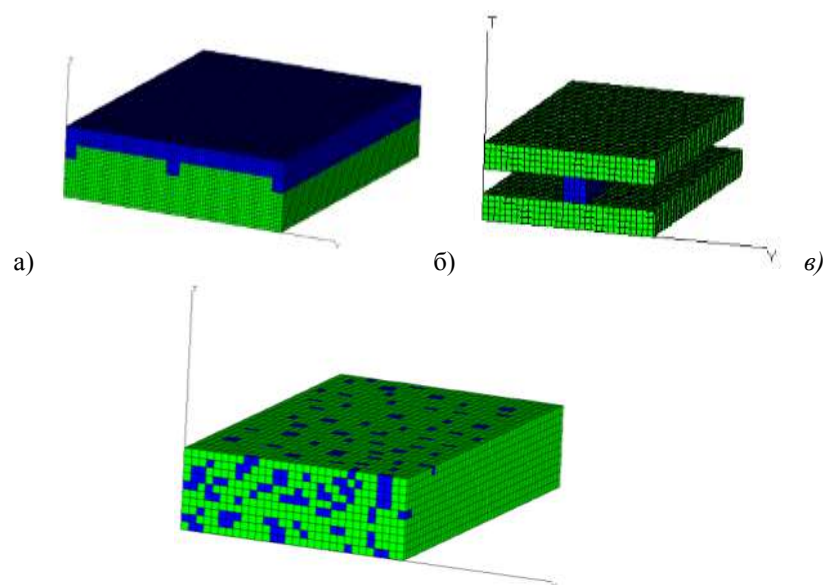


Рис.1. Примеры проектирования: а, б – образцы усложненной геометрии, в – материал сложной внутренней структуры.

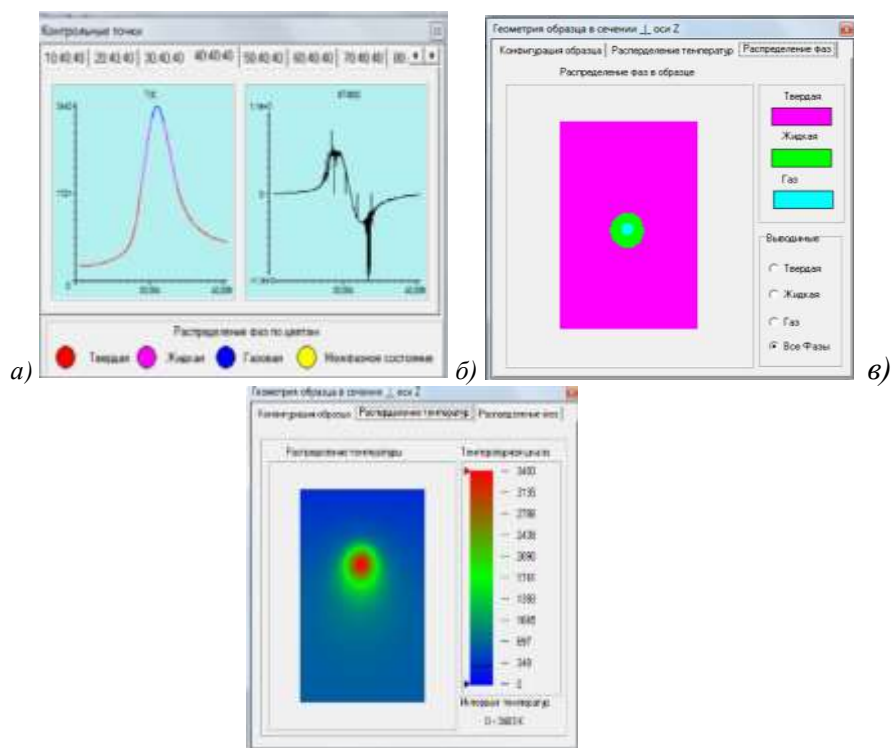


Рис. 2. Способы слежения за изменением температурных полей и фазовыми превращениями в объеме материала.

### Примеры оценки дефектности при различных режимах термообработки

Природа образования дефектов при термообработке материала различна. Она может быть связана с неоднородностью структуры материалов, с нелинейностью теплофизических свойств

материалов, с наличием краевых эффектов и разных других факторов, большинство из которых удастся обнаружить при тщательных расчетах с использованием ПО «Meza» [4,5]. Покажем это на примере тепловой обработки прямоугольных образцов с размерами 120x80x10 мм, выполненных из стали Ст20Х13. Мощность источника нагрева задавалась  $q=9,5$  Квт/см<sup>2</sup>. Компьютерные эксперименты показали, что характер нагрева пластин существенно зависит от скорости движения источника. Так, при скорости  $V=1,5$ мм/с глубина проплавления, исключая начало и конец пластины, составляет 1мм (Рис.3,а). Однако, значительная часть зоны расплава активно испаряется, это проиллюстрировано на Рис.2. Следовательно, можно сделать вывод о том, что при таких режимах поверхностный слой металла после охлаждения приобретет сильную шероховатость, что недопустимо. Кроме того, правый конец пластины из-за перегрева будет подвержен большим остаточным деформациям. Это, так называемый, краевой эффект. При увеличении скорости до  $V=3$  мм/с (Рис.3,б) удалось избежать испарения расплава и одновременно уменьшить величину краевого эффекта. Таким же образом можно установить мощность источника, необходимую для предварительного подогрева, чтобы избежать возникновения краевых эффектов в левой части пластин, то есть при начале обработки образцов.

В результате проведенных исследований было показано, что САПР технологических процессов на основе программного обеспечения «Meza» может быть надежным инструментом подготовки производственных операций, связанных с термообработкой материалов, в том числе новых конструкционных материалов, свойства которых еще недостаточно исследованы. Данный способ анализа позволяет заменить трудоемкие экспериментальные исследования компьютерными расчетами, что повышает точность выбора нужных технологических режимов и существенно сокращает временные и материальные затраты, особенно на этапе отработки новых технологий.

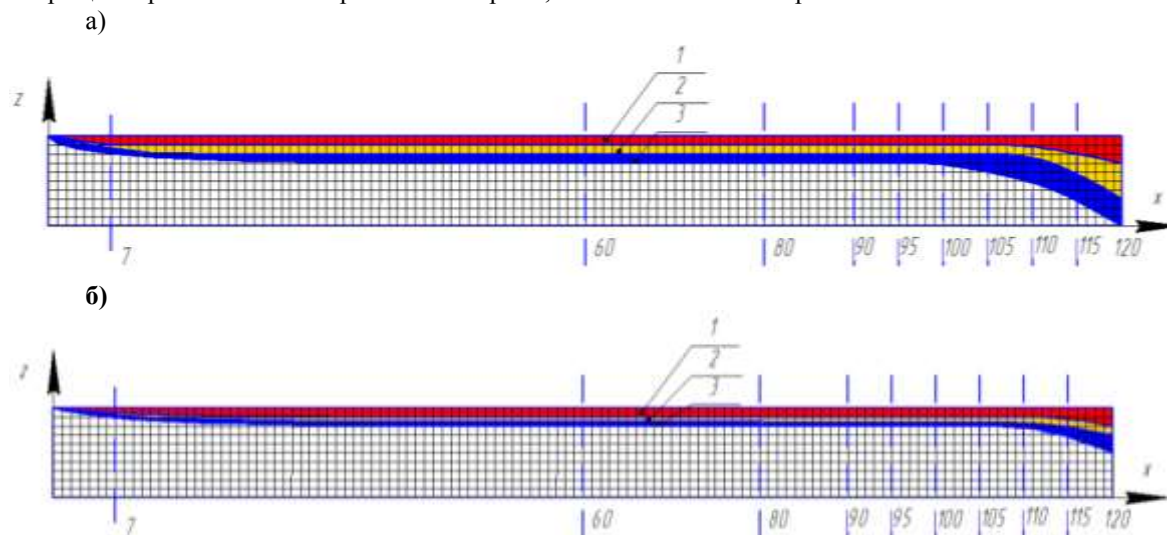


Рис. 3 влияние режимов обработки на образования краевых эффектов в Ст20Х13  
 Зона термического воздействия: 1 - зона плавления, 2 – зона неполного плавления (1820-1500)К, 3 – зона перегрева (1500-1200)К

## Список литературы

1. Кректулева Р. А., Батрагин А. В., Бежин О. Н. Применение программного обеспечения Meza для оценки дефектности сварных соединений на стадии проектирования // Сварка и диагностика. – 2009. – № 2. – С. 36–42.
2. Бежин О.Н., Косяков В.А., Кректулева Р.А. Формирование тепловых локализованных структур в сварном шве при импульсно-дуговой сварке неплавящимся электродом // ПМТФ 1998. № 6. С. 172–176.
3. Кректулева Р.А. Компьютерное моделирование и анализ теплофизических процессов при сварке неплавящимся электродом с использованием теплоотводящих покрытий.// Сварка и диагностика.- 2011. – №4. – С.45–51.
4. Кректулева Р.А. Численное моделирование процессов теплопереноса в материалах с мезоструктурой // Изв. ВУЗов.Физика. – 2011. – №10/2С.103–108.

5. Кректулева Р. А., Деев М. А., Малышев Д. Ю. Исследование краевых эффектов в сварных соединениях с учетом влияния скорости сварки по результатам компьютерных экспериментов. Труды VII-й международной научно-технической конференции «Современные проблемы машиностроения», 11-13 ноября 2013г. Томск, Россия. – Томск, 2013. – С.191–195.

## СЕКЦИЯ 6. ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИЕ ПРОЕКТЫ

### ВЕТРОГЕНЕРАТОР

Набойченко Д. А., Борщев Е. С., Анучин А. О.  
pokedimidrol@gmail.com

*Научный руководитель: Чернов А.В., ст. преподаватель каф. ТиЭФ ФТИ ТПУ*

#### Введение

Ресурсы энергии ветра многократно больше, чем все запасы ископаемого топлива, накопившиеся за миллионы лет в земной коре. Мы буквально живем на дне океана энергии. Пока существует планета и ее газовая оболочка, нагреваемая Солнцем, будет происходить перемещение воздушных масс. И любой может производить электричество буквально из воздуха! Прорыв в технологиях композитных материалов позволил увеличить мощность ветряных турбин за последнее десятилетие в 50 раз. По прогнозам Европейского Совета по возобновляемым источникам энергии, ветроэнергетические установки к 2030 году должны покрыть более 30% общемировой потребности в электроэнергии.

Ветряная энергетика является выгодной и привлекает инвестиции. За 2010 год оборот сферы ветряной энергетике составил 40 миллиардов евро. В 2011 году доля ветряной энергетике достигла 3% от общемировой выработки электроэнергии.

Поэтому цель проекта – создание генератора электрического тока, приводимого в движение силой ветряного потока. Спроектированная установка способна накапливать небольшое количество энергии, а так же заряжать различные телефоны, смартфоны, плееры, планшетные компьютеры и т. д. с помощью порта USB.

#### Методическая часть

Проект предназначен для отработки преобразования энергии ветра в электрическую энергию. Ветряная энергия может быть использована в отдаленных местах, где отсутствует электрическая сеть, но электричество необходимо в силу различных причин. В этом случае установка ветряного генератора сокращает расходы на прокладку электросети к этому месту, а так же дает ему автономность и независимость от электрических сетей. Малые же ветряные генераторы, подобные тому, что будет изготовлен нами, могут быть использованы для получения электричества в походных условиях.

Ресурсы энергии ветра многократно больше, чем все запасы ископаемого топлива, накопившиеся за миллионы лет в земной коре. Мы буквально живем на дне океана энергии. Пока существует планета и ее газовая оболочка, нагреваемая Солнцем, будет происходить перемещение воздушных масс. И любой может производить электричество буквально из воздуха! Прорыв в технологиях композитных материалов позволил увеличить мощность ветряных турбин за последнее десятилетие в 50 раз. По прогнозам Европейского Совета по возобновляемым источникам энергии, ветроэнергетические установки к 2030 году должны покрыть более 30% общемировой потребности в электроэнергии.

Ветряная энергетика является выгодной и привлекает инвестиции. За 2010 год оборот сферы ветряной энергетике составил 40 миллиардов евро. В 2011 году доля ветряной энергетике достигла 3% от общемировой выработки электроэнергии.

Для следующих групп потребителей установка ветряных генераторов для получения электричества оказывается особенно выгодной:

1) Объекты, не подключенные к общей электросети, и где подключение является дорогим из-за удаленности объекта или недостатка мощности ближайших сетей. В этом случае установка автономной ветряной системы является выгодной просто в силу того, что капитальные затраты на установку будут равны или ниже стоимости подключения к общей сети

2) Объекты, подключенные к существующим электросетям, но оплачивающие электроэнергию по высоким тарифам. Это могут быть объекты юридических лиц или физические лица с договорами частной поставки электроэнергии для коттеджных поселков или удаленных объектов. При цене за



киловатт-час свыше 3 рублей установка ветряной системы оправдывает себя за срок службы 15 лет. При более высокой цене за киловатт-час ветряная система окупится еще быстрее.

3) Объекты, подключенные к существующим электросетям, но где напряжение в сетях низкое или есть проблема частых отключений и скачков напряжения. В этом случае главной выгодой будут не деньги, а качество электричества и его стабильность. Установка ветряной системы окажется недешевым решением, но отсутствие необходимости оплаты растущих счетов за электричество будет постепенно компенсировать расходы на установку.

Спроектированный нами ветряной генератор состоит из трех основных частей:

1) Подвижная часть – лопасти, соединенные с ротором генератора, с помощью специальной крестовины, а так же корпус генератора, одновременно выполняющий функцию кия.

2) Электрическая часть – генератор постоянного тока, соединенный с корпусом. Электрический ток от генератора с помощью скользящих контактов подается на аккумулятор с USB портом зарядки.

3) Опора – часть конструкции, для установки генератора на горизонтальную поверхность или штырь. Удерживает подвижную и электрическую часть с помощью планки крепления и подшипника.

### Устройство и расчеты

Лопасты (1) преобразуют энергию ветра в собственную механическую энергию, которую они передают на электрогенератор (2), напрямую соединенный с лопастями. В генераторе механическая энергия преобразуется в электрическую и по проводам передается аккумулятору. Генератор и соединенные с ним лопасти установлены на корпус (3), одновременно выполняющий функцию кия (4). Корпус, с помощью подшипника и специальной платформы (5), крепится к трубчатой опоре (6). Электрический ток, в связи с вращением корпуса относительно опоры, к аккумулятору передается посредством скользящих контактов.

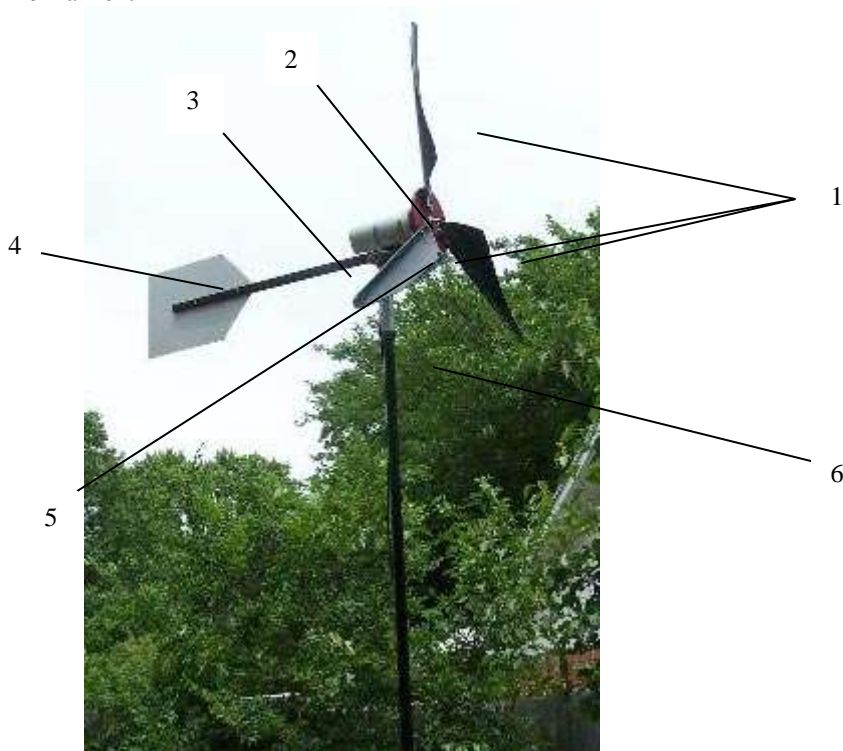


Рис. 1 Устройство

Необходимо было получить электрический ток мощностью 5 ватт – мощность, необходимая для зарядки аккумулятора. КПД ветряка было принято 30% - наиболее возможное КПД для ветряного генератора. Расчет велся для ветра скоростью 7 м/с, при температуре 15<sup>0</sup>С ( $\rho=1,225 \text{ кг/м}^3$ ). Расчет был необходим для определения необходимой обметаемой поверхности лопастей и, соответственно, длины лопастей.

### Выводы

В ходе выполнения проекта были получены необходимые знания в работе с ветряными электрогенераторами и их особенности. Испытания подтвердили наши ожидания. КПД ветряного генератора оказался выше ожидаемого, в результате чего удалось произвести зарядку USB-аккумулятора при меньшей скорости ветра, чем была скорость в расчетах. Номинальная мощность зарядки более 5 ватт, что позволяет заряжать аккумулятор при среднем ветре.

Прямым развитием данного проекта будет модификацию полученной установки, её оптимизация. В дальнейшем планируется проработка иных типов ветряных генераторов, а так же создание более мощных установок для питания более энергоёмких объектов. Коммерческая реализация ветряных генераторов.

## **SMS - SMART MESSAGES SYSTEM**

Сахарова Е. Т., Папина Ю.В.  
Sakharovaet@gmail.com, papinayuliya@gmail.com

Технический прогресс принес с собой не только научные открытия во всех областях нашей жизни, но и, буквально, стер расстояние между человеком и его желанием. Современный транспорт помогает нам оказаться в любом уголке планеты, телевидение открывает возможность путешествовать не выходя из дома, телефон соединяет людей в любых уголках планеты. Представить сегодня свою жизнь без мобильных коммуникаций уже невозможно, на них строится весь современный мир. Одно СМС, одно нажатие на кнопку, заменяет сто человеческих движений и заставляет целый мир крутиться так, как это удобно именно вам.

Основным двигателем технического прогресса на сегодняшний день является молодежь (в большинстве своем студенты и молодые ученые), с ее новаторскими идеями и инновационными подходами. Однако, и молодым генераторам идей нужна энергия, поступающая в организм из пищи. И, к сожалению, система питания студентов при такой интенсивном образе жизни – проблема многих институтов, в том числе и Томского Политехнического Университета. И дело не только в цене - зачастую не хватает времени на обед из-за маленьких перерывов между парами и больших очередей в столовых. Даже если студент берет еду с собой, она успевает довольно быстро остыть, что также не приносит удовлетворения.

Для решения этой проблемы наша творческая группа выдвинула несколько идей. Первая идея заключается в создании универсальной базы близлежащих к корпусам вузов кафе и столовых. Любой человек, зарегистрированный в этой базе сможет отправлять заказ на питание (даже во время пары, посредством СМС) в то или иное кафе (столовую) заблаговременно (чтобы учесть время приготовления блюда) и, спустя 15-20 минут, горячий обед уже будет его ждать. Создание подобной системы значительно уменьшит размер очередей в кафе (столовых) во время перерыва между парами и упростит жизнь студентам и деловым людям. Однако для обладателей личного автотранспорта, вторая идея нашей творческой группы подойдет больше. Она заключается в создании контейнера для еды, оснащенного системой подогрева пищи с автотаймером, позволяющего в удобное для Вас время подогревать пищу. Казалось бы, такое устройство, как мобильный контейнер, должно стоить дорого, но нашей задачей было создать такое устройство, который бы мог позволить себе каждый студент.

Принцип действия контейнера для подогрева пищи основан на эффекте теплопроводности - переносе энергии, который происходит от более нагретых частей тела к менее нагретым и приводит к равномерности температуры всего тела.

- В качестве нагревательного элемента в контейнере используется пластины с большим удельным сопротивлением, которые при пропускании тока через них нагреваются. Такими пластинами занята большая часть внутренней площади контейнера для максимально возможного контакта с нагреваемым продуктом.

- В качестве питания в схеме используется гальванический элемент аккумуляторного типа, что позволяет сделать данное устройство полностью автономным.

- Управление контейнером используется дистанционное. В контейнере находится GSM модуль, на который возможно подать команду в виде СМС сообщения, с любого сотового телефона для активации процесса нагрева. GSM модуль передаёт команду на ключ управления, который в свою очередь и подает питание на цепь нагрева.

Рассмотрим подробнее принцип работы SMS – контейнера:

Шаг1. Включить кнопку питания. При этом индикаторная лампочка на контейнере загорится красным светом.

Шаг 2. Дождаться момента, когда GSM модуль поймает сеть – индикаторная лампочка загорится зеленым светом (Рис. 1)

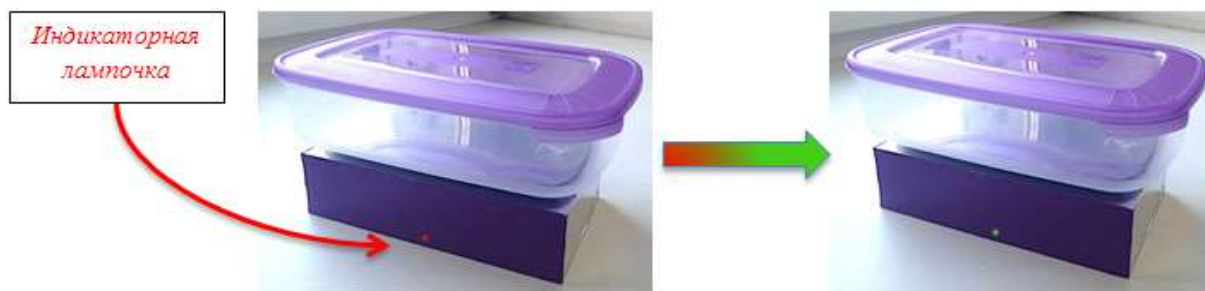


Рис 1. Процесс включения контейнера

Шаг 3. Отправить СМС сообщение контейнеру со специальным кодом. (Рис. 2) Каждому контейнеру присвоен собственный номер.



Рис 2. СМС сообщение для активации процесса нагрева

После того, как СМС сообщение отправлено, активируется процесс подогрева пищи. В любой момент времени вы можете проверить температуру пищи в контейнере. Для этого нужно отправить СМС со специальным кодом (о запросе температуры) и вы ответном сообщении вам придет информация о температуре внутри контейнера (Рис.3).



Рис. 3. СМС сообщение о запросе температуры

Длительность процесса нагревания продуктов в контейнере ограничена таймером. Время работы таймера программируется на компьютере заранее и при желании может быть изменено. Изначально электронный таймер запрограммирован 540 секунд с момента подачи на него питания. По истечении рабочего времени, в таймере срабатывает программа, и он выступает в роли ключа, размыкая цепь. Однако, выключить контейнер можно и до истечения времени, заданного таймером, отправив ему еще одно СМС со специальным кодом (Рис. 4).



Рис. 4. Превременное отключение контейнера

Идея СМС - технологий может завоевать популярность не только у студентов, но и у людей, ведущих

активный образ жизни, туристов, спортсменов, бизнесменов. В планах нашей команды также усовершенствование продукта путем включения в него новых функций и опций, т.е. создание универсального продукта для современного человека. Также СМС – технологии могут найти широкое применение в сельскохозяйственной отрасли, например, дистанционная проверка температуры в помещениях, предназначенных, для зимовки скота и включение обогрева помещений посредством СМС.

Воплощение в жизнь данных идей позволит множеству людей открыть для себя мир правильного питания, принимать качественную пищу в теплом виде, не смотря на ограничивающие факторы, которые диктует время.

Используемая литература:

1. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM. – Эко-Трендз, 2005. – 517 с.
2. Брякин Л. А. Основы схемотехники цифровых устройств. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2005. – 215 с.
3. Карслоу Г. С. Теория теплопроводности. – ОГИЗ, 1947. – 183 с.

## TOUCHSIDE – КОМПЬЮТЕРНАЯ МЫШЬ «НА ПАЛЕЦ»

Стучков А.В., Волшин М.Е., Солопченко С.А., Горохова Е.С.  
s.solopchenko@gmail.com

Научный руководитель: Чернов А.В., ст. преподаватель каф. ТиЭФ ФТИ ТПУ

### **Введение**

Сегодня жизнь современного человека тесно связана с компьютером, поэтому очень важно, чтобы работать с ним было комфортно и удобно. Однако при этом мы сталкиваемся с рядом проблем. Как правило, попеременное использование клавиатуры и мыши отнимает время. Также часто возникают ситуации, когда использовать мышь затруднительно, например, в дороге или при работе с компьютером на природе.

Для решения поставленных выше проблем была произведена модернизация компьютерной мыши. Разработанное нами устройство, под названием TouchSide, представляет собой компактную оптическую мышь, которая одевается на указательный палец и управляется за счет его движения по поверхности. Как результат, созданное устройство TouchSide позволяет пользователям работать

практически на любой поверхности и не требует затрат времени на перенос руки от клавиатуры к мыши и обратно.

Устройство будет полезно и интересно широкой аудитории. С одной стороны, школьникам, студентам и офисным сотрудникам, с другой стороны, людям, которые работают с компьютером на природе, в транспорте и иных местах, где сложно найти ровную поверхность для управления мышью.

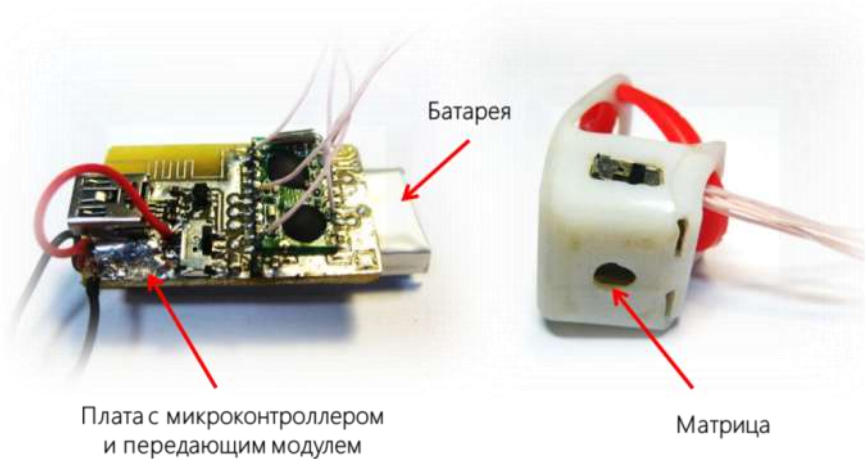


*Рисунок 7. TouchSide на руке пользователя*

#### **Описание технической части**

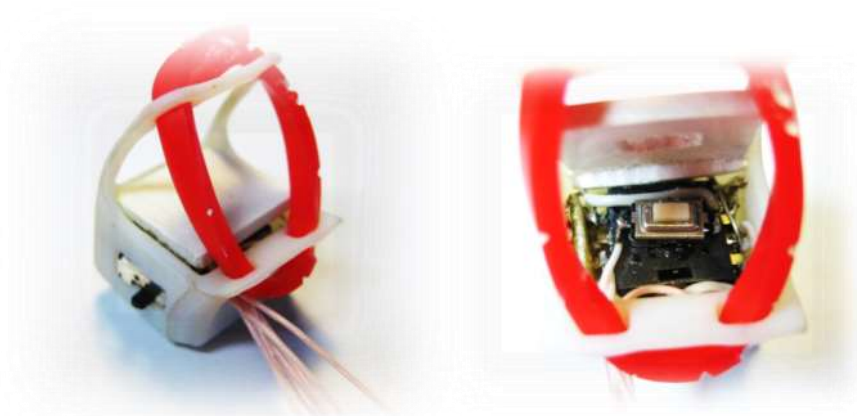
Остановимся подробнее на технической составляющей устройства. Принцип работы устройства такой же, как и у компьютерной мыши. Изображение опорной поверхности фокусируется на светочувствительной матрице при помощи линзы. Контроллер обрабатывает полученную последовательность изображений, определяя вектор перемещения устройства по поверхности. Эта информация передается на компьютер посредством беспроводного канала, затем она обрабатывается, и в результате мы наблюдаем движение курсора по экрану.

Сконструированное нами устройство состоит из нескольких частей. Пластиковый корпус содержит плату с микроконтроллером, передающим модулем, а также аккумулятор. Он крепится на предплечье с помощью браслета. Сигнальные линии соединяют микроконтроллер с матрицей, закрепленной на кончике пальца, которая помещена для удобства в другой пластиковый корпус, сконструированный нами и напечатанный на 3D принтере. Также корпус содержит кнопку, расположенную под подушечкой пальца. При нажатии на неё происходит событие, аналогичное щелчку левой кнопки мыши. Слева на корпусе находится кнопка выключения устройства. Внешний вид TouchSide и его составных частей представлен на рисунках 1, 2 и 3.



*Рисунок 8. Устройство TouchSide*

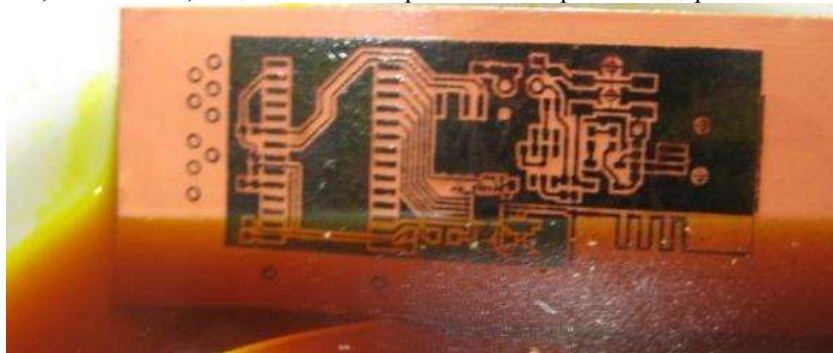




*Рисунок 9. Устройство кнопки TouchSide*

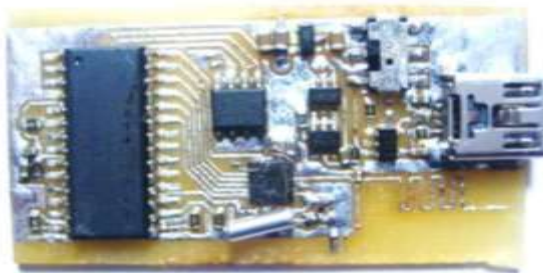
Одним из важных этапов создания устройства было проектирование и изготовление платы. Проектирование осуществлялось при помощи САПР DipTrace.

Изготовление платы производилось методом травления (рис. 4) [1]. На глянцевой бумаге был напечатан проект платы. Затем он крепился на фольгированный стеклотекстолит. Стеклотекстолит был помещен в раствор хлорного железа, по истечению некоторого времени не защищенная тонером фольга растворилась, оставшиеся, защищенные тонером линии образовали дорожки платы.



*Рисунок 4. Процесс травления платы*

Последний этап создания платы – распайка деталей, необходимых для функционирования TouchSide. Плата содержит микроконтроллер, чип памяти, содержащий программу для микроконтроллера, передающий модуль, а также MiniUSB разъем для зарядки аккумулятора TouchSide (рис. 5).



*Рисунок 5. Запаянная печатная плата*

При реализации устройства TouchSide кроме решения технической задачи, необходимо было решить и эстетическую задачу, то есть разработать корпус мыши. Проектирование корпуса производилось в 3D системе автоматизированного проектирования (САПР) Autodesk Inventor (рис. 6).

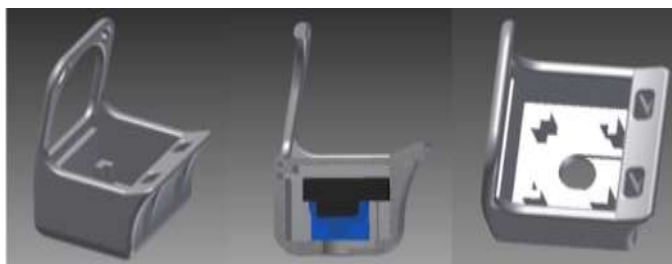


Рисунок 6. Сборка корпуса в САПР Autodesk Inventor

### **Обзор аналогов устройства**

На рынке есть несколько аналогов устройства TouchSide. Рассмотрим несколько из них.

1. Устройство компании «Master Kit», которое имеет достаточно большие габариты и подключается к компьютеру с помощью шнура, что сильно ограничивает рабочую поверхность [2].
2. Разработка студентов Вустерского Политехнического Института (WPI) из США: данное устройство использует набор сенсоров для отслеживания положения руки в пространстве, однако его стоимость составляет около \$150 ≈ 5400 руб [3].

Каждый из рассмотренных выше аналогов имеет свои достоинства и недостатки. Как известно стоимость и мобильность устройства, пожалуй, одни из важных параметров для потребителя. Созданное устройство TouchSide сочетает в себе мобильность и невысокую цену, что будет интересно потребителям.

### **Результаты**

В ходе реализации проекта TouchSide создан один работающий опытный образец нового устройства ввода. Стоит отметить, что созданный образец имеет свои преимущества и недостатки, которые планируется исправить при дальнейшем развитии проекта. Также конструкция модели может быть улучшена за счет дизайна, уменьшения веса, добавления функции прокрутки и правой кнопки мыши.

Однако, несмотря на все недостатки, проект был отмечен дипломом II степени на «Ярмарке проектов Элитного Технического Образования ТПУ», что подчеркивает интерес к данному устройству. Также отделом Элитного Технического Образования Томского Политехнического Университета был выделен сертификат номиналом 5000 рублей на дальнейшее развитие проекта, что является показателем актуальности разрабатываемого устройства.

### **Список использованной литературы:**

1. Изготовление печатных плат [Электронный ресурс]. – URL: <http://cxem.net/master/11.php> (дата обращения: 20.02.2014).
2. Оптическая мышь на палец MT6022 | Новости МАСТЕР КИТ [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.masterkit.ru/info/newsarcshow.php?num=2582> (дата обращения: 24.02.2014).
3. 3D Computer Mouse Designed by WPI Undergraduates Wins One of 10 Invention Awards from Popular Science - WPI [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.wpi.edu/news/20067/popsciaward.html> (дата обращения: 24.02.2014).

## ПОРТАТИВНЫЙ ТЕРМОЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОР

Зайцев Д. А., Николаев М. В., Золотых Д. Е., Паульс А. В.,  
zdanil34@gmail.com

*Научный руководитель: Чернов А.В., ст. преподаватель каф. ТиЭФ ФТИ ТПУ*

Все мы не раз выезжали загород отдохнуть от городской суеты, но в последнее время с развитием мобильных устройств, возросла и наша зависимость от них и мы уже не можем без них обойтись даже на природе. Тут встает вопрос: что делать, если батарейка в устройстве села?

В лесу трудно найти источник какого либо питания, хотя у многих сейчас есть авто, от которого можно зарядить что угодно, но авто у вас может быть не всегда, следовательно электроэнергию нужного напряжения вы не получите. В этом вам может помочь термоэлектрогенератор.

Портативных электрогенераторов на рынке достаточно, но они слишком громоздки и имеют зависимость от какого либо топлива, в отличие от нашего устройства, которое имеет компактные размеры, вес и не требует топлива. На рынке есть похожие устройства, основанные на солнечных батареях, основным недостатком которых, в сравнении с нашим устройством, является потребность в хорошем солнечном свете.

Суть портативного термоэлектрогенератора заключается в преобразовании тепловой энергии в электрическую посредством прямого термоэлектрического эффекта (Эффекта Зеебека). В нашем генераторе установлены элементы Пельтье (рис. 1), в каждом из которых находятся термопары, состоящие из двух проводников р и n типа. В результате нагревания горячей стороны (стороны, которая нагревается при подаче электричества на элемент) и охлаждения холодной мы получаем небольшое напряжение, которое запасаем в аккумуляторе и затем можем преобразовать в 12 В. Затем это напряжение можно использовать в целях зарядки портативных устройств.



Рисунок 1. Элемент Пельтье.

Подобных устройств, основанных на полупроводниках, на рынке почти нет, но есть массивная стационарная печь «Индирикка», которая обладает хорошими показателями мощности и в тоже время «хорошей» ценой.

Реализация термоэлектрического генератора была возможна несколькими способами: встраиванием модулей Пельтье в крышку чайника, который будет стоять на костре; создание отдельного блока элементов с радиатором охлаждения; создание блока с водяным контуром и радиатором охлаждения.

Был выбран вариант отдельного блока элементов с радиатором. При таком выборе отпадает необходимость в воде, которую нужно греть, достаточно просто расположить блок около костра и дожидаться его выхода в рабочий режим. Не появляется проблем с расположением проводки около костра, а так же - установить элементы в крышку чайника являлось проблематичной задачей, а такой выбор убрал данную проблему.



Конструкция представляет собой «бутерброд». В качестве основы мы используем металлическую пластинку, на которой мы размещаем элементы Пельтье, а сверху, используя винты, мы крепим радиатор, так чтобы элементы были зажаты между пластиной и радиатором. После всего сделанного на металлическую пластину можно приделать ножки и поставить рядом с костром (пластиной к огню). От этого модуля ток идет по проводам в «буфер», в котором расположена плата для зарядки аккумулятора, аккумулятор и плата повышающая напряжение до 12 В, так же гнездо прикуривателя.

Стоимость установки сильно зависит от элементов, т.к. один элемент может стоить от 400 до 1500р.

Элементы Пельтье: 400р. \*6;

Радиатор: 150р.;

Плата повышающая напряжение: 200р.;

Аккумулятор: 400р.;

Остальное (крепления, металлическая пластина, провода, корпус буфера, гнездо прикуривателя): 150р.

Итого: 3300р.

#### ***Список использованной литературы***

1. И.В. Савельев. Курс общей физики, том II. Электричество. - М.: Наука, 1982.— 496с.
2. Кухлинг Х. Справочник по физике. — М. : Мир. — 1982. — С.374-375.
3. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике: для инженеров и студентов ВУЗов. — Изд. 4-е, перераб. — Наука - Главная редакция Физико-математической литературы, 1968. — С. 417.

### **Светодиодная гитара-самоучитель**

Фирсов М.М., Ильясова И.Э., Мамонов Д.В., Усольцев Д.В.  
ilmira13121993@yandex.ru

*Научный руководитель: Чернов А.В., старший преподаватель, НИ ТПУ*

Гитара – инструмент, популярность которого растёт день ото дня, а, значит, хороший самоучитель игры на ней сегодня как никогда актуален. Этот музыкальный инструмент в руках исполнителя – символ его всеобщего обожания и популярности, а, стало быть, успеха. Вместе с тем этот инструмент доступен многим, и на нём несложно научиться играть, даже не зная нотной грамоты. Очень много талантов так и начинали.

Гитара, кроме прочего, даёт возможность самовыражения и как любой другой инструмент, что называется, раскрыть душу, «высказаться». Сам по себе процесс игры – удовольствие, а успешное выступление на публике – удовольствие много большее.

Научиться играть на гитаре хотели бы многие. Это желание появляется даже у детей младшего школьного возраста.

Динамика современной жизни высока, конечно же, обстоятельства часто не дают возможности ни учиться, ни преподавать. Кому-то не по карману оплачивать учебные курсы, а жителям провинции часто просто негде обучаться.

Выходит, что многие не получают желаемого музыкального образования и, таким образом, много теряют. В связи с вышеперечисленным возникла идея создать гитару-самоучитель, используя которую можно самостоятельно научиться играть на инструменте.

#### **Описание устройства**

Устройство состоит из 3-х модулей: управляющий модуль, модуль отображения и модуль питания. В свою очередь, управляющий модуль состоит из 4-х блоков, а именно: микроконтроллер, блок «разветвления» сигнала, порт вывода сигнала и управляющие кнопки.

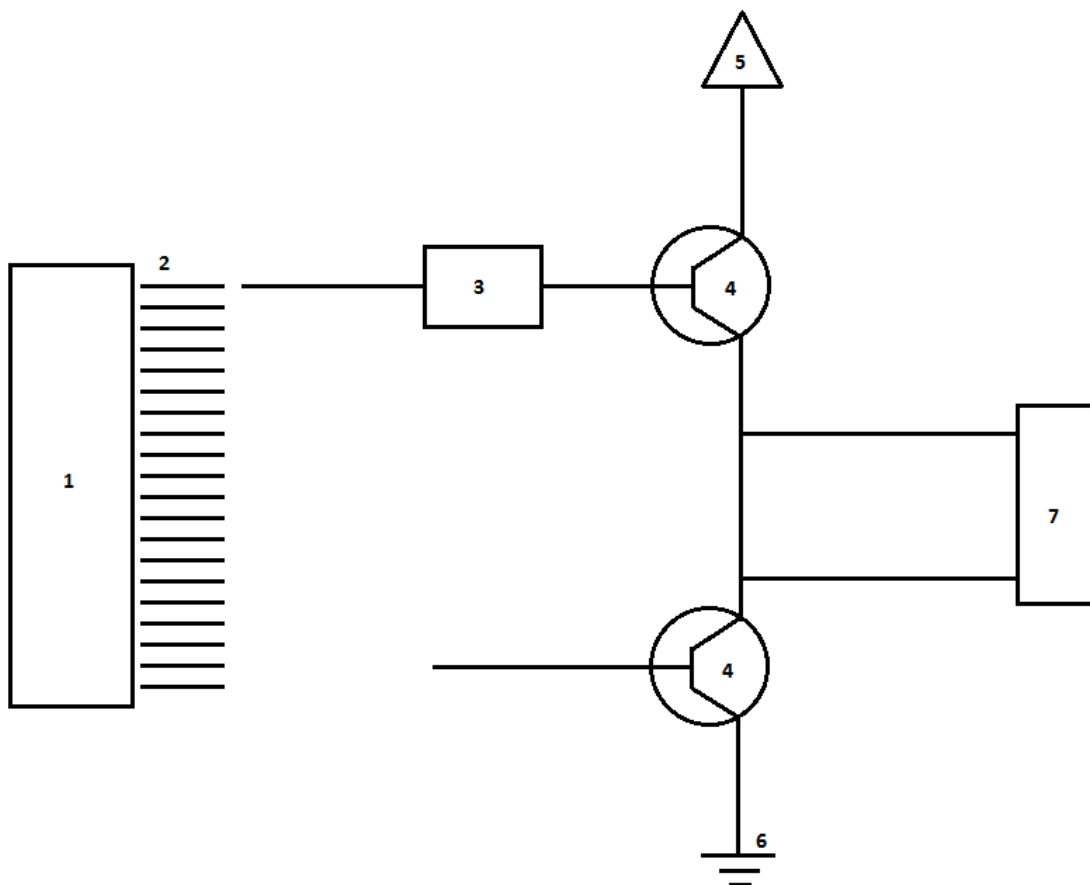


Рисунок 1. Схема управляющего модуля: 1 – микроконтроллер; 2 – ножки микроконтроллера; 3 – резистор; 4 – транзисторы; 5 – источник питания; 6 – земля; 7 – порт.



Рисунок 2. Блок отображения

В гриф гитары встраивается светодиодная матрица, к которой по встроенному порту поступает сигнал [1].

Для питания всего устройства используется блок питания, в дальнейшем планируется заменить его на блок батареек.



Рисунок 3. Блок питания

#### Принцип работы.

На каждый из восьми входных транзисторов подается напряжение  $V = 5V$ , с помощью понижающего резистора  $R = 330\Omega$  получаем номинальный ток  $15\text{ mA}$  по Закону Ома. С микроконтроллера (далее МК), подаётся сигнал, который открывает входной транзистор (подается напряжение на  $i$ -ый лад,  $i = 1..5$ ). Далее номинальный ток проходит через порт по кабелю к светодиодной матрице[2]. Также открывается один из шести выходных транзисторов (заземляется  $j$ -ая струна,  $j = 1..6$ ), благодаря чему возникает напряжение на  $i$ -ом ладе и заземление на  $j$ -ой струне, т.е. загорается  $i,j$  светодиод. В один момент времени горит всего один диод[3].

Приблизительная стоимость установки - 2000 руб.



Рисунок 4. Гитара со светодиодами

#### Список использованной литературы:

1. Светодиоды и их применение для освещения. Юнович А.Э., доктор физ.мат. наук, профессор. Под редакцией профессора Ю.Б. Айзенберга. М.: Знак
2. Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному / М. С. Голубцов — М.: СОЛОН-Пресс, 2003. 288 с. — (Серия «Библиотека инженера»)
3. А. К. Криштафович, В. В. Трифонюк. Основы промышленной электроники. — 2-е изд. — М.: "Высшая школа", 1985. — 287 с.

## ДЕТЕКТОР СКРЫТОЙ ПРОВОДКИ

Старшинов В.С., Найбауэр Д.Ю.  
tenbarrelsoil@mail.ru

Научный руководитель: Чернов А.В., старший преподаватель, НИ ТПУ

Каждый человек хотя бы раз сталкивается с тем, что нужно повесить картину и сделать ремонт в квартире, а это почти всегда требует сверлить отверстия в стене. Но при этом всегда существует риск задеть и повредить электрическую проводку, проложенную где-то внутри. Конечно же, хорошо, когда под рукой есть чертеж, по которому эта проводка прокладывалась. Но, что делать, если их нет?

Тогда каждый действует на свой страх и риск. А для того, чтобы не попасть в проводку, существуют специальные приборы (детекторы скрытой проводки), которые покажут на наличие электропроводки в данном месте. Детектор скрытой проводки очень актуальное приспособление, потому что с помощью него можно решать следующие задачи:

- нахождение трасс силовых кабелей в стенах;
- поиск места повреждения в кабельной сети.

Это позволяет избежать риска повреждения электрической проводки и несчастных случаев при необходимости сверлить стены. С помощью нашего изобретения можно не только обнаружить проводку, но и ее точное место повреждения, а, следовательно, не придется вскрывать стену пустую.

Работа детектора скрытой проводки на явлении электромагнитной индукции. Переменное напряжение подается на данный кабель генератором и порождает электромагнитное поле вокруг кабеля. Приемник имеет катушку. Если приемник находится рядом с интересующим проводником, то линии магнитного поля проходят через катушку в приемнике. Это явление известно как прохождение магнитного поля через контур. Невысокое напряжение, генерируемое катушкой, фиксируется приемником и сигнализируется светодиодом.

Питается схема от 9В батарейки (кроны). Прибор можно легко поместить в корпус от мышки, антенну длиной 5-10 см вытянуть через отверстие для стержня.

Устройство состоит из трех транзисторов: 2 биполярных и 1 полевого, 4 резисторов разных номиналов, 1 светодиода, батареи крона 9В, антенны и кнопки. Детектор работает на расстоянии до 5 см от находящихся под напряжением жил. Антенной является кусок изолированного провода длиной 10см [1-4].

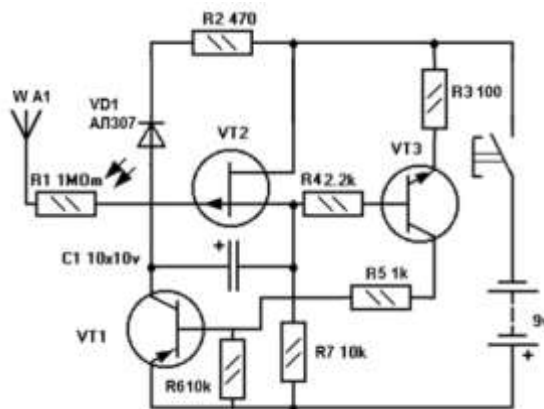


Рис.1 Схема детектора скрытой проводки.

Принцип работы:

Полевой транзистор VT1 выполняет роль "улавливающего" датчика даже с очень слабой напряженностью электрического поля. В связи с этим когда рядом с фазовым проводом осветительной сети окажется полевой транзистор искателя, сопротивление участка сток-исток уменьшится настолько, что транзисторы VT2, VT3 откроются. При приближении антенны искателя к проводнику с током загорается светодиод, индицирующий электрическую среду [5].

Стоимость установки:

- корпус от проводной компьютерной мыши – 300 руб.
  - монтажная плата – 200 руб.
  - Транзисторы: VT1-5 руб., VT2-10 руб., VT3-10 руб.
  - Резисторы: 7 шт. по 2 руб.-14 руб.
  - Конденсатор – 5р.
  - Батарейка – 100 руб.
  - Светодиод – 5 руб.
  - Проволока – 20 руб.
- Итого: 669 руб.

Существующие аналоги:

LA-1013 Детектор скрытой проводки, цена около 1300 руб.

Выполняемые функции:

- Определение местонахождения кабеля под поверхностью
  - Локализация точки обрыва кабеля поврежденного кабеля
  - Проверка электрического контакта между двумя точками
- Детектор GRAVIZAPPA DDK 09 MULTI, цена - 1290 руб.

Характеристики:

- Обнаруживаемые материалы: деревянные балки, металл, проводка
- Макс. глубина обнаружения стали 38 мм
- Макс. глубина обнаружения электропроводки 50 мм

Наше устройство по характеристикам почти не отличается от существующих аналогов, но при этом имеет меньшую стоимость.

Список литературы:

1. Проэлектрика –электроника своими руками. [Электронный ресурс]: <http://proelectrika.ru/obnaruzhenie-skrytoi-provodki.html>
2. Искатель неисправности гирлянды. [Электронный ресурс]: <http://sd4.uchebalegko.ru/docs/102300/index-4831.html>
3. Забродин Ю.С. Промышленная электроника.– М.: Высшая школа, 1982. – 496 с.
4. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник. Для вузов.– М.: Высшая Школа, 1987. – 479 с.
5. С.Л.Корякин-Черняк – Краткий справочник домашнего электрика. Издание 2.- М.:Издательство «Наука и техника»,2006.-63

## ГОВОРЯЩАЯ УРНА

Шарко К.А., Колотова Е.А., Абдрахманова Д.М.  
warkos@sibmail.com

*Научный руководитель: Чернов А.В., старший преподаватель, НИ ТПУ*

### Аннотация.

Уличный контейнер для мусора очень давно вошел в городскую повседневность. Несмотря на свой возраст, это изобретение не успело заметно прогрессировать за это время. Тем не менее, с определенной уверенностью можно заявить, что возможность для роста у него еще есть. Для увеличения заметности мусорной урны и, как следствие, для более добросовестного отношения прохожих к выбросу мусора, было решено модернизировать контейнер для мусора путем добавления ему нового свойства – умения «разговаривать».

## 1. Описание устройства.

По сути, данное устройство является обычной мусорной урной, за одним исключением. Эта урна умеет «говорить». Если говорить конкретнее, пользователь урны после ее эксплуатации услышит приветливое «спасибо» в ответ на благоразумную утилизацию мусора. Такое «поведение» урны сможет привлечь внимание прохожих, отбить желание бросить мусор мимо контейнера (слова «контейнер» и «урна» являются здесь равнозначными).

## 2. Конструкция устройства.

Полученное устройство представляет собой мусорный контейнер габаритами 397 мм \* 288 мм \* 242 мм (высота \* ширина \* глубина). Материал первого (и, пока, единственного) готового продукта – коробочный картон. Состоит оно из двух простейших частей – корпуса и крышки. Рассмотрим подробнее каждую из них.

### 2.1. Корпус.

Корпус имеет форму параллелепипеда. Одна из меньших по площади сторон (верхняя) отсутствует, то есть, вырезана полностью. Одна из больших сторон (передняя) обрезана частично. Она имеет вырез высотой 172 мм, через который и будет происходить помещение мусора в урну.

### 2.2. Крышка.

Крышка также сделана из картона. По понятным причинам, она имеет чуть большую площадь основания, в сравнении с площадью основания корпуса. Кроме того, крышка немного выпирает над корпусом с передней стороны, образуя козырек над отверстием для выброса мусора. Под этим козырьком прикреплена электрическая часть устройства, которая подробнее разобрана в разделе 2 – «принцип работы».

## 3. Принцип работы.

Электрическую схему можно разбить на 5 основных составляющих: источник питания, датчик движения, усилитель электрического сигнала, транзисторный ключ, динамик. Схема представлена на рисунке 1.

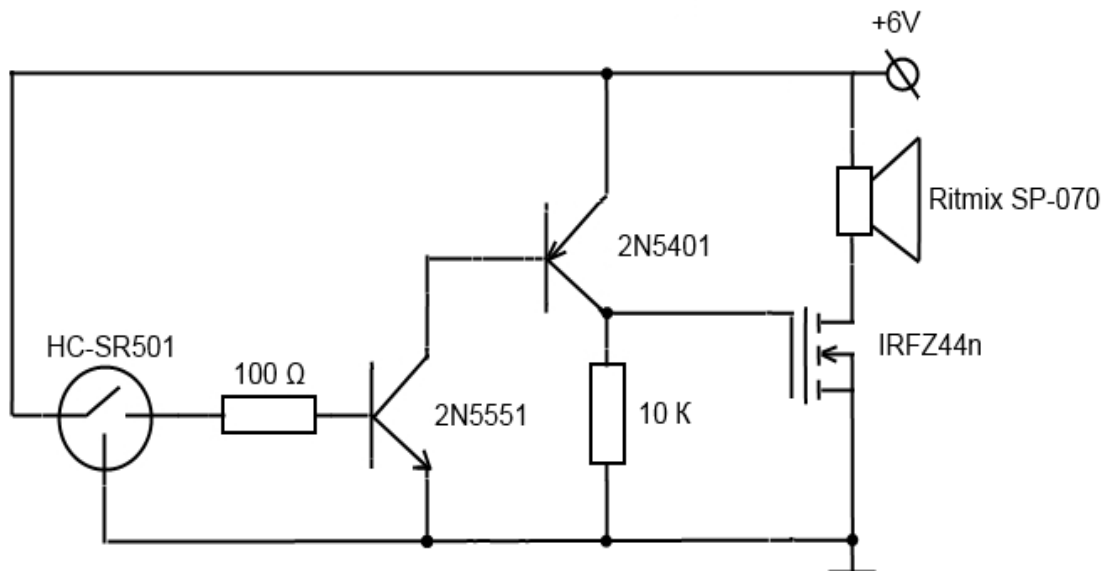


Рисунок 1. Схема устройства.

Источник питания представлен блоком из четырех батареек по 1,5 В каждая. Данный блок снабжен коммутатором для удобного включения и выключения устройства.

Инфракрасный датчик движения HC-SR501 реагирует на присутствие нагретых объектов. В нашем случае, он выдает электрический сигнал в тот момент, когда в области его работы появляется

человеческая рука. Напряжение выхода датчика является равным 3,3 В. Времени выходного сигнала достаточно, чтобы питать динамик необходимое время.

В схеме присутствует усилитель, собранный из транзистора p-n-p 2N5551 и транзистора n-p-n 2T5401. В результате на выходе усилителя получается сигнал с напряжением 5 В [1].

Выход усилителя соединен с затвором полевого транзистора IRFZ44n. При получении сигнала, транзистор открывает канал, что вызывает прохождение электрического тока через динамик [2].

Динамик имеет встроенный механизм чтения информации носителя формата Micro-SD. Именно на таком носителе и записан MP-3 файл, звучащий при опускании мусора в урну. Кстати говоря, слово «Спасибо» записано на нем не только в привычном звучании, но также и еще на 8 языках, поэтому при желании язык можно поменять. В некотором смысле урна является мультинациональной.

#### 4. Заключение.

В результате проделанной работы, получена работоспособная модель урны для мусора, которая произносит слово «Спасибо» при помещении мусора в нее. В дальнейшем, устройство можно улучшить, например, одним из следующих способов: замена датчика на независимый от температуры движущегося объекта; замена корпуса и крышки на аналоги, сделанные из более прочного и надежного материала; изменение принципа питания на режим работы от сети. Таким образом, проект еще не исчерпан и имеет возможность развития.

Список литературы.

1. Прянишников В.А. Электроника: Курс лекций. – 2-е изд. исп. и под. – Спб.: КОРОНА принт, 2000 – 416 с., ил.
2. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника: Учеб. для вузов/ В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – 5-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2008. С. 310-314.

## ИММУННЫЕ АЛГОРИТМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Джиликбаев М.Т.  
jilikbaevmarat93@mail.ru

*Научный руководитель: доцент кафедры прикладной математики, Гергет Ольга Михайловна*

### Введение

Распознавание образов играет важную роль в жизни человека. Ведь, если задуматься, существование практически любой органической жизни (за исключением, может только паразитической) без этого процесса - невозможна. К примеру зрение является одним из способов распознавания окружающих объектов, что позволяет живым организмам ориентироваться в пространстве. Но как тогда практически слепые летучие мыши летают не ударяясь и "видят" окружающий мир. Или, к примеру, как змеи, у которых зрение тоже, в большинстве случаев, плохое, молниеносно нападают на свои жертвы? Дело в том, что для того чтобы "видеть" окружающие нас объекты не обязательно иметь развитое зрение. Можно получать информацию и от других органов чувств (летучие мыши постоянно издают звуки и используют слух, чтобы ловить отраженный от объектов сигнал, как сонары, а змеи с помощью языка чувствуют даже мельчайшие изменения химического состава воздуха и, так же, используют "тепловые сенсоры", что позволяет им очень точно определять место нахождения добычи). Из этого можно понять, что для того, чтобы распознавать образы важно не столько определенным образом получать информацию, сколько правильно её обрабатывать.

В настоящее время остается актуальной задача распознавания образов в социальных и технических областях. Для получения высокого качества распознавания необходимо разрабатывать, модифицировать существующие математические методы и подходы. Когда мы говорим о применении в технических устройствах (и системах принципов организации) свойств, функций и

структур живой природы - то речь идёт о Бионике. А в случае для распознавания образов - о бионических моделях.

Итак, основная задача, стоящая перед нами это перенос свойств биологических моделей на искусственные (бионические) модели. Настройка, адаптация, контроль, управление – это те свойства, которые играют важную роль в биологических объектах, и которые необходимо реализованы в искусственной модели.

## Применение иммунных алгоритмов для распознавания образов

В рамках доклада остановимся на реализации и применении плохо изученных и мало распространенных иммунных алгоритмов.

На данный момент иммунные алгоритмы используются только для обнаружения вирусных программ, и, я считаю, что их потенциал раскрыт далеко не полностью. Ведь, если разобраться, иммунная система может "отыскивать" не только "инородное плохое", но и "инородное хорошее". В живом организме существует ряд задач, которые можно сформулировать подобным образом. Так, к примеру, с помощью иммунных алгоритмов среди учеников одного потока (если подумать, то это, своего рода, развивающаяся система) можно отыскивать "потенциальных гениев" и предлагать им обучаться по особенной программе, или, если рассмотреть биржу как развивающуюся систему, то, с помощью иммунных алгоритмов можно находить такие "полезные события", после которых акции той или иной компании будут расти. Таким образом, иммунные алгоритмы универсальны и могут с легкостью решать задачу классификации.

## Модель иммунной сети

Для лучшего понимания приведём пример уже существующего метода использования иммунных алгоритмов в модели иммунной сети. Эрне предложил гипотезу, согласно которой иммунная система представляет собой регулируемую сеть молекул и клеток, распознающих друг друга даже при отсутствии антигена. Такие структуры часто называют идиотипическими сетями, они служат математической основой для изучения поведения иммунной системы. Теория Эрне интерпретируется в виде системы дифференциальных уравнений, описывающей динамику концентрации клонов лимфоцитов и соответствующих молекул иммуноглобулинов. Теория идиотипической регуляции основана на предположении, что различные клоны лимфоцитов друг от друга не изолированы, а поддерживают связь путем взаимодействий между своими рецепторами и антителами. Следовательно, распознавание антигена осуществляется не единичным клоном клеток, а скорее на системном уровне, с участием различных клонов, взаимодействующих по типу реакций антиген-антитело как единая сеть.

Вероятностный подход к изучению идиотипических сетей на основе работы Эрне предложил Перельсон. Данный подход предельно математизирован и, в основном, связан с описанием фазовых переходов. Перельсон разделил плоскость фазовых переменных рассматриваемой системы уравнений на докритическую область, область перехода и посткритическую область.

Последние 20 лет предложенной Эрне теории иммунной сети уделялось значительное внимание, что привело к подробному изучению многих вычислительных аспектов соответствующих математических моделей.[1]

Применение иммунного алгоритма покажем на работе сконструированного робота, задачей которого является переносить груз. При перемещении робот должен не только с очень большой скоростью "видеть", что происходит вокруг (ведь если скорость принятия информации будет низкой, то каким бы быстродействующим не был алгоритм, он просто не сможет работать быстрее, чем информация поступает), но и очень быстро обрабатывать поступающую информацию. В настоящее время и с имеющимися технологиями, получать высококачественную картинку видео, не является проблемой. Однако обработка этой информации является очень трудоёмким и относительно длительным процессом. Чем быстрее робот это делает, тем быстрее он может перемещаться. Из этого следует, что технологии в наше время уже позволяют роботам перемещаться по пересечённой местности со скоростью, быстрее человеческой в несколько раз (а то и в несколько десятков раз), но программное обеспечение "хромает" и не может догнать по развитию технику. А теперь только представьте, как военный робот с приличной скоростью бежит по пересечённой горной местности, отталкиваясь от камней лапами, похожими на паучьи (ему их достаточно четырёх), и на своей спине



несёт патроны, оружие, провизию и прочие жизненно необходимые вещи для группы боевиков, засевших в одной из пещер. И даже если какой-нибудь камень вдруг сломается, или просто выскочит из-под ноги, информация о том, что давление на кончике одной из четырёх "лапок" резко упало обработается с такой скоростью, что робот, лишь не надолго потеряв равновесие, просчитает все возможные варианты и поставит ногу в новое, наиболее удачное место.

Информация, получаемая с камер и обработанная определённым образом, может храниться в виде геометрических образов в памяти. Система, отвечающая за движение робота должна выбирать места, куда робот будет ставить свои "ноги", и, следовательно, для каждого шага должна обработать большое количество подобной информации, выбирая самый лучший вариант. Иммунный алгоритм отлично справится с этой задачей, т.к. речь идёт о чём то "инородном хорошем" среди подобного. Если место было выбрано удачно, и нога робота никуда не сорвалась, не соскользнула и не упала, то система запомнит это (как иммунитет запоминает новую инфекцию, когда с ней сталкивается) и каждый следующий выбор она будет делать частично ссылаясь на предыдущие "удачные" разы.

### Заключение

В качестве методов интеллектуального анализа данных использовались бионические алгоритмы. В биологических системах естественным образом формируются структуры, обеспечивающие информационные средства контроля и адаптивного управления в изменяющейся среде. Указанные функции выполняют генетическая, иммунная и центральная нервная системы. Математические модели, копирующие механизмы данных систем объединены термином бионические.

### Используемая информация

1. Уроки, справочники, рефераты. Электронный ресурс [<http://do.gendocs.ru/>]. Режим доступа: <http://do.gendocs.ru/docs/index-238119.html?page=10>, свободный (дата обращения 05.03.2014).

## ИНФРАКРАСНАЯ ПЕЧЬ

Ефанов А.А., Мотасов Д.А.  
[arter@sibmail.com](mailto:arter@sibmail.com)

*Научный руководитель: Федотов В.А., главный инженер ООО «Вип Электроника»*

Данный проект является совместной работой НИ ТПУ и ТУСУР. Основной целью данного проекта является создание конкурентоспособной инфракрасной печи. Данная проблема возникла в связи с отсутствием на современном рынке подобных продуктов с разумным соотношением «цена-качество». Так существующие немецкие аналоги являются весьма качественными, но дорогими, а китайские производители изготавливают печи с достаточно низкой ценой, однако в процессе эксплуатации возникает множество поломок, что делает работу неэффективной.

Данный проект выполняется двумя группами студентов: студентами ТУСУР, которые занимаются разработкой технологической оснастки (электроника, системы управления печью, основные параметры работы печи), и студентами НИ ТПУ, которые занимаются разработкой несущей части печи (проектирование и разработка корпуса печи, создание технической документации и технологии производства деталей) Данное разделение работы связано с специализацией студентов данных ВУЗов. Студенты ТУСУР специализированы на разработке электронных систем, студенты НИ ТПУ (в данном случае студенты кафедры теоретической и прикладной механики) на механической обработке металлов.

Инфракрасная печь – устройство для пайки плат электроприборов при помощи энергии излучения инфракрасных ламп. Суть работы данной печи заключается в следующем. В рабочей области печи закрепляется плата с разложенными на ней в необходимых местах элементами. На данных элементах предполагается наличие припоя на местах контакта с платой. Инфракрасное излучение ламп нагревает рабочую область печи, что приводит к пайке элементов на плате. Согласно техническому заданию рабочая температура, которая должна создаваться в оперативной зоне печи, равна 300°C.

В данной работе рассматривается проектирование и разработка корпуса печи. Основными этапами в проектировании печи являются:

- 1) Создание внутренней теплоустойчивой коробки с учётом расположения вытяжки и ИК ламп;
- 2) Создание внешнего корпуса с учётом расположения вытяжки, систем управления и тем, что финальный продукт должен быть презентабелен;
- 3) Создание дверцы печи;
- 4) Подбор теплоизоляционных материалов;
- 5) Создание технической документации и подготовка проекта к производству.

Основными критериями для разработки внутренней коробки являлись её жароустойчивость (подбор необходимой марки стали и толщины листа), устройство крепления платы внутри печи, создания механизма лёгкого извлечения вышедших из строя ИК-ламп. Создание последнего механизма является ключевой проблемой, так как создание такого механизма будет гарантировать удобство ремонта печи.

Проектирование внешнего корпуса – это проблема менее технического характера, так как основным критерием изготовления внешней конструкции является её достойный внешний вид и эргономичность расположения систем управления печью. Однако это не обозначает отсутствия технических критериев и здесь. Так необходимо разработать систему вытяжки так, чтобы горячий воздух не выходил за пределы внешнего корпуса.

При проектировании дверцы печи проблемой являлось создание такой формы дверцы и крепления, чтобы жар печи не покидал рабочую область печи, но при этом дверца не должна быть громоздкой и тяжёлой. При этом система открывания/закрывания дверцы не должна быть сложной.

На этапе подбора теплоизоляционных материалов основная задача заключается в способности того или иного материала сохранять температуру внутри рабочей области и исключения нагревания прочих элементов печи, таких как дверца, система управления и других.

На последнем этапе проектировки создаётся техническая документация, с указанием размеров, точности изготовления всех элементов, необходимых посадок и технологических операций по изготовлению.

В итоге созданный корпус должен обеспечивать выполнения главного технологического процесса (пайки электросхем) и обеспечивать лёгкость в эксплуатации и ремонте, что обеспечит возможность работы данного аппарата.

## **ПУЛЬТ, РЕАГИРУЮЩИЙ НА ЗВУК**

Корольков Д. П., Кожуховский Р. С., Карманов А. А., Будько А. А.  
dmitriu94@mail.ru

*Научный руководитель: Чернов А. В., старший преподаватель кафедры теоретической и экспериментальной физики, НИ ТПУ*

В нашей жизни существуют вещи, которые постоянно теряются: ключи, телефоны, флешки, пульты и т.д. Наш проект направлен на борьбу с этой проблемой. Мы решили начать с предотвращения потери телевизионного пульта, а также с облегчением его поиска.

Разработка будет полезна любому обладателю телевизора. Ведь очень часто при просмотре телепередач возникает необходимость отлучиться из комнаты, где находится телевизор. Нередки случаи, когда люди сами того не замечая, забирают пульт вместе с собой, а потом не могут вспомнить, где его оставили. Актуальность данной проблемы самоочевидна, так как каждый человек, так или иначе, сталкивался с подобной проблемой. Так же устройство для поиска можно будет применять к другим вещам с похожими проблемами. Так как оно обладает малыми габаритами и низкой стоимостью.

Данную проблему мы решили с помощью разработки, сбора и установки в пульт схемы, реагирующей на звук. Разработанное нами устройство, с помощью микрофона, улавливает звук на заданной частоте. Частоту можно изменять, что позволяет настраивать отклик устройства только на

определенный сигнал и избегать ложных срабатываний. Так наша первая схема реагирует на хлопок, а вторая на высокий голос. При получении сигнала происходит замыкание реле, которое в свою очередь активирует динамик, и последний подает обратный сигнал. Сигнал динамика также может быть настроен.

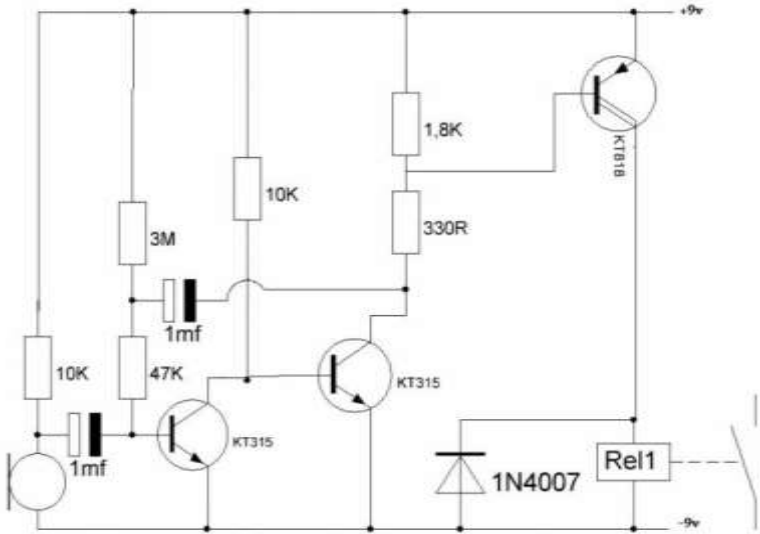


Рис. 1 Принципиальная схема

Принципиальная схема является основой и все её элементы, а также её общая структура необходимы для корректной работы устройства. Но сама реализация данной принципиальной схемы может происходить несколькими путями, а также некоторые элементы могут варьироваться по качеству, что определяет её себестоимость. Так данная схема может быть реализована, как на твердотельном носителе (плате), и без её использования. Были выполнены оба варианта её реализации, которые различны по габаритам и мобильности, но так как мы производили сборку полностью ручную, то необходимо понимать, что наше схема при стандартизированном её производстве и сборке с помощью автоматических систем может быть уменьшена, примерно в половину. А при её интеграции непосредственно в плату пульта дистанционного управления и запитывания обеих схем, от одного источника энергии и того больше.

Далее представлен список основных элементов принципиальной схемы необходимых для реализации проекта (Таблица 1):

Таблица 1. Список основных элементов принципиальной схемы

Необходимые материалы	Количество
КТ315-кремниевый высокочастотный биполярный транзистор	2
КТ818-кремниевый высокочастотный биполярный транзистор	1
1N4007-кремниевый выпрямительный диод	1
Двухтактный микрофонный усилитель	1
Электролитический конденсатор (1мкФ)	2
Реле РЭЛ 1	1
Батарейка крона (9В)	1
Динамик	1

Стоимость данных элементов может сильно различаться. Цена элементов зависит от места и типа закупки (оптовой или розничной). При розничной закупке и реализации на плате, отдельная стоимость которой 200 рублей, себестоимость всех товаров составила 500 рублей. Следует пояснить,

что одна плата (из-за своих размеров) может использоваться для реализации 2 или 3 принципиальных схем при ручной сборке, поэтому себестоимость 3 устройств уже будет значительно более выгодна и составит от 800 до 1100 рублей, т.е. от 400 до 360 рублей на одну схему. Данный показатель также может быть снижен при серийном производстве, и реализации принципиальной схемы на одной плате с ПДУ, либо без использования платы для принципиальной схемы вовсе.

#### **Список используемой литературы:**

1. Петрович, Виталий Петрович. Физические основы электроники: учебное пособие / В. П. Петрович; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во ТПУ, 2000. — 149 с.
2. Ушаков, Вадим Николаевич. Электротехника и электроника: учебное пособие / В. Н. Ушаков. — Москва: Радио и связь, 1997. — 328 с.: ил. — (Учебное пособие для вузов).
3. Джонс, Мартин Хартли. Электроника - практический курс: пер. с англ. / М. Х. Джонс. — Москва: Постмаркет, 1999. — 528 с. — (Библиотека современной электроники).

## **КОНТРОЛЛЕР РЕЧИ**

Артемьев А.Е., Колтунова Е., Курмашев М. А., Беляев А.С.  
Evoluter@mail.ru

*Научный руководитель: Чернов А. В., старший преподаватель кафедры теоретической и экспериментальной физики, НИ ТПУ*

Каждый человек в своей жизни хочет добиться успеха. Для одного это будет победа на музыкальном конкурсе, для другого - успешная работа. Так или иначе, необходимо соответствовать определенным критериям, которые ставит наше общество. Какие же это критерии? Чтобы устроиться на работу, нужно иметь хорошее портфолио, опыт работы, но самое главное - пройти собеседование, потому что ни одна бумага не представит тебя так, как ты сделаешь это сам. Только ты можешь убедить работодателя в своей необходимости. Твои манеры, твоя внешность, твоя речь - это твой ключ к успеху. В настоящее время нас окружает непрерывно меняющийся большой поток информации. Из-за этого в нашем словарном запасе возникает большое количество слов-паразитов, которые не соответствуют требованиям общества к грамотному, культурному и образованному человеку.

Использование в речи нецензурных слов - это очень вредная привычка, от которой тяжело избавиться. Она не только мешает окружающим, но и вредит тому, кто её употребляет. Такие слова обедняют нашу речь, так как чаще всего одним нецензурным выражением можно описать свои эмоции, чувство, состояние в разных ситуациях. Это уменьшает словарный запас, а также человек не стремится к поиску новой информации, к чтению книг.

Употребление слов-паразитов, таких как: «эээ», «вот», «например» и т.д. также не соответствует определенным нормам изложения собственного мнения. Человек, не задумываясь, произносит эти слова, не замечая этого. Лучше промолчать, нежели тянуть какое-то слово или звук.

Употребление вводных слов или фраз таких, как «на самом деле», «как бы», «на первый взгляд», «это самое», «короче» и т.д. Как от этого избавиться, если сам при этом ты этого не замечаешь? Таким образом, существует проблема: необходимо избавиться по какой-то причине от конкретного слова паразита, отучиться ругаться, уменьшить количество вводных слов в речи. При этом изменить свою речь самостоятельно тяжело, т.к. возникают трудности в регистрации произнесенных слов. Эту проблему можно решить созданием устройства, которое помогало бы людям обращать внимание, на то, что они произносят, и таким образом исправлять их речь так, как того требует сам человек.

Таким образом, наш проект заключается в создании браслета, основной задачей которого является контроль человека в употреблении в речи нецензурных слов и слов-паразитов при помощи небольшого заряда электрического тока. Реализация проекта разбивается на несколько этапов. Первое - это обсуждение проекта в теории, проведение простейших исследований на основе ручки-шокера, изменяя параметры ее катушки, можно подобрать необходимое напряжение и силу тока для

удара, чтобы не навредить человеку [1]. Последующим этапом стало создание схемы устройства в виртуальном виде, в программе Proteus. И так, конструкция браслета состоит из достаточно простой начинки – это микроконтроллер, который выполняет роль мозгового центра по принятию сигнала при помощи bluetooth-модуля с компьютера [2]. Соответственно, необходимы элементы питания для них, а также то, что будет бить током. Эта часть устройства основана на схеме ручки-шокера, то есть катушка и элементы питания. Как только приходит утвердительный сигнал о том, что человек произнес некультурное слово, микроконтроллер замыкает цепь, происходит удар током. Чтобы он исполнял эти функции, нужно написать программный код для его работы и прошить. Следующим этапом идет разработка программы для отправки сигнала на браслет [3].

В общей сложности на один браслет необходимо:

1	Микроконтроллер ATtiny2313
2	Ручка-шокер
3	Bluetooth-модуль Bluetooth Shield 885263
4	Транзистор KT815B
5	Элементы питания
6	Соединительные провода, корпус браслета

Для работы также в виде оборудования нам было необходимо приобрести:

1	Программатор AVR10-USB
2	Переходник USB-COM BM8050
3	Паяльная станция

Четвертым и завершающим станет применение браслета в различных областях менеджмента, учебных учреждений и в других, где необходима грамотная речь.

Люди, которые заинтересованы в неупотреблении конкретных слов в своей речи – основные потребители результатов проекта. Это могут быть менеджеры прямых и телефонных продаж, для которых важно убедить покупателя, при этом не используя «Запретных слов», которые обязательно вызовут негативную реакцию у собеседника, что соответственно скажется на продажах. Это работодатели, заинтересованные в грамотности и чистоте речи своих офисных работников. Частные лица, которые бы хотели избавиться от привычки употреблять ненормативную лексику. Примеров большое количество, начиная со школьника, которого родители хотят отучить использовать маты, заканчивая политиками или чиновниками, для которых контроль речи важная составляющая жизни, IT-компании, соревнующиеся в способах удивить потребителя. Мы считаем, что диапазон применения гаджета является очень широким, и области его применения могут зависеть от конкретных задач, поставленных человеком.

Проект выполняется студентами Томского Политехнического университета, поскольку мы заинтересованы в проблеме употребления населением нецензурных слов и слов-паразитов и хотим исправить эту проблему. Результатом станет улучшение человеческой речи и контроль над нецензурными выражениями. Основа проекта заключается в создании браслета, ударяющего током и программного обеспечения для расшифровки речи. По оценочным данным длительность проекта составляет от полугода до года. Количество средств, необходимых на реализацию проекта оценивается в 3 тысячи рублей.

#### Список использованной литературы:

- 1) Б.Ф. Бессарабов, В.Д. Федюк, Д.В. Федюк Справочник "Диоды, тиристоры, транзисторы и микросхемы широкого применения"- Изд. «Воронеж», 1994-320с.
- 2) Евстифеев А.В. «Микроконтроллеры AVR семейства Мег» – Москва – Издательский дом «Додэка - XXI», 2007.-595с.
- 3) Петров Б.Е., Романюк В.А. Радиопередающие устройства на полупроводниковых приборах. - М.: Высш. шк., 1989. -232с.

## ПРОЕКТ «СУМКА-СТОЛИК ДЛЯ НОУТБУКА»

Лужковой Д.С.

Dsl8@tpu.ru

*Научный руководитель: Чернов А. В., старший преподаватель кафедры теоретической и экспериментальной физики, НИ ТПУ*

### Идея

Идея заключается в создании сумки для ноутбука, которая может раскладываться в столик.

### Проблемы и их решения

В современных условиях быстро меняющегося мира всё более важными становятся мобильность и оперативность. В связи с этим по всему миру огромной популярностью пользуются переносные компьютеры – ноутбуки. Однако, по отзывам владельцев портативных компьютеров, работа с ноутбуком на диване или в кровати вызывает определённые неудобства и проблемы. Тепло нагревает ноги (особенно при просмотре видео или играх), да и компьютеру достается - ведь ему нужно предоставить возможность охлаждаться. Если же говорить о работе с ноутбуком на коленях, то помимо дискомфорта при длительном взаимодействии возникают серьёзные опасности нанести вред здоровью. Вот описание некоторых из них:

- Согласно исследованию, проведённому Государственным университетом штата Нью-Йорк в Стони-Брук, мужчины, которые часто ставят ноутбуки на колени, рискуют стать бесплодными. Это связано с тем, что мужские половые органы подвергаются воздействию высокой температуры, которая исходит от ноутбука и температура семени повышается, что причиняет ущерб её производительности. Учёные отмечают, что повышение температуры в мошонке всего на один градус Цельсия ухудшает функцию яичек на 40 процентов. Исследование показало, что у мужчин, держащих ноутбук на коленях в течение часа, температура мошонки повышалась на 2,6-2,8 градусов Цельсия.

- Использование ноутбука на коленях может привести не просто к повышению температуры в области паха, но и к ожогам и изменениям цвета кожи из-за повышенной температуры. В медицине это именуется как «синдром поджаренной кожи» (toasted skin syndrome), который возникает, когда кожа часто подвергается воздействию высоких температур. В одном из исследований, мужчина заработал этот синдром после использования ноутбука на коленях в течение шести часов в день. При этом температура нижней панели ноутбука может подниматься свыше 50 градусов Цельсия. Результаты данного воздействия схожи с длительным воздействием солнца на незащищённую кожу [1].

Отличный вариант разрешения этих проблем – переносной столик для ноутбука. Столик создает нужные условия для правильной работы самого портативного устройства. К примеру, ноутбуку необходимо находиться на ровной поверхности для полноценного охлаждения. Таким образом, у него будет доступ к воздушным потокам. Если такого доступа нет, то затрудняется отвод теплого воздуха от жесткого диска, видеочипа и процессора. В таком положении компьютер всасывает пыль, оседающую на решетках вентиляции. Поэтому зачастую попытка остановить перегрев очень сильно увеличиваются обороты вращения кулера и, как следствие, поломка и кулера и ноутбука [2]. Согласно статистике, основной причиной поломки ноутбуков является перегрев. Поэтому лучше не экономить на защите от этого [3].

Однако самым лучшим вариантом является приобретение сумки-столика для ноутбука, которая уменьшит переносимый вес и позволит сложить всё необходимое для работы в одну сумку.

### Актуальность

Изобретение очень актуально в наше время. Оно пригодится всем людям, работающим с ноутбуком и не только, ведь использовать его можно и как по прямому назначению, так и как обычный столик или сумку. При этом не возникают неудобства, связанные с двойным предназначением сумки-столика.

### Уникальность изобретения

В мире существует два аналога: китайская сумка для ноутбука E – Pad и японская сумка – столик Thanko.

- **E – Pad** кладётся на колени и используется в качестве рабочей поверхности.

Достоинства: низкая цена, лёгкость.

Недостатки: малая площадь рабочей поверхности; дискомфорт при длительной работе из-за единственности правильного положения тела при работе.

• **Thanko** включает в себя четыре алюминиевых ножки, настраиваемых по высоте, два встроенных вентилятора, выдвижную площадку для мыши.

Достоинства: многофункциональность.

Недостатки: масса сумки – 2,7 кг.

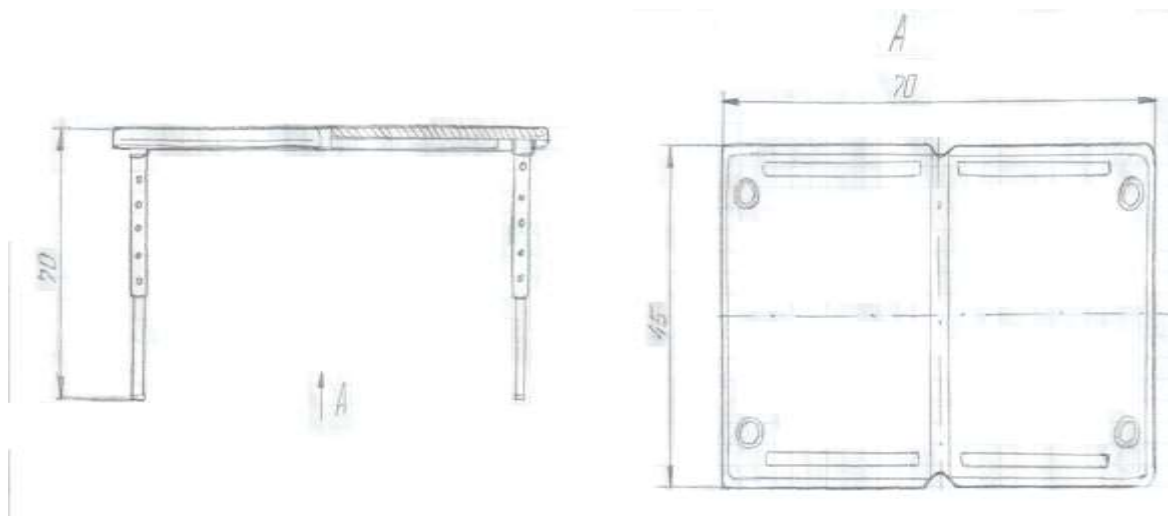
Сумка-столик данного проекта обладает следующими преимуществами: универсальность, практичность, лёгкость, компактность, простота в использовании. По совокупности всех параметров представленная в данной статье модель превосходит все аналоги.

Таблица 1. Приблизительная оценка параметров

Критерии \ Конкуренты	Сумка-столик, представленная в данной статье	Конкурент «Thanko»	Конкурент «E-pad»
Стоимость	6	2	9
Комфорт при использовании	8	5	2
Площадь рабочей поверхности	8	4	4
Лёгкость	7	1	9
Практичность	10	4	2
<b>ИТОГО</b>	<b>39</b>	<b>16</b>	<b>26</b>

### Принцип работы

Механизм действия очень прост. Для собирания из сумки столика продельвается следующее: Пустая сумка раскрывается на  $180^\circ$ , в концы трубок, закреплённых на противоположных сторонах сумки, вставляются стержни, вкручиваются ножки в отверстия, расположенные внутри сумки. Для сборки столика в сумку все описанные действия продельваются наоборот и в обратном порядке.



Ножки состоят из двух частей. При желании их можно настроить по высоте. Максимальная высота – стандарт для столов 70 см.

Рисунок 1. Схема сумки-столика

Список использованных материалов:

1. Информационно-развлекательный сайт [<http://www.bestolkovuj.narod.ru>]. Режим доступа <http://bestolkovuj.narod.ru/pochemu-nelzya-derzhat-noutbuk-na-kolenyax/>, свободный (дата обращения 3.03.2014).
2. Гольцман В., Пташинский В. Ноутбук: секреты эффективного использования – СПб.: Питер, 2008. -48с.
3. Корпоративный сайт [<http://www.portcom.ru>]. Режим доступа <http://www.portcom.ru/info/113447>, свободный (дата обращения 3.03.2014).

# СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ НА БАЗЕ ARDUINO UNO

Алексеев И. С., Макаров Д.Е.  
isa1@tpu.ru

*Научный руководитель: доцент, к.т.н., Каранкевич А. Г., каф. ИКСУ*

## Цели проекта

В данном проекте создается система управления шаговым двигателем. Данная система управления вместе с шаговым двигателем может использоваться как электропривод для перемещения малогабаритных цилиндрических грузов. При использовании данного электропривода в учебных целях он позволяет улучшить навыки студентов в программировании микроконтроллеров, программировании работы шагового двигателя, ознакомиться с работой каждого элемента системы в отдельности. Двигатель будет управляться с помощью аппаратной платформы Arduino UNO.

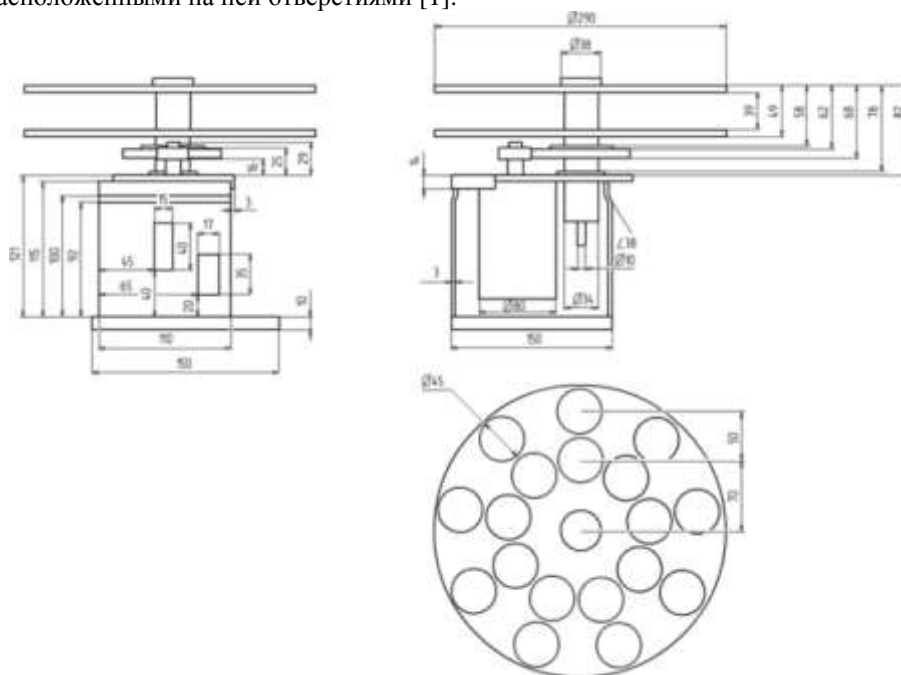
Основные цели работы:

1. Разработка системы управления;
2. Выбор технических средств для создания системы;
3. Запуск шагового двигателя и проверка работоспособности всей системы;
4. Разработка программы для управления шаговым двигателем.

## Выбор технических средств для системы

1. Шаговый двигатель 2ДШ78-0,16-1

Основным элементом, на основе которого составляется вся система, является шаговый двигатель: 2ДШ78-0,16-1. Как видно из рисунка 1, у нас имеется шаговый двигатель, выходной вал двигателя имеет колесо шестерню, которая входит в состав цилиндрического редуктора с передаточным числом 3,3. Выходной вал редуктора имеет на конце тарелку из органического стекла с 9 попарно расположенными на ней отверстиями [1].



*Рисунок 1. Шаговый двигатель 2ДШ78-0,16-1*

Двигатель 2ДШ78-0,16-1 четырехфазный, одностаторный, реверсивный, индукторного типа.

Технические характеристики 2ДШ78-0,16-1:

Напряжение питания на входе коммутирующего устройства, В - 27



Номинальный вращающий момент нагрузки, Н•м - 0,16  
 Номинальный момент инерции нагрузки, кг•м<sup>2</sup> - 10<sup>-5</sup>  
 Шаг, градус - 1,0

## 2. Импульсный блок питания S-150-27

Для питания двигателя необходим источник питания. Наиболее подходящим источником является импульсный блок питания S-150-27. Мы выбрали данный импульсный источник питания, так как он является эффективным, имеет малую стоимость, а характеристики лучше, чем у традиционных источников питания. Требования, предъявляемые к импульсному источнику питания по большей части зависят от рассматриваемого двигателя.

Таблица 1. Технические характеристики S-150-27

Параметр		Значение
Выход	Постоянное напряжение	27 В
	Номинальный ток	5.6 А
	Диапазон токов нагрузки	0...5.6 А
	Номинальная мощность	151.2 Вт
Вход	Диапазон напряжений	88...132 В AC/176...264 В AC (выбор переключателем) 248...370 В DC
	Диапазон частот	47...63 Гц
	к.п.д. (тип.)	86%

## 3. Аппаратная платформа Arduino UNO

Для управления двигателем необходим микроконтроллер. В последнее время очень активно развивается производство и использование микроконтроллеров на базе плат Arduino. Это итальянская компания разрабатывает различные виды микроконтроллеров и плат расширения для них. Одной из последних и самых современных плат данной фирмы является аппаратная платформа Arduino UNO (рисунок 2).



Рисунок 2. Аппаратная платформа Arduino UNO

Arduino Uno контроллер построен на ATmega328. Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для

работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи [2].

#### 4. Силовой модуль Power Driver Shield Kit

Так как необходимое напряжение для управления двигателем должно быть 24,3 – 29,7 В, а предельное напряжение, которое может выдержать плата Arduino 20 В, то необходимо дополнительное силовое оборудование. Помимо высокого напряжения у нас будут достаточно сильные токи, которые плата не выдержит, а это значит, что необходим дополнительный силовой модуль, который имеет точно такие же пины, что и Arduino, поэтому никаких проблем при подключении силового модуля к Arduino не возникает. Мы выбрали Power Driver Shield, данная плата включает 6 MOSFET транзисторов RFP30N06L [3].

Технические характеристики силового модуля:

- напряжение питания: +60 В;
- количество силовых каналов: 6;
- максимально-продолжительный ток каждого канала: 30 А;
- возможность реверса каждого двигателя;
- возможность независимого управления каждым каналом.

#### Функциональная схема системы управления шаговым двигателем

После того, как все элементы системы описаны в отдельности, необходимо данные элементы связать в единую систему, для получения среды управления шаговым двигателем на базе Arduino UNO (рисунок 3) [4].

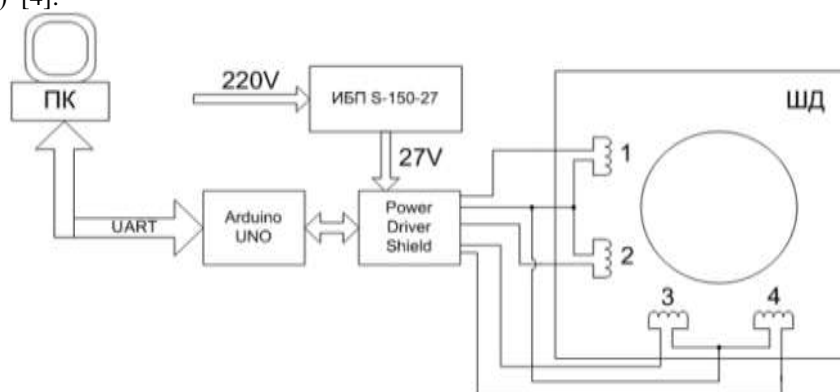


Рисунок 3. Функциональная схема системы управления

Согласно данной функциональной схеме, управление двигателем осуществляется с персонального компьютера через аппаратную платформу Arduino UNO по средствам интерфейса UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter). Данный интерфейс - узел вычислительных устройств, предназначенный для связи с другими цифровыми устройствами. Преобразует заданный набор данных в последовательный вид так, чтобы было возможно передать их по однопроводной цифровой линии другому аналогичному устройству [5].

#### Результаты проделанной работы

В результате исследований была разработана система, полностью готовая для использования на практике. Так как система управления должна быть максимально комфортной и удобной в использовании, были выдержаны следующие требования к работе системы:

1. Возможность вращения по часовой и против часовой стрелки;
2. Остановка и закрепление в определенных позициях без применения датчиков угла;
3. Возможность остановки в определенной позиции на заданное количество времени;
4. Изменение скорости вращения двигателя;
5. Изменение вращающего момента двигателя;
6. Выбор кратчайшего пути для достижения позиции;
7. Возможность работы в составе робототехнического комплекса.

### Список использованной литературы

1. Электродвигатель типа 2ДШ78-0,16-1 [электронный ресурс]: <http://www.laborant.ru/eltech/01/9/6/26-99.htm>, режим доступа – свободный.
2. Arduino [электронный ресурс]: <http://arduino.cc/>, режим доступа – свободный.
3. Power Driver Shield kit [электронный ресурс]: <http://www.sparkfun.com/products/10618>, режим доступа – свободный.
4. Каранкевич А. Г. Курс лекций по Электропривод, — Томск, 2012.
5. Алексеев А. С. Курс лекций по ДМПП, — Томск, 2011.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОДЗАРЯДКИ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ ОТ ЭНЕРГИИ ХОДЬБЫ

Голянская Е.О., Сухаревский П. В.  
evg.gol1994@gmail.com

*Научный руководитель: Чернов А. В., старший преподаватель кафедры теоретической и экспериментальной физики, НИИ ТПУ*

### Введение

В современном мире человек в походе имеет массу "необходимых" электронных устройств: фотоаппарат, GPS-навигатор, мобильный телефон, плеер, радиоприёмник, КПК, видеокамера... Не все устройства одинаково необходимы, некоторые часто совмещены в одном изделии, но от их работы напрямую зависит качество жизни в походе или путешествии. Объединяет их то, что все они питаются от химических источников тока - гальванических элементов или аккумуляторов, энергия в которых имеет свойство заканчиваться. Возникает вопрос о том, как находясь далеко от источника центрального энергоснабжения, заряжать данные устройства без особых усилий. Существует много способов. Кто-то берёт с собой запасные аккумуляторы, кому-то удобнее пользоваться раскладывающейся солнечной батареей, а кого-то устраивает механический генератор-зарядник. Каждый вариант имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Конечная цель – создание устройства с креплением к внутренней части обуви для преобразования энергии шага во вращательное движение ротора генератора с последующей выработкой переменного электрического тока.

Цель данной работы - проведение исследование конструкции и принципа работы отдельных составляющих схемы SORBO SB2009, взятой из ручного динамо-фонаря.

### Исследование конструкции схемы

Данное устройство содержит в себе микрогенератор, диодный мост-ку, электролитический конденсатор, аккумулятор напряжением 3,6 в и емкостью 80 мА, каскад на n-p-n транзисторе, с открытым (висящем в воздухе) эмиттером, для того чтобы заряд аккумулятора передавался только по вставленному в гнездо разъёму на «севшую» батарею сотового телефона.

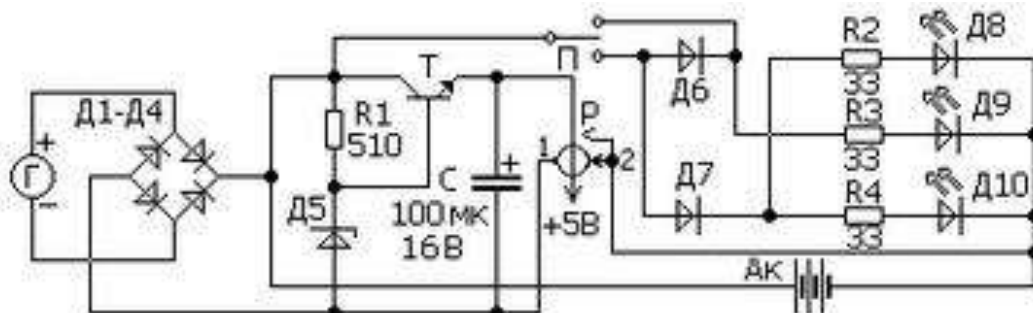


Рисунок 1. Микросхема SORBO SB2009

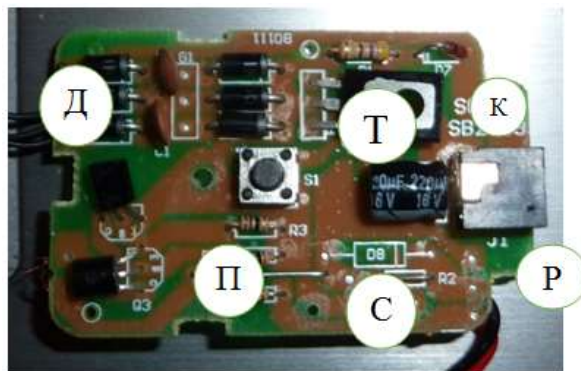


Рисунок 2. Печатная плата: Т- транзистор; С-конденсатор; П-кнопка переключатель; Р- выходной разъем, диаметром 3,5 мм, для подключения заряжаемых через соединительный кабель вышеперечисленных устройств; Д- мостовая схема; К- катушка индуктивности.

### Двухполупериодный выпрямительный мост

Выпрямители используются для преобразования переменного напряжения в пульсирующее постоянное. Самым популярным является выпрямитель, который строится по мостовой схеме, состоящей из четырёх диодов. Такая схема называется двухполупериодным выпрямительным мостом.

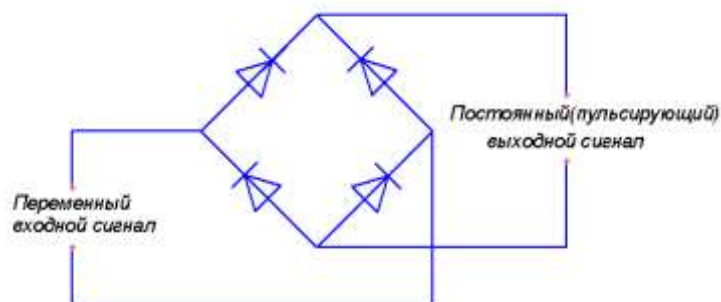


Рисунок 3. Выпрямительный диодный мост

В большинстве случаев для максимального снижения уровня пульсаций напряжения на нагрузке в трансформаторных источниках питания, зачастую пользуются наращиванием конденсаторов фильтра. Это не самый эффективный метод, потому, что в момент включения незаряженные конденсаторы фильтра в целом представляют собой для выпрямительных диодов и вторичной обмотки трансформатора короткое замыкание. Часто, для ограничения зарядного тока конденсаторов фильтра использую токоограничивающие компоненты, которые, в большинстве случаев, отключаются автоматически. В курсе физические основы электроники подробно изучается основы работы полупроводниковых приборов.

### Генератор

Микрогенератор- индукторного типа с повышающим редуктором, в зависимости от скорости вращения приводной ручки составляет 8...9 В(амплитудное значение), а частота — 350...500 Гц при достаточно хорошей синусоидальной форме сигнала.



Рисунок 5. Генератор переменного трехфазного тока

Принципы работы устройств данного типа можно узнать из курса физики и теоритических основ электротехники.

Простейший генератор трехфазного тока. На статоре его расположены три отдельные обмотки (фазные обмотки), оси которых сдвинуты одна относительно другой на угол  $120^\circ$ . Каждая из обмоток трехфазного генератора вместе с присоединенной к ней внешней цепью называется фазой. Ротор генератора представляет собой постоянный магнит, который вращается от внешнего воздействия. При вращении ротора в трех фазных обмотках статора индуцируются синусоидальные э. д. с. одной и той же частоты и имеющие одинаковые амплитуды. Но так как магнитное поле вращающегося ротора пересекает эти обмотки не одновременно, то э. д. с. сдвинуты по фазе по отношению друг к другу на угол  $=120^\circ$ . Такая система трех фазных э. д. с. называется симметричной. Особенностью ее является то, что сумма э. д. с. всех трех фаз в любой момент времени равна нулю.

### Аккумулятор

Никель-металл-гидридный аккумулятор (Ni-MH) — вторичный химический источник тока, в котором анодом является водородный металлгидридный электрод (обычно гидрид никель-лантан или никель-литий), электролит — гидроксид калия, катод — оксид никеля. Выходное напряжение данной модели 3.6 В емкость 80 мА/ч.



Рис 6. Аккумулятор SORBO NI-MH

В процессе зарядки аккумулятора часть энергии тратится на химические преобразования, а другая часть выделяется в виде тепла. КПД аккумулятора - это часть энергии, поступающая от зарядного устройства, которая накапливается в аккумуляторе. Значение КПД менее 100%, при разных условиях зарядки значения КПД различаются. Тем не менее, КПД может быть довольно высоким, что позволяет производить зарядку большими токами, не опасаясь перегрева аккумулятора. Химические реакции, которые протекают в NiMH аккумуляторе при его зарядке, являются экзотермическими. Это означает, что КПД зарядки NiMH аккумуляторов ниже, и они более сильно нагреваются в процессе зарядки, что требует более тщательного контроля процесса зарядки.

То насколько быстро зарядится аккумулятор зависит от тока заряда. Ток заряда обычно измеряют в единицах  $C$ , где  $C$  —емкость аккумулятора. Принято считать, что ток  $1C$  для аккумулятора емкостью 2500 мА/ч равен 2500 мА.

Заряжая аккумулятор мобильного телефона с помощью нашего устройства можно не бояться за его исправность. Процесс зарядки мобильного телефона контролируют сразу несколько устройств: контроллер аккумулятора, управляющий чип-контроллер, встроенный в мобильный телефон, и стабилизирующая схема зарядного устройства.

Контроллер в аккумуляторе предохраняет батарею от переплюсовки, превышения зарядного и разрядного тока и напряжения. Мобильный телефон сам определяет режим и управляет процессом зарядки в зависимости от степени разряженности аккумулятора. Схема в зарядном устройстве поддерживает питающее напряжение и силу тока в оптимальных пределах. Таким образом, можно не бояться за сохранность аккумулятора при зарядке от нашего генератора. Контроллер в телефоне надежно предохраняет батарею от неправильного заряда. Лишним подтверждением этому могут служить китайские зарядники, лишённые каких-либо управляющих и стабилизирующих схем, но тем не менее обеспечивающие нормальную зарядку телефонов.

### **Вывод**

В данной работе была рассмотрена конструкция печатной платы SORBO SB2009 с микрогенератором, приведена мнемо схема, описаны технические решения, которые были использованы разработчиками при создании данного устройства. Приведены характеристики и описание отдельных составляющих.

### **Список литературы**

1. Глазачев А.В., Петрович В.П. Физические основы электроники, - Томск: Изд. ТПУ 2012;
2. Петрович В.П. Физические основы электроники. - Томск: Изд. ТПУ, 2000;
3. Генератор переменного тока [<http://kak.znate.ru/docs/index-57000.html>], режим доступа свободный.

## **ROBOTIS BIOLOID В УЧЕБНЫХ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЦЕЛЯХ**

Маслов В. Е., Булуев И. И.  
wado93@mail.ru

*Научный руководитель: доцент кафедры ИКСУ, кандидат технических наук, Михайлов В.В.*

С развитием технического прогресса появляются новые трудоемкие задачи, которые требуют особых способов решения, порой даже таких, которые обычный человек не способен выполнить, например, перенос очень тяжелых грузов по заданной траектории и с заданной точностью. Для решения подобных задач применяются знания в области робототехники. Автоматизация рутинных и трудоемких процессов уже достигла высокого уровня развития и распространения, и начинается автоматизация в другой сфере: социальной и сфере обслуживания. К роботам, работающим в данной сфере, предъявляются уже совершенно другие требования, а именно: дружелюбный дизайн и интерфейс, коммуникабельность, способность распознавать команды, заданные голосом, и автоматически реагировать на внешние воздействия. Кроме того, роботы должны быть безопасными при работе с людьми.

Для повышения интереса подростков и детей к бурно развивающейся сфере деятельности – робототехнике, а также получения базовых знаний программирования роботов-андроидов, корейская компания Robotis разработала сборного робота-трансформера Robotis Bioloid.

Также данный набор будет вызывать интерес у подростков и детей, потому что он схож с наборами LEGO Mindstorms от компании LEGO. Если же говорить о продуктивности обучения на данном наборе, то можно упомянуть то, что набор используется в военно-морской академии США как учебное оборудование в курсе машиностроения. Также для детей эти роботы могут стать мотивацией для участия в международных соревнованиях RoboCup. [1]

Программирование данных роботов будет хорошей базовой подготовкой для будущего самих ребят, т.к. оно производится в среде программирования на C-подобном языке.

Унифицированность деталей позволяет производить сборку разнообразных типов роботов из одного и того же набора (всего возможно изготовление механизма с восемнадцатью степенями свободы). Одна из вариаций сборки роботов представлена на рис. 1. [2]



Рисунок 1. Собранный Robotis Bioloid

Целью нашей научной работы является разработка четких и понятных методических материалов для робота Robotis Bioloid для центра детского творчества “Факел”, которые будут использоваться преподавательским составом и детьми в дальнейшей их работе, а также проведения анализа результативности полученного продукта.

Для создания понятных методических указаний необходимо было собрать определенную модель робота, провести анализ его характеристик и способов управления им, а также возможностей его движения. Данный набор уже имеет электронную инструкцию по эксплуатации и сборке, однако данная инструкция изложена на иностранных языках и весьма запутанна, что создает существенные препятствия при сборке и освоении работы робота.

Программирование функционирования робота Bioloid осуществляется двумя разными способами: при помощи программы RoboTask и программы RoboMotion.

RoboTask представляет из себя среду для текстового программирования на C-подобном языке. Такой способ управления роботом является более трудоемким и времязатратным, чем управление с помощью программы RoboMotion, однако провести комплексную автоматизацию движений и перемещений робота с помощью только одной программы невозможно, т.к. RoboTask необходим для реализации уже готовых программ, вводимых в процессор Bioloid, для запрограммирования кнопок на корпусе процессора, с помощью которых можно будет запускать программы, уже записанные с помощью программного пакета RoboMotion.

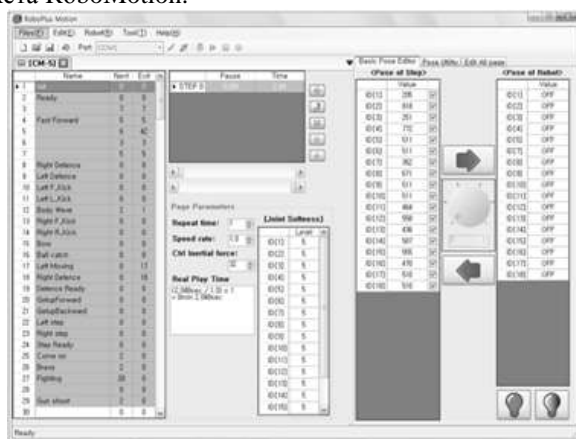


Рисунок 2. Рабочее окно программы RoboMotion

Программирование с помощью RoboMotion является крайне простым способом управления движениями робота. На рисунке 2 приведен пример готовой программы, написанной с помощью

RoboMotion. Несмотря на довольно запутанное окно управления, программирование с помощью этой программы довольно просто и заключается в большей части в ручном изменении положения сервоприводов и считывания их положений в текущий момент времени. Каждое последующее считывание координат сервоприводов будем называть шагом. После определенного количества шагов, можно проиграть движение робота. Сначала он вернется в исходное положение, после чего пройдет по всем зафиксированным шагам. Всего процессор Bioloid может хранить в себе одну программу из RoboMotion, которая содержит 255 страниц, а в каждой странице содержится 7 шагов, что является более чем достаточным количеством для осуществления комплексной автоматизации робота. RoboMotion также позволяет осуществлять паузы перед выполнением определенного шага, а так же повторять некоторые движения заданное количество раз, что позволяет экономить страницы из программы.

Если же взять в рассмотрение вторую интерфейсную программу – RoboTask – то она будет на порядок сложнее в понимании. Работа в данном приложении труднее, однако же именно с её помощью можно заставить откликаться робота на подачу команд посредством нажатия кнопок. На рис. 3 представлено изображение части программного кода, написанного в RoboTask:



Рисунок 3. Рабочее окно программы RoboTask

На данный момент уже собраны 2 робота Bioloid и проделаны начальные этапы работы с программами RoboMotion и RoboTask. Был проведён анализ возможностей этих программ экспериментально, а также анализ их межпрограммного взаимодействия, были устранены некоторые проблемы работы робота, появившиеся при сборке, которые невозможно выявить, не приводя робота в движение.

### Литература

1. Электронная библиотека: [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Robotis\\_Bioloid](http://ru.wikipedia.org/wiki/Robotis_Bioloid). Свободный.
2. Официальный сайт производителя и разработчика (англ.): [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.robotis.com/xe/>. Свободный.
3. Интерактивная инструкция по обращению с роботом и сборки: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://support.robotis.com/en/>. Свободный.



## **ВИРТУАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПОДДЕРЖКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО САМООПРЕДЕЛЕНИЯ**

Миронов А.Г.  
lexamir13@mail.ru

*Научный руководитель: к.п.н., доцент, Бекузарова Н.В., Институт педагогики, психологии и социологии. Сибирский федеральный университет*

Вопросы профессионального самоопределения подрастающего поколения в современных условиях приобретают большую актуальность, как на федеральном, так и на региональном уровнях (Федеральные целевые программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2014-2020 годы, «Информационное общество (2011 - 2020 годы)», Госпрограммы «Содействие занятости населения» и «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», «Развитие образования», Региональная стратегия развития профессиональной ориентации населения в Красноярском крае до 2020 года и т.д.). Несмотря на высокую оплату труда и профессиональные перспективы, специалистов (в первую очередь инженеров) для инновационных проектов, способных к освоению и разработке нового оборудования остро не хватает. Это не связано с нехваткой человеческого ресурса. Причина кроется в недостаточном уровне квалификации выпускников, а так же непрофильном для приоритетных направлений развития экономик регионов образовании. В действующем формате профориентации у школьников зачастую не происходит знакомство с профессиями и специальностями значимыми для рынка труда; отсутствует обучение умениям и навыкам, необходимым для принятия конструктивных решений по построению профессионально-образовательной траектории и выбора профессионального пути, планированию профессиональной карьеры. Вовлечение выпускников школ в инженерные профессии возможно при организации профессиональной ориентации на основе социального партнерства и информационно-коммуникационных технологий.

Выполнение проекта осуществляется инициативной группой, модерлируемой автором проекта на запуске, и поддерживаемой заинтересованным педагогическим сообществом в дальнейшем.

Уникальность проекта заключается в том, что впервые разрабатывается универсальный, интерактивный, электронный ресурс поддержки профессионального самоопределения, обеспечивающий возможность взаимодействия старшеклассников с педагогами, психологами, работодателями, инженерами, представителями учебных заведений профессионального образования, государственными служащими. Он воплощает главный психологический аспект постижения выбираемой профессии школьником через личность профессионала и его опыт, что, в современных условиях, в неvirtуальной среде осуществить для каждого конкретного оптанта практически невозможно.

Проект направлен на лиц, находящихся на этапе оптации (выбора профессии), главным образом на старшеклассников.

Цель: Разработка интерактивного электронного ресурса «Виртуальная служба поддержки профессионального самоопределения» как системы взаимосвязанных действий по оказанию индивидуально ориентированной помощи в профессиональном самоопределении через кооперацию ресурсов образовательных учреждений СПО/ВПО и инженеров различных предприятий региона.

Задачи: 1) Проанализировать российские и зарубежные исследования и практические разработки в области профессионального ориентирования; 2) Определить возможности образовательных учреждений региона для воспроизводства кадрового потенциала приоритетных отраслей экономики региона; 3) Определить наиболее эффективную технологическую платформу для реализации электронного ресурса; 4) Разработать документацию, регламентирующую деятельность ресурса; 5) Разработать информационную среду и механизмы профориентационной работы с молодежью через ее взаимодействия с учреждениями СПО/ВПО региона.

Результаты и основные мероприятия проекта: проведение конференции (выявление проблем и перспектив развития профессиональной ориентации в регионе и кадрового дефицита рабочих и инженерных кадров), организация круглых столов (вовлечение специалистов и инженеров в работу ресурса), адресное взаимодействие со специалистами для заключения соглашения о сотрудничестве, разработка и апробация ресурса, презентация ресурса и его запуск в образовательной среде учебных заведений региона.

Составляющие системы: психодиагностический блок (профориентационное и психологическое on-line тестирование); консультационный блок (сервис консультаций (вопрос-ответ) психологов различного профиля); учебно-информационный блок (ссылки на учебные заведения регионов, их представителей и электронные адреса выпускников – участников проекта); производственно-информационный блок (блоги специалистов производственной сферы региона); коммуникативный блок (чаты на наиболее актуальные темы, ссылки на специалистов Центра занятости населения); образовательный блок (видеолекции, семинары, статьи); просветительский блок (атлас профессий, ссылка на ресурсы актуального состояния рынка труда).

Разработка и содержательное наполнение ресурса рассчитано на 6 месяцев. Реализация проекта не предусматривает даты окончания и предполагает непрерывное использование ресурса в образовательном процессе. Функционирование ресурса поддерживается на механизмах, сходных с таковыми для социальных сетей, за счет коммуникации оптантов с социальными партнерами. Принцип работы системы основывается на организации виртуальной приемной, обеспечивающей адресное консультирование каждого конкретного оптанта. При этом консультация (в отличие от имеющихся на сегодняшний день ресурсов [1]) осуществляется инженером или конкретным специалистом, при поддержке педагогов и психологов. Виртуальная приемная способна заменить или дополнить единственный существующий сегодня метод взаимодействия профессионала и обучающегося – профориентационную экскурсию, проведение которой требует существенных организационных и временных затрат.

Общая стоимость проекта напрямую зависит от технологической платформы функционирования ресурса, и может варьировать от 0 до 3 млн. рублей. По произведенным нами расчетам минимальные затраты на эффективную реализацию проекта в рамках региона составляют 150 тысяч рублей.

## Литература

1. Миронов, А.Г. Информационно-образовательные ресурсы по профессиональному самоопределению молодежи: типология, обзор содержания // Вестник магистратуры, №10 (25), 2013, С. 12-18.

## СЕКЦИЯ 7. ИНИЦИАТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ

### Q-BEE

<https://sites.google.com/site/qbeeproduct/>

Сухарев М.А., Фензель А.Д., Муконина Н.В., Черных Т.М., Брыткова Д.О.  
tris-z@mail.ru

*Научный руководитель: Мозгалева П.И., аспирант, ассистент кафедры ОСУ Института кибернетики ТПУ*

Ни для кого не секрет, что в возрасте 18-20 лет очень трудно правильно распределять свои ресурсы. Темп жизни настолько быстрый, что не успеваешь заметить, как в кошельке остается всего пара купюр, а на них нужно прожить еще какое-то время. Приходится недоедать, влезать в долги, просить денег у родителей, а это большой удар по самостоятельности. Хотелось бы избежать таких проблем с перерасходом средств, но как это сделать? Казалось бы, нужно просто проанализировать свои расходы, чтобы понять, на что необоснованно тратятся большие суммы денег, и стараться ужать расходы в этой категории. Но тут все не так просто: ведь зачастую мы даже не видим, куда именно уходят наши сбережения.

Контроль расходов и доходов является одной из главных составляющих ведения домашних финансов. По статистике, простой учет трат позволяет сэкономить до 20% своих сбережений. Лучшим способом анализа трат будет разделение статей дохода и расхода по отдельным направлениям. Такой подход позволяет упорядочить движение денег [1]. Без системного подхода трудно добиться четкого порядка, а категории позволяют детально отследить все затраты.

Чтобы понять, куда уходит основной поток средств, необходимо в течение нескольких недель вести учет домашних финансов. Не стоит упускать мелкие траты, ведь иногда именно на них получается сэкономить больше всего [2]. Чтобы контроль расходов был эффективным, необходимо сделать его регулярным: взять за правило каждый вечер записывать траты, а лучше – прямо «на ходу», в магазине или банке. Но смета не всегда будет под рукой, а мелкие расходы быстро вылетают из головы. Как же быть?

Сегодня мы обратили особое внимание на студентов Томского Политехнического Университета. Из-за маленьких перерывов между парами и больших расстояний между корпусами, зачастую не хватает времени на полноценный обед. Поэтому приходится покупать бутерброды и батончики в автоматах внутри корпуса или в супермаркете, перекусывать в местах общего питания – столовых и восточных кухнях. Разовая трата не смертельна для кошелька, но таких трат может быть не одна и не две в месяц. Накапливаясь, мелкие траты, как волны, собираются в один гигантский девятый вал, который со всей силой бьет по вашему бюджету.

Для решения этой проблемы наша группа выдвинула идею создания приложения для мобильных устройств, которое будет учитывать все внесенные вами статьи доходов и расходов, и в удобном формате отображать в виде таблиц и графиков, что позволит отследить динамику затрат в любое время. Также будет произведен набор группы, которая в течение месяца будет пользоваться приложением и постарается сократить свои расходы.

Принцип работы приложения довольно прост. Пользователь устанавливает начальные параметры: текущее количество средств, которое есть у него в наличии, и цель, которой хотел бы достичь (в денежной сумме). Поставленная цель отлично мотивирует на ее достижение, особенно если находится в рамках реалистичности. Затем начинается долгий процесс внесения каждой полученной или потраченной суммы в соответствующие статьи доходов и расходов. Суммарный подсчет ведется ежедневно, так что количество потраченных за день средств всегда находится на виду (рис.1). Для анализа расходов представлена ежедневная и ежемесячная статистика, которая в виде таблиц и графиков наглядно покажет, на какую категорию приходится наибольшее количество расходов [3,4].



*Рис.1. Интерфейс приложения*

Чтобы оценить эффективность приложения, мы набираем группу добровольцев-тестировщиков, которые в течение месяца будут пользоваться приложением. Первые две недели отведены на сбор информации, после чего будет произведен анализ полученных результатов, и на их основе участники тестирования постараются сократить свои расходы. По завершении теста пользователи пройдут анкетирование, в котором оценят полезность приложения, учитывая сумму, которую им удалось сэкономить.

Приложение ориентировано на студентов, но будет так же полезно и для людей, которые хотели бы контролировать себя в расходе средств. В планах нашей группы обновление приложения с включением в него новых функций и доработкой интерфейса с целью увеличения удобства его использования.

Воплощение данной идеи позволит множеству студентов контролировать себя в расходовании средств, направляя их в нужное русло, а также экономить на необоснованных тратах, используя сэкономленные деньги по своему усмотрению.

#### **Список литературы:**

1. Астахов В. П. Теория бухгалтерского учета. – Ростов н/Д: ИПЦ «Март», 2007. – 448 с.
2. Кутер М. И. Теория бухгалтерского учета: Учебник для студ. вузов, обуч. по экон. спец.. – 3-е изд., перераб. и доп.. – М.: Финансы и статистика, 2009. – 591 с.
3. Павловская Т.А. С/С++. Программирование на языке высокого уровня. – СПб: Питер, 2007.
4. Богуславский А.А., Соколов С.М. Основы программирования на языке Си++ – Коломна: КГПИ, 2007.

## **СУШИЛКА ДЛЯ ОБУВИ 2.0**

Баев А.Ю., Бокор В.А.  
[inqsoon@mail.ru](mailto:inqsoon@mail.ru)

*Научный руководитель: Мозгалева П.И., аспирант, ассистент кафедры ОСУ Института кибернетики ТПУ*

Проект будет выполнен студентами группы ЭТО331 Баевым Артемом и Бокором Владимиром. Проект будет направлен в основном на студентов, а так же всех посетителей аудитории №105 19 корпуса. Его целью является создание условий для уменьшения грязи в аудитории в основной период учебы (осень-весна), путем разработки к началу осени 2014 года прибора, позволяющего сушить несколько пар обуви. В задачи проекта входит: уменьшить количество грязи в аудитории, создание комфортной обстановки. Результатом проекта будет являться готовый продукт, который может быть использован, прежде всего, в аудитории 105, или в других аудиториях корпуса. Достижение результата будет осуществляться с помощью поставленных задач: разработка прибора, покупка

требующихся материалов, сборка прибора, ввод в эксплуатацию. Проект планируется осуществить до начала следующего учебного года, чтобы к осеннему периоду уже все было готово. Предположительная стоимость проекта до 5 тысяч рублей.

Большая часть учебного года приходится на период осень-весна. Начиная с середины сентября и заканчивая маем, на улице постоянно вода и грязь. В любую погоду с улицы на подошвах обуви в аудитории заносится грязь, которая предоставляет серьезную опасность для полов, а так же здоровья. Если в доме, для чистки обуви, мы можем обойтись различными тряпками и коврами, то в аудитории, где поток студентов может достигать до 50 человек в час, этот вариант не подходит. Мало кто из студентов носит с собой запасную обувь или бахилы, заботясь о чистоте какой-либо аудитории и о том человеке, который эту аудиторию убирает.

На уменьшении проблемной ситуации и направлен наш проект

Целью проекта является создание условий для уменьшения грязи в ауд.105 в период осень-весна, путем разработки к началу осени 2014 года прибора, позволяющего сушить несколько пар обуви.

Целевой группой данного проекта являются студенты ЭТО, посещающие ауд.105.

Задачи проекта:

1. Разработать прибор, позволяющий сушить несколько пар обуви.
  - а. Распределить ролей в команде
  - б. Распределить время работы
  - с. Создать правила эксплуатации
2. Купить требующиеся материалы.
3. Собрать прибор.
4. Ввести в пользование.

Рабочий план реализации проекта

Вид деятельности/мероприятие	Месяц/число/год	Исполнители/Ответственные
Распределение ролей в команде	20.03.2014	
Распределение времени работы	27.03.2014	В. Бокор, А. Баев/А.Баев
Покупка требующихся материалов	17.04.2014	А. Баев/В. Бокор
Сборка прибора	28.08.2014	В. Бокор, А. Баев/А.Баев
Ввод в эксплуатацию	31.08.2014	В. Бокор, А. Баев/А.Баев

SWOT-анализ

<b>S</b> - Востребованность - Отсутствие конкурентов - Отсутствие необходимости в батареях отопления	<b>W</b> - Качество сборки - Пожароустойчивость - Чрезмерное тепло, поступающее от прибора
<b>O</b> - Заинтересованность администрации ЭТО в чистоте - Привлечение внимания к проблеме чистоты в ауд. 105, развитие чистоплотности у студентов	<b>T</b> - Возможное несерьезное отношение к прибору - Ограниченное время эксплуатации

Риски проекта

Наименование риска	Степень воздействия	Вероятность возникновения	Профилактика	
			Чтобы не произошло	Если произошло
Низкая востребованность у студентов	Низк.	Выс.	Обязательное требование к чистоте обуви	Правило снятия обуви при заходе в ауд.
Пожар	Выс.	Средн.	Технология производства	Огнетушитель
Низкая	Низк.	Средн.	Энергоэффективность	-

влажность воздуха			ь	
Нехватка мест и времени для сушки	Низк.	Выс.	Увеличение количества мест	Увеличение количества приборов
Стекающая с обуви влага	Средн.	Средн.	Организация места для стекающей влаги	-

## ЛАВКА ТРАНСФОРМЕР

<https://sites.google.com/site/lavockatpu/>

Сидельников В.С., Звонарёв А.А., Богрова К.В., Кувыкина М.В., Угай Е.В.  
e-mail: vladimir.svibla.sidelnikov@gmail.com

*Научный руководитель: Мозгалева П.И., аспирант, ассистент кафедры ОСУ Института кибернетики ТПУ*

Усталость и переутомление – главные причины пониженной работоспособности, отсутствия внимания и плохой успеваемости у студентов. Они появляются вследствие постоянного умственного напряжения, утомительных переходов между корпусами, отсутствия нормального сна. Чтобы облегчить учебный день достаточно время от времени присесть отдохнуть, перевести дух.

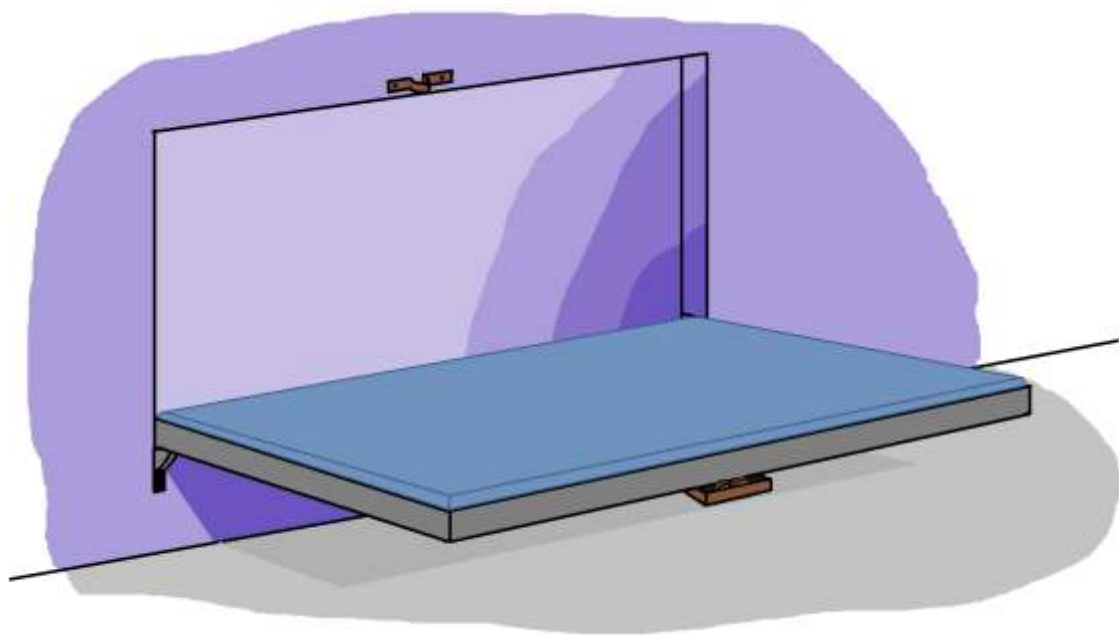
Здесь возникает простой вопрос: где можно это сделать? За время обучения в университете мы обнаружили, что это достаточно серьезная проблема. В некоторых корпусах отсутствуют места для отдыха, в других – коридоры настолько узкие, что невозможно установить даже лавочки, т.к. это противоречит требованиям пожарной безопасности.

Проведя работу в данном направлении, мы определили критерии необходимого решения данной проблемы:

- компактность (актуально в помещениях с узкими коридорами);
- простой механизм использования;
- безопасность;
- комфорт и уют.

На основе данных критериев нами было разработано решение, которое мы назвали «Лавка-трансформер».

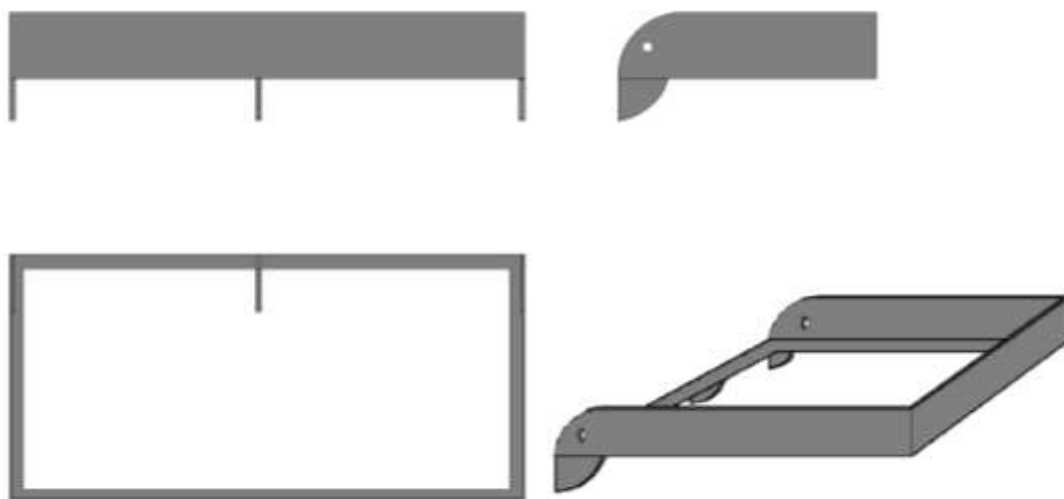
Принцип действия нашего устройства прост, что позволяет минимизировать расходы на его создание. Лавка крепится в нише в стене при помощи двух шарниров. В то время, когда необходимость в её использовании отсутствует, лавка находится в вертикальном положении, полностью скрываясь в нише (рис. 1).



*Рис. 1. Лавка в разложенном состоянии*

В таком положении лавка удерживается при помощи двойной роликовой защелки, которая позволяет легко и быстро складывать и раскладывать лавку.

В разложенном положении лавка опирается при помощи металлических упоров в стену, на которой закреплена стальная полоска, защищающая стену от повреждений и позволяющая равномерно распределять нагрузку [1].



*Рис. 2. Каркас*

Упоры треугольной формы надёжно приварены к стальному каркасу лавки (рис. 2), на который размещена деревянная основа, обитая мягким материалом. Подобная конструкция позволяет уменьшить нагрузку на шарниры и перенести основную её часть на металлические упоры, не имеющие подвижных соединений, а значит, имеющие большую прочность.

Следующим шагом после разработки конструкции будет создание прототипа и проверка его работоспособности. На основе результатов тестирования будет выполнена доработка прототипа, призванная устранить недочёты, выявленные в ходе испытаний. После согласования с руководством ТПУ мы планируем установить «лавку-трансформер» в одном из корпусов университета, который будет выбран путём онлайн-голосования. Дальнейшее наблюдение за процессом эксплуатации позволит, основываясь на мнении студентов, модифицировать нашу лавку, сделав её ещё более комфортабельной и надёжной. В случае успеха проекта возможна установка подобных лавок во всех корпусах ТПУ. Таким образом, наша конструкция позволяет весьма просто и дешево усовершенствовать корпуса Томского политехнического университета и сделать их более комфортными и удобными для студентов, не пренебрегая при этом требованиями безопасности.

Список литературы:

1. Барташевич А. А., Трофимов С. П. Конструирование мебели. – Минск: Современная школа, 2006. – 128 с.

## **РАСПИСАНИЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЭЛИТНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Белов А.С., Газизов А.Т., Ветров А.А.  
m9yrizo@mail.ru

*Научный руководитель: Мозгалева П.И., аспирант, ассистент кафедры ОСУ Института кибернетики ТПУ*

Как известно всем студентам Национального Исследовательского Томского Политехнического Университета, обучающимся по программе Элитного технического образования (далее «ЭТО»), есть расписание групп основного потока и потока ЭТО. Проблема заключается в том, что расписание для групп потока ЭТО не соединено с расписанием основного потока из-за чего возникает множество неудобств: приходится выписывать/вычерчивать для себя отдельное расписание, которое неизбежно изменяется. В конечном счете, этот листочек с расписанием теряется и все приходится начинать сначала. Тем, кто пытается просто запомнить свое расписание еще труднее: приходится запоминать 4 недели, так как есть нечетная + четная для основного потока и нечетная + четная для группы ЭТО.

Решением данной проблемы озаботилась группа студентов элитного технического образования

Томского политехнического университета института кибернетики группы это 232: Белов А.С., Газизов А.Т. и Ветров А.А.

Наше решение: создать сайт с единым расписанием для студентов-элитников, то есть соединить расписание основного потока и элитного с учетом «повторных» предметов, что является главной целью проекта.

Задачи которые мы ставим перед собой для достижения нашего проекта:

- 1) Программирование демо-версии сайта, являющегося главной целью, с учетом привычного дизайна для студентов ТПУ
- 2) Решить проблему наложения предметов
- 3) Отладка сайта
- 4) Поиск недостатков
- 5) Исправление недостатков
- 6) Тестирование сайта
- 7) Реклама сайта среди студентов-элитников

Уникальность нашей идеи заключается в том, что подобных сайтов мало и они неизвестны либо неудобны,

мы предлагаем быстрый и удобный, мобильный и доступный сервис, чтобы сберечь время пользователя.



Также возможность обратной связи с технической поддержкой, которая незамедлительно ответит на вопросы и примет рекомендации или пожелания. С технической стороны, решена проблема наложений разных предметов, стоящих в одинаковое время.

Национальный исследовательский  
Томский  
Политехнический  
Университет

National Research  
Tomsk  
Polytechnic  
University

english version

поиск

ТПУ СЕГОДНЯ | ОБРАЗОВАНИЕ | МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО | НАУКА И ИННОВАЦИИ | СОЦИАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ | ИНИЦИАТИВЫ

Главная · Расписание

**Элитное расписание** Уважаемые студенты и преподаватели!  
В расписании возможны изменения. Внимательно следите за обновлениями.

Весенний семестр 2013-2014 учебного года  
Сейчас 22:01, 21 марта, пятница, неделя нечетная, занятия закончились

Введите номер группы, фамилию преподавателя  
или номер аудитории:

Текущее

Элитная группа:

☐ Отобразить в виде списка **Показать расписание**

**Примечание:** по умолчанию показывается текущее расписание группы/преподавателя на сегодняшний день, т.е. если Вы смотрите расписание преподавателя, а на сегодняшний день у каких-то групп уже прошла лекция, а у каких-то нет, то Вы увидите смешанное расписание.  
Расписание обновлено Сегодня, 15:25

По вопросам переноса занятий обращаться в личном порядке к диспетчеру института или по телефону 606-198.  
Вопросы и пожелания по работе сайта направлять на [raspisanie@tpu.ru](mailto:raspisanie@tpu.ru)

**Рис 1.**

В конце своей работы мы ожидаем получить сайт, который будет черпать необходимую информацию с ресурса [raspisanie.tpu.ru](http://raspisanie.tpu.ru) и генерировать расписание для студента элитного технического образования. Также ожидается получить положительную реакцию потребителей, то есть студентов, на наш продукт.

В дальнейшем, мы планируем включить нашу разработку непосредственно в ресурс [raspisanie.tpu.ru](http://raspisanie.tpu.ru) и другие ресурсы университетов, обладающих программой ЭТО. После чего, в наших планах расширение потребительского круга: создание сайта, который будет генерировать расписание для отдельного человека, объединяя несколько расписаний несвязанных между собой учреждений (обязательное условие: учреждения должны иметь электронный ресурс с расписанием). Готовый результат, то есть сама программа/сайт, должны быть готовы к концу весеннего семестра 2014 года, ориентировочно конец мая.

## ТПУ НАШИМИ ГЛАЗАМИ

Виноградов К.Г., Мозгалева А.И., Черемнов А.Е.  
E-mail: [a.mozgaleva@sibmail.com](mailto:a.mozgaleva@sibmail.com)

*Научный руководитель: Мозгалева П.И., аспирант, ассистент кафедры ОСУ Института кибернетики ТПУ*

В настоящее время юные абитуриенты мало ознакомлены с возможностью обучения в отделе элитного технического образования (ЭТО). Большинство новоиспеченных первокурсников не воспользовались возможностью обучения на ЭТО в связи с преобладанием ложной информации и недостатком подтвержденных фактов. В первую очередь ушей студентов достигают слухи о сложности обучения на ЭТО. Мы, студенты элитного образования, хотим, чтобы узнавали

об ЭТО еще будучи абитуриентами, и благодаря этому смогли сделать правильный выбор в сторону элитного технического образования. Наш проект нацелен на то, чтобы избавиться от данной проблемы.

Целью данной работы является обеспечение информацией абитуриентов школ города Томска и ознакомление их со всеми возможностями и прелестями процесса обучения на ЭТО.

Уникальность нашего проекта заключается в том, что выступление будет проходить из уст нынешних студентов, и они будут рассказывать о своем обучении и жизни на ЭТО.

Одной из первых наших задач является разрешение на проведение лекции о необходимости получения элитного технического образования и раздаточных материалов в элитном деканате. Следующим нашим шагом будет подборка необходимой для проведения лекции информации и цифровых файлов (фото, видео). После этого мы договоримся с директорами школ о проведении нашего мероприятия. Дальнейшим этапом является наше непосредственное выступление.

Наш проект будет актуален не только в городе Томске, но и в других городах России. После нашего выступления в местных школах мы бы хотели посетить несколько выставок в крупных городах и там представить наш проект. Многие крупные вузы заинтересованы системой элитного технического образования, но у них нет возможности открыть элитный отдел. Поэтому благодаря нашему выступлению увеличится не только конкурс на элитное образование, но и на поступление в ТПУ.

Выступление будет выглядеть следующим образом: студенты ЭТО от первого лица подготавливают речь о своей учебной жизни, но, чтобы это не было скучно и однообразно, мы решили разбавить наш рассказ видео. Видео будет снято командой разработчиков проекта и при поддержке остальных студентов и преподавателей. Главная мысль видео – это показать разностороннюю жизнь и программу обучения студентов ЭТО, а также показать, чем занимаются выпускники и их «сегодняшний день». В конце выступления абитуриенты получают брошюры и маленькие подарки от ТПУ (пункт 1, 2 в таблице 1).

*Таблица 1 (необходимые материалы)*

Название	Количество	Цена
1. Буклет	250 шт.	8.00\$
2. Ручка ТПУ	250 шт.	18.99\$
3.Планшет для бумаги	3 шт.	1.95\$

В «Дорожной карте» (стр.37) представлена информация о том, что в ЭТО к 2020 году должно учиться до 15 % студентов, когда на 2014 год доля студентов составляет 4%. Для того чтобы выйти на такие показатели, мы хотим реализовать наш проект, который с каждым годом будет увеличивать процент поступающих на Элитное техническое образование.

#### Список используемых материалов

1. Сайт отдела элитного образования [Электронный ресурс]. – URL: <http://eto.tom.ru/>
2. План мероприятий по реализации программы повышения конкурентоспособности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» среди ведущих мировых научно-образовательных центров на 2013-2020 гг. [Электронный ресурс]. – URL: [http://news.tpu.ru/uploads/docs/10/DOROGNAYA\\_KARTA.pdf](http://news.tpu.ru/uploads/docs/10/DOROGNAYA_KARTA.pdf)

## ЭЛЕКТРОННЫЙ ЗАМОК С ДАТЧИКОМ ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ

Первушина А.Н., Соколова В.В., Курилова А.Д., Новицкий Д.Е., Малюгин А.В.  
pervyshina.anya@gmail.com

*Научный руководитель: Мозгалева П.И., аспирант, ассистент кафедры ОСУ Института кибернетики ТПУ*

Всем знакома проблема с захлопыванием дверей, потерей ключей, бывает, просто не хочется лишний раз брать их с собой. Наша команда придумала кардинальное решение этой проблемы. Мы хотим отказаться от привычных ключей. Достаточно всего лишь одного отпечатка пальца. Среди достоинств данного устройства мы можем выделить:

- **Безопасность.** В базе хранятся отпечатки пальцев только тех людей, которым дан доступ в квартиру.

- **Надежность.** Конструкция должна быть адаптирована к большинству неполадок. Например, если прекратится подача электропитания, можно будет использовать резервное питание для обеспечения дальнейшей работы.

Целью данной работы является создание электронного биометрического замка с датчиком отпечатка пальцев.

Мы собираем прибор из различных электронных компонентов. Далее мы программируем плату Arduino. База хранится во встроенной флеш-памяти. Чтобы внести отпечатки пальцев в базу данных необходимо подключить датчик отпечатка пальцев к USB-контроллеру платы Arduino, которая через USB подключается к компьютеру. На компьютере через специальную программу отпечаток заносится в базу. Также имеется возможность занесения отпечатка без использования компьютера.

Человек подносит палец к датчику отпечатков пальцев, ультразвуковой дальномер видит препятствие и включает датчик отпечатка пальцев. Пользователь приложил палец к датчику, который считывает отпечаток, сравнивает с хранящимися в базе отпечатками пальцев. В случае совпадения он передает код отпечатка на контроллер управления (Arduino), который включает сервопривод, выдает короткий звуковой сигнал и открывает дверь. В случае несовпадения раздается три длинных звуковых сигнала и дверь, конечно, не будет открытой.

- Питание от источника 12В, 1А;
- Резервное питание от батареи «Крона»;
- Звуковая индикация открытия замка;
- Вывод текстовой информации на дисплей;
- Возможность хранения более ста отпечатков.

Дополнительные функции:

- Вывод температуры в комнате, времени, заряда батареи на экран.

Таблица 1

Название детали	Количество	Цена
Блок питания (12 V, 1A)	1 шт.	8.00\$
Плата Arduino MEGA2560 R3 + кабель USB	1 комплект	18.99\$
Ультразвуковой дальномер HC-SR04	1 шт.	1.95\$
Набор различных компонентов для Arduino (дисплей, резисторы, сенсоры и т.д.)	1 шт.	20.99\$
Кабель для подключения батареи «Крона»	2 шт.	0.99\$

5 V шаговый двигатель и контроллер для него.	1 комплект	2.19\$
Оптический датчик отпечатка пальца с встроенной флеш-памятью для хранения базы отпечатков пальцев.	1 комплект	39.49\$
<b>Итого:</b>		<b><u>92.60\$</u></b>

У нашего проекта имеются некоторые риски.

При отключении электроэнергии наш прибор перестает работать, но мы присоединим к нему резервное питание.

Дальнейшее развитие проекта мы видим: в усовершенствовании конструкции устройства, то есть, улучшение программной части, управление со смартфона, установление магнитного замка и т.д.

## TO-DO LIST

Колошин П.Н., Балабенко С.В., Кремлев И.А., Мударисов Т.Р., Горбачева Е.С.  
cynepMA3A@live.ru

*Научный руководитель: Мозгалева П.И., аспирант, ассистент кафедры ОСУ Института кибернетики ТПУ*

Информация и время – главные ценности современности. Мобильность – качество успешного человека, а умение правильно совмещать несколько дел во времени ценится сегодня не меньше чем ум, трудолюбие и талант.

Не каждый способен правильно организовать свою деятельность, учитывая дела, которые стоят не непосредственно в день сегодняшний, и рекомендуемые Минздравом правила труда и отдыха. Для этого существуют различные приспособления, такие как блокноты, ежедневники, стикеры итд. Существуют и программные аналоги: стикеры, органайзеры, календари... Но в большинстве случаев это очень громоздко, требует установки нескольких различных программ и, опять же, некоторыми навыками работы со временем.

Чтобы решить данную проблему, наша группа выдвинула проект для создания «умного органайзера». Программа будет содержать в себе, как швейцарский нож, функции, которыми обладают узко-ориентированные аналоговые программы. Ведь удобнее иметь простой и женский календарь, органайзер, постоянные записки и напоминания в одной программе, нежели ставить кучу других. Кроме того, одной из задач данного проекта будет создание дружелюбного интерфейса и, что не менее важно, подобия искусственного интеллекта: программа не только будет планировать Ваш день, расставляя дела по приоритетам, напоминая о чем-то, что вы должны помнить, но и реагировать тем или иным образом на выполнение или невыполнение поставленных задач. К примеру, если Вы систематически не выполняете запланированные дела, внешний вид программы меняется, показывая свое недовольство.

Теперь, когда мы знаем суть проекта, поговорим о её функциях.

1) Программа будет иметь 2 вида работы: оконный и в виде помощника. Окно программы поделено на 3 области: календарь, дела и заметки. В области календаря будет календарь. Числа календаря выделяются цветом в зависимости от того, что на этот день запланировано\вписано. В области дел выводятся либо все дела, которые нужно выполнить, либо (при клике на определенный день) дела, запланированные на этот день, либо сообщение об авторизации (логин, пароль). Если пользователь не авторизован, то у него нет доступа к Дела, Дневнику и Женскому календарю. Область заметок содержит одну случайную заметку, выбранную из списка заметок, созданных пользователем. Также будет доступен таймер, отсчитывающий, сколько вам осталось делать ту или иную работу. В режиме помощника на рабочем столе будет находиться маленький помощник (как скрепка из поисковика Windows XP). Контакт с пользователем осуществляется через диалоговое

облако. Снизу помощника находится таймер (когда нужен). При нажатии на табличку "Календарь", осуществляется переход к оконному режиму. Программа будет организована так, что помощник будет реагировать тем или иным образом на выполнение или невыполнение дела. К примеру, если дело не выполнено, то помощник принимает обиженную позу, а если выполнено в срок, то хвалит и сияет счастьем. Во время простоя программы по таймеру в диалоговом облаке выводится на какое-то время случайная заметка пользователя. После истечения времени на заметку, облако исчезает, дабы не загромождать экран.

2) Окно "Добавить дело". Органайзер не был бы органайзером, если бы не помогал ориентироваться в делах. В этом окне можно ввести название дела, сроки его выполнения и уведомления, таймер для этого дела, поощрительную фразу (если не хотите видеть стандартную), вид дела (встреча, дело, событие), его важность, длительность (дело моментальное или нужно делать в течение времени). Эти пункты помогают программе отсортировать дела так, чтобы с ними было легче и плодотворнее работать. В зависимости от того, что вы указали в формах этого окна, цвет чисел календаря меняется тем или иным образом.

3) Окно "Женский календарь". Собственно, простой менструальный календарик. В идеале программа показывает, когда у вас начинается цикл, сколько он продлится и, если такое случилось, то сколько осталось до рождения ребенка.

4) Окно "Заметки". В окне имеется 2 области: Заметки и Добавить заметку. В области Заметки выводятся все существующие заметки пользователя. Заметка - постоянное напоминание, созданное пользователем. К примеру - "Я знаю, как играть песню «Перемен» группы Кино". В области Добавить заметку, собственно пишется заметка, которую хотят добавить в список. Таким образом, пользователь создает себе список «напоминалок», которые не зависят от времени и выводятся в соответствующих полях случайным образом.

5) Окно "Дневник". В окне опять же 2 области: Текстовая и Календарь. В текстовой части либо вводится текст дневника, либо выводится то, что пользователь записывал в какой-либо день (выбранный из календаря). При Кликке на область Календаря, разворачивается календарь, где цветом выделены дни, когда человек писал дневник.

К концу семестра мы рассчитываем сделать опытный образец программы для ПК с минимальным набором функций и реакций. Но это уже поможет многим людям организовать свой день. В дальнейшем предполагается усовершенствование программы, путем добавления в неё некоторых новых элементов, реакций или функций.

## **МЯГКИЙ ПЛЕЕР**

Колошин П.Н., Балабенко С.В., Кремлев И.А., Горбачева Е.С., Мударисов Т.Р.  
cynerMA3A@live.ru

*Научный руководитель: Мозгалева П.И., аспирант, ассистент кафедры ОСУ Института кибернетики ТПУ*

Музыка – часть человеческой жизни. Кому-то хватает радио в автобусе по дороге на работу, кто-то живет музыкой. Среди молодежи всё больше и больше становится тех, кто действительно увлекается музыкой и хочет, чтобы она была с ним повсеместно. Для этого были придуманы плееры. Сейчас существует огромное множество разновидностей данного девайса, но все они сделаны, как под копиру. Плееры давно уже стали скучными, и мы решили разнообразить данное направление, внести в него что-то новое.

В данный момент плееры не очень прочные и не очень качественные, а те которые удовлетворяют данными условиями стоят заоблачную сумму денег. Подумав над данной проблемой, мы решили придумать мягкий плеер, который удовлетворял бы спросом покупателя и стоил бы недорого.

Сам плеер представляет собой мягкую игрушку или мягкий брелок, внутри находится плата, проигрывающая музыку. Данный плеер можно подключить непосредственно к наушникам, колонкам, к магнитоле в машине и т.д. Зарядка плеера будет находиться в специальном кармашке, который можно использовать как место для хранения других маленьких вещей. Сама зарядка будет

представлена в виде USB разъёма, с помощью которого можно будет подключать плеер к компьютеру и скидывать на него музыку.

Теперь перечислим плюсы данного плеера. Во-первых, он мягкий и поэтому противоударный. Во-вторых, свобода дизайна. Вследствие этого, плеер можно сделать любой формы и расцветки, а следовательно он будет популярен для многих слоёв населения. В-третьих, это дешёвый, яркий молодёжный девайс, совмещающий в себе плеер и игрушку.

В ближайшее время мы хотим сделать прототип, который будет обладать полным функционалом. В дальнейшем он будет технически совершенствоваться и будет иметь много различных вариантов дизайна (рис.1, 2).



*Рис. 1 Варианты дизайна*



*Рис.2 Варианты дизайна*

## РЕЙТИНГ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ТПУ

Гуков Н. С., Киль Н.В., Казакиявичюс И.С.  
Kwadrat.jt@gmail.com

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет*

Информация и время – главные ценности современности. Информированность – качество успешного человека, а умение искать нужную информацию вознаграждается сегодня не меньше чем ум, трудолюбие и талант.

Однако время у всех ограничено, ограниченны и наши силы. Не все одинаково хороши в поиске разного рода информации. А некоторую информацию физически невозможно узнать до момента, когда она больше всего была бы нужна.

Сегодня мы обратили особое внимание на студентов, потому что именно эти люди будут строить наш мир завтра. Студент сталкивается с множественными трудностями. Одна из самых главных – недостаток информации о личных и профессиональных характеристиках преподавателей. Он не знает, как подступиться к новому преподавателю, ему приходится действовать методом проб и ошибок для создания идеальной программы поведения с данным преподавателем, что плохо влияет на успеваемость и время студента.

Для решения этой проблемы наша творческая группа выдвинула идею продвижения специального сайта, цель которого информирование студентов о свойствах их преподавателей. Сайт собирает информацию от самих же студентов, в виде оценок и отзывов.

Сам сайт уже существует. Но главная проблема в том, что его никто не знает. Эту несправедливость мы и намереваемся устранить.

Для этого нам потребуется всячески распространять информацию об этом сайте. Для начала первостепенная цель – студенты ЭТО, после них - все прочие.

Примерный план действий:

- 1) Выяснение, все ли преподаватели ЭТО есть на сайте.
- 2) Реклама через VK
- 3) Реклама в 105 аудитории.
- 4) Новые способы рекламы, разработанные в процессе уточнения плана действий
- 5) PROFIT

Это только первая alpha-версия плана, которая ещё будет дополнена и расширена.



Рисунок 1. Страница ТПУ на сайте <http://professorrating.ru/>

Идея «рейтинга преподавателей» может завоевать популярность не только у студентов ЭТО, но и у простых студентов ТПУ. В планах нашей команды также продвижение сайта и в ряды обычных студентов.

Воплощение в жизнь данной идеи позволит множеству студентов сэкономить время и силы на выяснении характера преподавателей.

Используемая литература:

1. Электронный ресурс: <http://professorrating.ru/about/about.php>

## **МЕХАНИЧЕСКАЯ ПЕДАЛЬ ДЛЯ ОТКРЫВАНИЯ ДВЕРЕЙ**

Почуфаров А. О., Капул А. А., Дмитренко П. В., Молдабеков А. С.  
pochufarov.ant@mail.ru

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет*

Тема нашего проекта - повышение комфорта в жилых и рабочих помещениях. Проблема, которую мы рассматриваем, касается дверей и невозможности их открыть каким-либо иным способом в случае, если обе наши руки заняты.

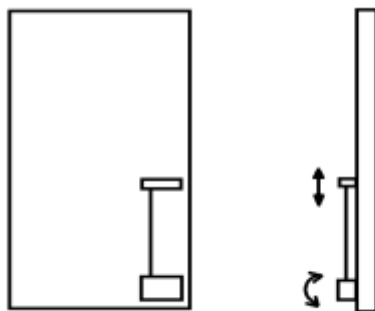
Представьте, что вы работаете официантом. В ваших руках всегда разносы, с которыми приходится сновать туда-сюда между кухней и залом посетителей. Если путь постоянно преграждает дверь, то это противоречие необходимо разрешить. Другая ситуация: вы родитель, с маленьким ребенком на руках. Вам необходимо открывать двери, когда отправляетесь к врачу, и даже когда просто выносите ребенка из ванной. Но сделать руками вы этого не можете. А что, если вы работаете в офисе и часто переносите из кабинета в кабинет многочисленные папки с документацией? Еще случай: если человек имеет травму одной или обеих рук, ему также важно иметь альтернативный способ отворить дверь. Кроме того, опросы выявили следующую особенность: в период эпидемий люди стремятся как можно меньше прикасаться руками дверей в общественных помещениях. Нет сомнения, что затрагиваемый нами вопрос в той или иной степени касается каждого.

В поисках решения проблемы наша команда опирается на гениальную по простоте идею американского студента из университета Миннесоты, Макса Арндта – создать дверную ручку для ноги. Его изобретение представляет собой самую обыкновенную металлическую ручку, размещенную на нижней части двери, за которую можно открыть дверь на себя ногой [1]. Очевидно, что эта конструкция не справится с открыванием дверей, в которые врезаны ручки-заселки. Поэтому мы решили пойти дальше и выполнить механизм, который поможет открывать именно такую дверь. Эта находка имеет большое значение для офисных помещений, общественных мест и наших домов.

В современном мире уже существует немало изобретений, «освобождающих» нам руки при входе в какое-либо помещение. Есть двери, которые распахиваются, реагируя на движение перед ними [2]. Но эта идея для мест, где возникают большие скопления людей. Она неприемлема в рамках обычного жилища из-за своих размеров. Так же нельзя ставить в небольшие помещения двери, открывающиеся в обе стороны. Поэтому дверная ручка для ноги является самым компактным решением, не требующим переустановки имеющейся двери. Следует подчеркнуть, что назначение нашего изобретения – отворять дверь, не запертую на ключ. Поэтому область применения «ножной» ручки – это межкомнатные двери.

Принцип работы нашего устройства заключается в следующем: на дверь помещаются корпус, педаль и кожух для троса. Трос крепится к педали на крючок, другой конец его проходит через кожух и присоединяется к обычной ручке-заселке с помощью петли. Таким образом, нажимая ногой на педаль, мы натягиваем трос, который, в свою очередь, опускает ручку, отпирая замок [3]. Теперь дверь открыта, ее предстоит только натянуть на себя. Это происходит за счет вращения педали, которая имеет ось в месте соединения с дверью. Проворачивая педаль, мы упираемся в нее стопой. За счет этого дверь легко можно отворить на себя.





*Рисунок 1. Схема работы системы*

Стоит отметить, что после установки нашего механизма на дверь, обыкновенная ручка не теряет своего назначения, поскольку наша механическая педаль призвана лишь упростить жизнь, а не лишит привычных вещей.

Воплощение в жизнь данной идеи повысит удобство открывания двери на себя при условии занятых рук и послужит безопасности населения в периоды сезонных эпидемий.

Перспективы проекта имеют различные направления. Одно из них связано с оборудованием помещений механическими дверными педалями для инвалидов, не имеющих рук. Кроме этого, планируется разработка механизма, с помощью которой и домашние животные самостоятельно открывать межкомнатные двери, не тревожа владельца.

Используемая литература:

1. Pat. US 20120033831 United States. Toepener [Electronic resource] / M. Arndt; Pat. Assignee UT BATTELLE. – Pub. Date 2012/02/08/ - 11 p.: 101. Scheme. – Access from “Questel”.
2. Датчики движения: возможности и области применения / под ред. И.М. Масленникова. – М., 1986. – 336 с.
3. Курс физики / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский – М: Высшая школа, 2000. – 125 с.

## **ТРЕНАЖЕР «Т-1»**

Ракина А.А., Филатова Д.Е., Колесников С.И.  
rapollinariya@gmail.com

*Научный руководитель: Юрьева Л.М., старший преподаватель кафедры физического воспитания НИ ТПУ*

Среднее количество занятий, посещаемых студентом ЭТО за неделю, составляет 18-19 пар. Это означает, что в сумме он сидит около 27-30 часов без учета самостоятельной работы, на которую, по учебному плану выделяется в полтора раза больше времени. Также учебная и научная деятельность студента подразумевает работу с компьютером и иными электронными приборами.

Вышеуказанные аспекты негативно влияют на здоровье: ухудшается зрение, развиваются патологии опорно-двигательного аппарата Недосыпание и переутомление вызывают заболевания нервной системы.

Решением этой проблемы, очевидно, являются занятия спортом. Однако в условиях серьезного недостатка свободного времени и усталости посещение тренировок становится крайне затруднительным, а покупка тренажеров существующего типа сопряжена с несколькими проблемами. Во-первых, многофункциональные тренажеры стоят достаточно дорого, а дешевые не могут выполнить весь спектр интересующих задач, и, во-вторых, покупка связана с долгой бумажной волокитой, а в ожидании мы теряем драгоценное здоровье и время.

Целью нашего проекта является предоставление студентам ЭТО НИ ТПУ и гостям Территории элитного творчества и проектирования возможности улучшения физического состояния и предотвращения развития заболеваний, связанных с недостатком физической активности.

Мы предлагаем установить в рекреационной аудитории (105 19 корпуса ТПУ) незамысловатый тренажер, наличие которого позволит каждому студенту ЭТО в перерыве между занятиями уделять несколько минут снятию стресса и физического напряжения.

Тренажер представляет собой модификацию устройства, известного как «диск здоровья». Он имеет простейшую конструкцию - две плоскости, соединённые специальным шарнирным элементом, что обеспечивает удобство применения. Человек встает на диск и производит вращательное движение ногами, корпус остается неподвижен. Вращающийся диск подходит людям любого возраста. При этом, укрепляются мышцы голенистопа, икроножные, а также некоторые другие. Дополнительно, улучшается функционирование вестибулярного аппарата. Кроме того, тренажер диск здоровья улучшает подвижность позвоночника, циркуляцию крови, а поворотные движения делают своеобразный массаж внутренних органов, что улучшает деятельность желудочно-кишечного тракта.

Однако применение диска здоровья не способствует укреплению мышц и суставов верхней части туловища, которые и являются наиболее «проблемной» зоной тела студента. Особенно важной представляется разработка мышц шеи и плечевого сустава, находящиеся в постоянном напряжении при письме и работе за компьютером.

Чтобы исправить вышеуказанный недостаток мы предлагаем добавить к диску здоровья эспандеры для рук, укрепленные над диском (потолок, арка). Получаем два параллельных эластичных жгута, на концах которых закреплены рукояти/кольца. Таким образом, во-первых, повысится устойчивость тела при выполнении исходных упражнений, и, во-вторых, позволит ввести целый комплекс новых упражнений. Например, растягивание позвоночника за счет скручивания жгутов и, как следствие, уменьшения их длины (рис. 1).



Рисунок 1. Схема тренажера. Пример выполнения упражнения.

Предполагается разработка системы упражнений совместно с кафедрой Физического воспитания НИ ТПУ.

Идея тренажера может завоевать популярность не только среди студентов, но и стать полноценным концептом для домашнего использования. Действительно, соотношение себестоимости и функциональности вполне удовлетворяет запросам среднестатистической семьи.

Воплощение в жизнь этой идеи позволит многим людям встать на путь здорового образа жизни и, следовательно, повысить эффективность своей учебной и творческой деятельности, а также добиться успеха в работе.

#### Список использованной литературы:

1. Каратаева Н.А. Диск здоровья для похудения и не только // Вестник ЗОЖ. - 2012.- №15.- стр. 13-14.
2. Дан О.О. Офис-фитнес.- Питер, 2006.- 213 стр.
3. Мжелинский С.Т. Сам себе тренер.- Астрель, 1997.-207 стр.

# БЕСКОНТАКТНЫЙ И БЕСКЛЮЧЕВОЙ ДВЕРНОЙ ЗАМОК

Волохов Н.А., Григорьев И.В.  
mytryenin@gmail.com

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет*

Каждый день мы слышим о квартирных кражах и естественно любой человек задумывался: а безопасен ли его дом? Конечно хороший дверной замок или сигнализация обеспечивает безопасность нашего дома, но чем надёжнее замок, тем дольше мы его открываем или закрываем, а сигнализацию вообще приходится включать и выключать каждый раз, когда мы хотим попасть в дом или выйти из него – это неудобно!

Для решения этой проблемы наша творческая группа выдвинула идею создания бесключевого замка, который позволил бы избавиться от проблем, существующих в современных замках любого типа.

Наше устройство - бесключевой замок, это симбиоз безопасности, которую даёт сигнализация и удобства использования. Суть устройства заключается в отсутствии необходимости доставать ключ-брелок из кармана или сумки при открытии двери, вы просто нажимаете кнопку на ручке, и электроника делает всё за вас, при этом обеспечивается уровень безопасности, который не может обеспечить любой, даже самый современный механический дверной замок. Это достигается путём совместного использования бесконтактного иммобилайзера и электромеханического дверного замка.

Целью проекта является разработка системы бесключевого доступа для дверей.

## ***Принцип действия замка:***

Открытие замка происходит по нажатию кнопки на ручке двери. Если в радиусе действия иммобилайзера обнаруживается ключ-брелок, то плата в замке активирует электропривод, управляющий ригелем замка открывает его. Закрывание происходит по той же схеме [1].

Данный замок позволяет обеспечить большую безопасность, чем обычный дверной замок, так как все управление сосредоточено на электронной плате, встроенной в замок, взломать которую достаточно сложно. Также при потере одного ключа вам не нужно менять весь замок, опасаясь проникновения в ваше жилище, вам просто необходимо удалить этот ключ из памяти замка, что не позволит злоумышленнику им воспользоваться.

Подобные замки целесообразно устанавливать для надежного запираения входной двери в квартиру, частный дом, подсобное помещение или гараж, преимущественно с малым проходным потоком людей.

Эта система уже неплохо работает в автомобилях. Большинство современных автомобилей имеют штатный иммобилайзер, который разрывает цепь в наиболее значимых местах, например в электроцепи зажигания, стартера или двигателя. То есть машина остается на месте даже при проникновении злоумышленников. Снятие блокировки доступно только владельцу автомобиля и осуществляется с помощью электронной метки («чипа»), которую необходимо поместить в зону действия антенны иммобилайзера. Первые иммобилайзеры с управлением по радиоканалу появились в начале 90-х. С тех пор они претерпели достаточно много изменений связанных с уменьшением размера и повышением безопасности. В итоге хорошо себя зарекомендовали и сейчас отлично работают в автомобилях от разных производителей [2]. В последнее время в дорогих автомобилях доступна система бесключевого доступа, которая является апогеем развития иммобилайзера, так как считывание ключа происходит на расстоянии до 3 метров по защищённому радиоканалу, что значительно затрудняет любую возможность взломать систему [3].

Данная система является уникальной в своём применении. На сегодняшний день средства бесконтактной проверки ключа развиты, но их не применяют в квартирах, домах или других помещениях. В данный момент в рамках нашего проекта мы исследуем рынок, изучаем спрос на данную продукцию, чтобы минимизировать риски, а также исследуем технические составляющие проекта с целью его улучшения и удешевления.

Так как всё больше людей заботится о безопасности своего жилища, а также в результате значительного уменьшения стоимости компонентов данной системы она становится перспективной на данный момент. Воплощение в жизнь данной идеи позволит множеству людей облегчить свою жизнь и избавиться от одной насущной проблемы.

### Список используемой литературы:

1. Врезные электромеханические замки, управляемые СКУД. Основные типы и характеристики замков//Армо-системы [Электронный ресурс].- <http://www.armosystems.ru/system/elm-locks.ahtm>.– (дата обращения : 11.03.2014).
2. Для чего применяется иммобилайзер в автомобиле//АвтоМотоСпец [Электронный ресурс].- <http://avtomotospec.ru/poleznoe/chto-takoe-immobilajzer-v-avtomobile.html>.– (дата обращения : 10.03.2014).
3. Устройство Иммобилайзера//Security and safety [Электронный ресурс].- [http://secandsafe.ru/stati/zaschita\\_avtomobilya/ustroystvo\\_immobilayzera](http://secandsafe.ru/stati/zaschita_avtomobilya/ustroystvo_immobilayzera).– (дата обращения : 08.03.2014).

## РОБОТ-МИНОИСКАТЕЛЬ

Уколов К.А., Килин И.О., Сидорова С.В., Тепляков А.Б.  
Tamplier95@mail.ru

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет*

Современный мир невозможно представить без мехатронного обеспечения. Все современные производства держатся на основе роботизации и компьютеризации различных процессов. На протяжении 20-21 века человеческий труд заменяется машинным. Нам стало интересно: а сможем ли мы создать самостоятельно подобную систему? Систему, которая сможет заметить опасную и кропотливую работу, выполняемую человеком.

Цель нашего проекта: создать прототип робота, способного в полевых условиях находить опасные объекты (мины) и составлять координатную карту расположения объектов.

В наших планах: на основе конструктора «LEGO» создать модель робота, который с помощью RGB-датчика будет находить объекты (мины), и составлять карту «минного поля».

Наш робот будет выполнен на базе Lego Mindstorm с использованием элементов программирование на C++. Для определения местоположения «мин», мы будем использовать RGB-датчик. Датчик будет расположен в передней части робота, и будет совершать периодические движения для увеличения площади поиска «мин». Так как мы говорим о прототипе, «минами» будут красные фигуры, которые робот должен будет отыскать. Отличительной чертой нашего проекта является составление карты минного поля. Карта будет иметь вид матрицы, состоящей из нулей и единиц, т.е. карта будет своеобразно закодирована: 0 – нет мины, 1- есть мина. Матрица будет заполняться по количеству оборотов колес: один оборот – одна позиция.

В настоящее время существуют различные аналоги подобного устройства. Но мы планируем создать автономную систему, которая кроме поиска объектов будет еще устанавливать их координаты.

Расчетная стоимость нашего проекта – 13000 рублей. Эта сумма уйдет на приобретение комплекта «LEGO mindstorms».

В результате мы рассчитываем не только создать прототип, но и получить бесценный опыт работы при сборке, программировании и отладке подобного устройства.

Если наш проект окажется перспективным, то в дальнейшем мы планируем усовершенствовать эту конструкцию: перейти на более серьезное оборудование, развить его функциональные качества (проходимость, скорость поиска объектов, скорость передвижения самого робота) и, возможно, создать «робота-разминировщика», который будет обезвреживать опасные объекты, опираясь на полученные данные от «миноискателя».

## АВТОВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ЭЛЕКТРОПРИБОРОВ

Борзяк Н.О., Генке Е. А., Зубова Е.И., Насибуллин Р.Т.  
Elizaveta.genke@yandex.ru

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет*

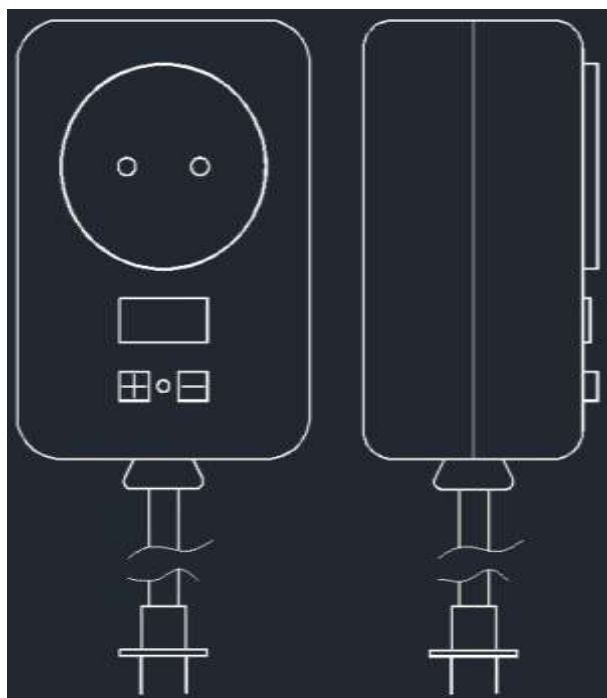
Прогресс не стоит на месте, технологии постоянно совершенствуются, изменяются, делают нашу жизнь ещё более комфортной. Технологии становятся всё сложнее, упрощая нашу жизнь. Но с увеличением количества различных устройств и гаджетов всё более острым становится вопрос экономии электроэнергии. Электроэнергия дорожает, и нам приходится задумываться о способах её экономии.

Один из способов экономии электроэнергии – своевременное отключение электроприборов. Но в силу чрезмерной нагрузки (интенсивного расписания) мы часто забываем отключать освещение, некоторые иные устройства, что грозит как избыточным потреблением электроэнергии, так и созданием пожароопасных ситуаций.

Согласно статистике, около 40% всех пожаров в жилых помещениях происходит из-за нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования. Таким образом, необходимо, чтобы отключение приборов происходило автоматически. Наше решение: создание выключателя с таймером. Пользователь сам выбирает предполагаемое время работы устройства, по истечении этого времени наш выключатель отключает это устройство.

Наш проект будет интересен широкому кругу людей, так как, во-первых, позволяет экономить электроэнергию, во-вторых, делает использование электроприборов более безопасным, в-третьих, экономит время, которое в наше время является одним из самых ценных ресурсов.

Автовыключатель электроприборов – проект, призванный упростить повседневную жизнь человека путем автоматизации таких обыденных процессов, как выключение электроприборов. Данная разработка позволяет экономить электроэнергию и делать электроприборы более безопасными. Цель нашего проекта: создание устройства, позволяющего отключать устройства по истечении времени, заданного пользователем, до конца мая 2014 года. В основе схемы нашего автовыключателя лежит несложная схема с микроконтроллером, светодиод, индикаторы, что представлено на рис.1.



*Рисунок 1. Внешний вид устройства*

Кому будет интересна наша разработка:

- студентам;
- людям, ведущим интенсивный образ жизни; людям с плотным графиком занятости;
- бизнесменам, а также людям, которым приходится ездить в командировки, долгое время отсутствовать дома;

- домохозяйкам.

В перспективах развития нашего проекта мы имеем следующие идеи:

- увеличение количества одновременно задействованных приборов;
- добавление функции автовключения;
- отображение на экране количества электроэнергии, потребляемого подключенным к автовыключателю устройства;
- связь с данным устройством на расстоянии с помощью Bluetooth, Wi-fi, телефонной связи;
- увеличение производства до промышленных масштабов.

Используемая литература:

- 1) Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 3-х томах: Т. 2. Пер. с англ. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.:Мир, 1993. – 371 с.
- 2) Букреев И.Н., Горячев В.И., Мансуров Б.М. Микроэлектронные схемы цифровых устройств. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.:Техносфера, 2009. – 712 с.
- 3) Брякин Л. А. Основы схемотехники цифровых устройств. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2005. – 215 с.

## РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ИГРЫ

Черепов А. А., Леухин В.В., Колодников М.И., Башлыков А.А., Пономарёв И.В.  
iamdragon@list.ru

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет*

Несмотря на все многообразие компьютерных игр, продуманность и логичность большинства из них оставляет желать лучшего. Крупные издатели выжимают последние соки из известных серий, многие независимые игры так и не выходят из стадии альфа/бета версии, а разработчики игр для мобильных платформ выпускают откровенный мусор, пользуясь неразборчивостью аудитории. Таким образом можно увидеть, что, несмотря на громкие анонсы и оживленность, игровая индустрия переживает не самые лучшие свои времена. В связи с этим наша команда поставила перед собой цель создать качественную игру, в которой каждый сможет найти себе занятие по своему желанию.

В качестве основных событий игры был выбран зомби-апокалипсис, к которому наблюдается стабильный интерес. Большинство игр, связанных с зомби являются шутерами и РПГ, а сюжет привязан к маленькой кучке выживших, которые либо вступают в конфликты с такими же группками, либо никак с ними не контактируют. Такая раздробленность приведет к исчезновению людей.

Так же основной проблемой большинства игр является большой вместительный инвентарь. Сплошь и рядом встречается ситуация, когда в маленьком рюкзаке умещаются обрез, пистолет Макарова, топор, молоток, патроны к оружию, недельный запас еды и воды, спальник, бинты и медикаменты. Хорошо, если с таким набором далеко убежать не получится, но в некоторых играх вы сможете бегать, прыгать и очень ловко сражаться, несмотря на вес и объем того, что у вас лежит за спиной.

Подводя предварительный итог, можно сказать, что игра должна быть

- многожанровой, чтобы привлечь разную аудиторию
- содержать множество абсолютно разных игровых ситуаций
- достаточно реалистичной

- относительно простой в освоении, но при этом постоянно сверкать новыми гранями
- хорошо оформленной в плане графики.

Для создания различных ситуаций будут применены различные генераторы, которые получают на вход случайное “семя”, а потом, взаимодействуя друг с другом, создают новый неповторимый мир, содержащий уникальных персонажей.

Из-за того, что в техническом плане игра еще не проработана, мы разберем работу генератора только в теории, без примеров входных данных и реального кода.

Действие игры разворачивается в неизвестном городе, который будет последовательно создаваться генератором. Соответственно процесс создания города можно условно разбить на несколько стадий.

- Генерация природы и ландшафта (реки, лес, климат, состав почвы, возвышенности и низины.)
- Определение размера города.
- Выделение наиболее вероятных составляющих инфраструктуры города.
- Выделение центра города на карте, нанесение инфраструктурных зон.
- Нанесение на карту основных производственных строений
- Генерация жилых домов и привязка их к определенным производствам.
- Генерация детских садов, школ, университетов, больниц и т.д.
- Добавление жилых домов.
- Создание общественных зданий, отталкиваясь от количества жителей.
- Создание связей между производствами, генерация магазинов и микроэкономики.

Таким образом, по итогам работы генератора мы будем иметь сформированный город, который предстоит заселить, смоделировать зомби-апокалипсис и выбрать отправную точку для игрока.

По мере развития событий игроку придется не раз погибнуть, прежде чем он уяснит для себя основные концепции выживания, одна из которых подразумевает объединение большой группы людей, среди которых он может и не занимать ключевого места. Игра должна научить человека понимать, что он из себя представляет, когда есть смысл брать на себя руководство группой, а когда лучше передать эту функцию другому. Если вы плохой тактик, то наблюдайте за тем, у кого это лучше получается и учитесь у него.

Для того, чтобы игрок не чувствовал себя угнетенным, у него должна быть возможность проявить себя в той сфере, в которой он преуспевает и в реальной жизни. Таким образом, после создания игровой логики команда сосредоточится на создании множества областей деятельности и вплетении их в игровой мир.

Создание подобной игры повысит планку для остальных разработчиков, что окажет положительное влияние на игровую индустрию и даст толчок к развитию оригинальных, нелинейных игр.

## ЗАКРЫТЫЙ УНИВЕРСИТЕТСКИЙ РЕСУРС ТПУ

Лихачев В.В., Абрамов Т.Ю., Шушеначев Е.П., Камалдинов Н.А.  
ViktorLikhachev@vtomske.ru

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет*

Абсолютно каждый студент университета в какой-то период времени сталкивался с такой проблемой, когда очередной материал, разобранный на лекции с преподавателем, не усваивался, и студенту не удавалось достичь нужного уровня понимания темы. Поэтому у студентов возникал вопрос: «Как быстро, а главное доступно наверстать упущенное и восполнить пробелы в своих знаниях?». На сегодняшний день, главными помощниками студента является, увы, не библиотека и учебники, как это обычно бывает, а сеть Интернет или товарищи по университету, которые на «доступном» для него языке вполне легко способны объяснить и показать, как выполнить то или иное задание. Вопрос лишь в том, что для того, чтобы найти нужную, а главное полезную и

качественную информацию, а так же знающего и способного помочь неуспевающему студенту человека, требуется довольно таки много времени и широкий круг знакомств, что в процессе обучения очень не выгодно, ведь трата времени для студента – непозволительная роскошь. Каким может быть решение данной проблемы?

Наша идея основывается на двух распространённых высказываниях из уст преподавателей:

1. «Студент занимается самообразованием, а преподаватель лишь помогает ему учиться»;
2. «Студент понимает студента гораздо лучше, чем преподавателя».

Исходя из данных высказываний, к нам пришла идея создания закрытого университетского интернет ресурса, направленного на координацию студентов, желающих пополнить и закрепить свои знания по различным образовательным дисциплинам, а так же обменяться опытом с другими студентами и оказать помощь тем, у кого возникли затруднения в процессе изучения того или иного предмета. То есть любой студент, будь то старшекурсник данной специальности или студент, хорошо усвоивший материал определенной тематики сможет помочь другим студентам по средствам нашего ресурса: чтения статьи, проведения онлайн конференций, вебинаров, а также форумов, чатов, видео уроков - восполнить пробелы в знаниях и справиться с теми заданиями, где возникли определенные затруднения. Студенты, при активном пользовании данным ресурсом, смогут не только значительно сэкономить свое время, но и быстро усвоить необходимый им материал, что позволит минимизировать проблемы с успеваемостью по той или иной образовательной дисциплине.

Наши основные задачи:

- создание работоспособного сайта,
- наполнение его первоначальной информацией.

После мы надеемся, что ресурс будет автономен, и больше не будет требовать серьезного вмешательства в процесс его функционирования. Развиваться данный интернет ресурс будет за счет энтузиазма самих студентов, которые будут заинтересованы в своем самообразовании и повышению успеваемости по средствам бескорыстной и доступной в любое удобное для них время помощи со стороны своих старших товарищей или сверстников. Абсолютно все знаю выражение – «Сегодня помог ты – завтра помогут тебе». Именно эти слова и буду являться «вечным» двигателем нашей идеи.

Успешность же проекта будет оцениваться по следующим критериям:

- 1.Количеством и активностью посетителей.
- 2.Количеством и качеством разобранного и доступного материала на данном ресурсе.
- 3.Положительными отзывами со стороны довольных и благодарных студентов.

Таким образом, мы планируем создать работоспособный ресурс, на котором будет возможно осуществить обсуждение и разбор образовательных программ различных направлений подготовки, а так же предоставить возможность изучения и обмен другими актуальными на сегодняшний день знаниями, которые могут оказаться полезными современному студенту в его желании стать успешнее. Кроме того, сам университет будет заинтересован в функционировании данного интернет ресурса, так как это позволит понизить уровень неуспеваемости среди студентов и снизить нагрузку на преподавательский состав, а так же повысить качество и уровень самообразования. По этой причине мы надеемся, что главным партнером будет являться Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет.

При удачных обстоятельствах мы ожидаем, что через 5-6 месяцев, каждый второй студент будет постоянным посетителем данного ресурса и посещения, обусловленные необходимостью самообразования и восполнением пробелов в знаниях, станут неотъемлемой частью образовательного процесса студента. Тем более что образование в сети Интернет имеет ряд преимуществ: зайти на наш сайт сможет каждый студент ТПУ в любое время, будь то с телефона или с компьютера. И мы надеемся, что наш ресурс станет полезной альтернативой социальным сетям, который позволит тратить время, проведенное студентом в интернете, с пользой для учебы.

После создания и успешного функционирования ресурса в рамках Томского Политехнического Университета, можно будет объединить все крупные ВУЗы города Томска на базе данного ресурса, что значительно повысит его эффективность, полезность и масштабы функционирования.



## КУРСЫ КОММУНИКАТИВНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ

Голосов С.Е., Овчинников А.С., Ситников Д.В., Цыденов Е.А  
janettow@rambler.ru

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет*

В наши дни человек ежедневно контактирует с компьютером на порядок больше, чем с реальными людьми. По статистике многие молодые люди испытывают страх перед тем, как начать диалог. Скрываясь за экраном мониторов человек становится раскрепощенней, он не задумывается о последствиях своих поступков или сказанных слов, он одевает "маску" независимой и самостоятельной личности. Такие люди всегда могут в интернете прекратить общение, но в реальной жизни, они перестают чувствовать ответственность за свои поступки и становятся беззащитными, некоторые становятся социопатами, мизантропами, а также неспособными найти себе вторую половину. Они все больше и больше путаются в себе, так как становится трудно разграничить реальность и онлайн пространство.

Именно поэтому, сегодня распространены различные курсы PickUp и тому подобное. Люди готовы отдавать свои деньги, не только для того, чтобы научиться соблазнению девушек, но и для того, чтобы находиться среди людей и заводить новых знакомых.

**Цель проекта:** в течение данного семестра организовать и провести курсы по развитию навыков общения и поведения в обществе.

При прохождении курсов студенты:

- приобретут и усовершенствуют навыки общения в социуме
- научатся вести переговоры
- научатся уверенно чувствовать себя в различных спорах
- научатся выходить из конфликтных ситуаций.
- освою основные правила этикета
- научатся точно выражать свои мысли и выстраивать их в четкой последовательности
- научатся пользоваться различными речевыми приемами.

Студенты, прошедшие курсы, научатся не только овладевать суммой приемов, но при помощи телесноориентированных практик приобретут чувство целостного и гармоничного умения управлять своим телом и голосом, что очень важно для успешного диалога.

Участники смогут легко усвоить приемы и другие знания благодаря емкой и простой для понимания теории.

Одна лишь практика без теории - это единица, теория без практики - это ноль. Но синергетический эффект системы превращает их в десятку: сжатая направляющая теория + интенсивная практика ускоряют процесс обучения.

Данные курсы ориентированы именно на тех, кто испытывает некоторые трудности при общении. Курсы бесплатные и будут проводиться еженедельно в помещении, выделенной администрацией ТПУ.

Планируются следующие мероприятия:

- 1) Поиск помещения.
  - a) Обращение с просьбой о предоставлении помещения в администрацию НИ ТПУ.
  - b) Уточнение продолжительности и даты проведения курсов.
- 2) Определение тематики для каждого занятия.
- 3) Поиск и привлечение специалистов.
- 4) Реклама
  - a) Размещение объявлений в социальных сетях и в каждом корпусе ТПУ
- 5) Проведение курсов

Первые лекции планируется провести с участием преподавателей Томского Политехнического Университета. После чего будут привлекаться специалисты из самых разных сфер деятельности города Томска.

Первая лекция будет посвящена обучению студентов культуре общения. В дальнейшем планируется провести тренинг поведения в конфликтных ситуациях, способы защиты от манипуляций, методы их распознавания, а также обучения элементарным правилам этикета.

Планируемая посещаемость 15-25 человек. По окончании каждой лекции будет проводиться анонимный опрос, в котором участники будут оставлять свои отзывы о курсах, преподавателях, а также предложения по улучшению тренингов.

Каждый участник в сотрудничестве с опытным педагогом-тренером может наметить для себя план и объем работы по развитию своих возможностей: коррекция осанки, постановка голоса, совершенствование навыков общения, убеждения и прочее.

Если курсы будут пользоваться популярностью, планируется расширить аудиторию (целевую группу), привлечь студентов из других университетов, а также всех тех, кто желает посещать данные курсы. Возможно проведение дополнительных тренингов на темы, интересующие постоянных клиентов.

Общение — это жизнь. Без него мы мертвы для всех. Мы живы настолько, насколько мы способны общаться.

## СИСТЕМА ТРЕНИРОВОК НА ЭТО

Папина Ю.В., Сахарова Е.Т.  
papinayuliya@gmail.com

В настоящее время особенно актуален вопрос здоровья студента. Постоянные нагрузки, неправильное питание, недостаточная двигательная активность — все это неперенная составляющая жизни современного учащегося высшего учебного заведения. Такие трудности приводят не только к ухудшению самочувствия и здоровья в целом, но и являются одной из первопричин ухудшения успеваемости и работоспособности молодых людей. Стоит также отметить, что студенты Элитного Технического Образования (далее ЭТО) гораздо больше подвержены данным проблемам из-за дополнительных учебных часов и более углубленной программы. Отдел ЭТО делает все возможное для поддержки студентов: в их распоряжении отдельное помещение, оборудованное по всем современным стандартам, квалифицированный психолог, денежные премии в дополнение к основной стипендии. Все эти условия помогают поддерживать в студентах высокую работоспособность, и устойчивость к стрессам.

Однако студенты могут предложить альтернативные способы повышения морального духа, поддержки здоровья и высокой физической активности студентов ЭТО.

Всем известно, что спорт — один из самых лучших антидепрессантов, источник хорошего настроения и жизненного тонуса. Также спорт помогает улучшить физическое состояние и здоровье человека. На сегодняшний день в нашем городе насчитывается около десятка различных фитнес-клубов и тренажерных залов, но не каждый студент может позволить себе покупку абонемента или разовое занятие.

Основной целью проекта является разработка и внедрение тренировочного комплекса для студентов Элитного Технического Образования в период 2014-2015 учебного года.

### Задачи проекта

1. Мотивация студентов ЭТО к здоровому образу жизни и занятиям спортом;
2. Создание условий для проведения спортивно-оздоровительных мероприятий для студентов ЭТО;
3. Разработка спортивного комплекса для установки в ЭТОнате;
4. Разработка системы тренировок;
5. Привлечение спортсменов ЭТО к тренерскому делу.

Основной идеей проекта является создание на ЭТО спортивной структуры, доступной для студентов. В данной работе мы рассматриваем несколько решений поставленных задач:

- Разработка и установка спортивного уголка в 105 аудитории 19 корпуса (ЭТОнате);
- Организация групповых тренировок;
- Совместные посещения тренажерного зала;
- Проведение командных игр тренировочного плана.

Рассмотрим каждый пункт подробнее.

1. Оборудование спортивного уголка в ЭТОнате.

Спортивный уголок – неперенный атрибут всех продвинутых компаний. Он установлен в открытом доступе в офисе, чтобы каждый мог спокойно размяться и отвлечься от работы. Для деканата ЭТО мы предлагаем установку небольшой конструкции, позволяющей выполнить элементарные физические упражнения, размяться после пары или во время напряженной подготовке к учебе.

В состав спортивного уголка входит:

- Шведская стенка;
- Турник;
- Брусья;
- Лавочка.

Дополнительное оборудование:

- Ролик для пресса;
- Мини-баскетбольная корзина и мячик.

## 2. Организация групповых тренировок.

Помещение деканата ЭТО позволяет проводить групповые тренировки, рассчитанные на поддержание тонуса и физической активности студентов ЭТО. Что немаловажно, на ЭТО учатся студенты, имеющие квалификацию сертифицированного инструктора групповых программ, готовые сотрудничать и работать в рамках данного проекта. Подразумевается работа в группах не более 10 человек. Для более сложных тренировок можно арендовать зал аэробики спортивного комплекса Томского Политехнического Университета.

В состав спортивного инвентаря входит:

- 10 ковриков
- 10 комплектов гантелей

## 3. Организация совместных посещений тренажерного зала.

В данном пункте рассматривается аренда тренажерного зала на определенное время для проведения тренировок с отягощением. Также можно арендовать тренажерный зал спортивного комплекса Томского Политехнического Университета.

## 4. Проведение командных игр тренировочного плана.

Командные игры можно рассматривать не только как физкультурно-оздоровительное мероприятие, но и эффективный тренинг на командообразование. В данном пункте предлагаем устраивать любительские тренировки по баскетболу, волейболу, мини-футболу и т.п. для студентов ЭТО. Для проведения подобного плана мероприятий возможна аренда спортивных площадок Томского Политехнического Университета.

Смета проекта

Наименование	Цена, рубль	Стоимость, рубль
Спортивный уголок с установкой	10000	10000
Ролик для пресса	500	500
Баскетбольная корзина для офиса + Баскетбольный мяч	2000	2000
Коврик гимнастический 10 шт	120	1200
Гантели 10 пар	560	5600
<b>Итого: 19300 рублей</b>		

Потенциальные риски

Вид риска	Вероятность возникновения
Травматизм	10%
Порча инвентаря	15%
Недостаточный интерес студентов	10%
Занятость помещения/отказ аренды помещения	15%

В оценки актуальности предполагается анкетирование студентов ЭТО, а также проведение пробных тренировок и спортивных мероприятий. За порчу инвентаря предполагается введение штрафных санкций. Возможность возникновения травм не исключена, но очень мала, так как интенсивность и уровень сложности тренировок будет подобран в соответствии с физической подготовкой студентов.

Ожидаемые результаты реализации проекта

Реализация данного проекта – большой шаг к созданию качественной образовательной среды для студентов ЭТО, позволяющий приблизиться к стандартам ведущих ВУЗов мира. Тренировки на ЭТО – принципиально новый способ повысить мотивацию и стрессоустойчивость студентов, а также кратчайший путь к здоровью и хорошему самочувствию. В качестве измеримых итогов данного проекта принимаются:

- Организация активного отдыха и досуга студентов ЭТО;
- Создание рабочей спортивной структуры отдела ЭТО;
- Улучшение качества времяпрепровождения студентов ЭТО.

## **УСТРОЙСТВО НАГЛЯДНОГО ОТОБРАЖЕНИЯ АРХИТЕКТУРНОГО СООРУЖЕНИЯ, ПРОИЗВОДЯЩЕЕ БАЗОВЫЕ РАСЧЕТЫ**

Султаналиева Л.А., Киблер Э.В., Фомичев Н.В., Кулиева А.Т., Сергеева Н.Д.  
Lailysultan@gmail.com

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет*

### **Введение**

Строительство – быстро развивающаяся сфера, тем не менее, на протяжении всего времени ее существования одной из главных проблем остается выбор фундамента; он зависит от многих параметров, таких как тип грунта, вес и габаритные размеры сооружения. В настоящее время подбор рационального решения задачи осуществляет непосредственно человек, сопоставляя исходные данные.

Данный проект позволит существенно упростить процесс решения задачи.

### **Описание устройства**

Устройство сочетает в себе несколько функций:

- ✓ наглядная визуализация планируемого сооружения – макет;
- ✓ расчет веса и давления сооружения;
- ✓ подбор фундамента;
- ✓ расчет необходимого количества строительных материалов.

### **Конструкция устройства**

Устройство будет представлять собой платформу; программу, производящую необходимые расчеты; конструктор, из которого будет непосредственно собираться макет сооружения.

### **Платформа**

Платформа должна быть разделена на несколько секторов для большей точности отображения веса отдельных частей здания. Монолитные весы имеют возможность высчитывать только лишь общий вес конструкции. Обычная платформа будет представлять собой совокупность 16 секторов-весов. Планируется использование ювелирных весов. При необходимости платформу можно расширить увеличением количества составных элементов.

### **Макет**

Макет – это способ визуализации планируемого сооружения. Будут известны линейные размеры, масса и плотность составляющих конструктора, из которых будет собираться макет

сооружения. Это позволит наиболее точно подобрать соответствия между реальными строительными материалами и составляющими элементами конструктора.

#### Программное обеспечение

Оригинально разработанное программное обеспечение приводит к наименьшему участию человека, что сведет риски допущения ошибок к минимуму.

#### База данных

В БД собрано исчерпывающее количество сведений о типах грунтов, глубине их промерзания и строительных элементов.

#### Принцип работы

Первым этапом будет непосредственная сборка макета из конструктора. Готовая модель помещается на платформу и ПО считывает показания весов. Помимо этого исходными данными будут служить тип грунта, число использованных деталей и планируемые стройматериалы. Вторым этапом ПО, опираясь на информацию из БД, производит необходимые расчеты и выводит результаты: тип фундамента, вес сооружения, количество стройматериалов.

#### Заключение

В итоге будет собрана установка, существенно облегчающая проектирование сооружений на начальном этапе. В дальнейшем планируется возможность расчетов давления составных элементов здания друг на друга, что позволит применять установку не только для промышленного и гражданского строительства, но и для сложных архитектурных сооружений.

#### Список литературы

1. Механика грунтов / Под общ. ред. проф. Б.И. Далматова. М.: Изд-во АСВ, СПб.; СПбГАСУ, 2000. 201с.
2. Основания и фундаменты. М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2002. 385 с.
3. Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений / Под общ. ред. проф. Б.И. Далматова. М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2001. 437 с.

## ГОВОРЯЩИЙ ЗАМОК

Булавинов А.А., Серенко А.А., Фомичев А.К., Кыштымов И. В., Акулов Э. Е.  
andrewmoonlight@gmail.com

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет*

С каждым днем интеллектуальная и эмоциональная нагрузка на людей увеличивается, требуется запоминать большие объемы информации в краткие сроки. В связи с этим людей появилась проблема с краткосрочной памятью. И одним из последствий этой проблемы является, то, что люди, уходя из дома, не помнят, закрыли они дверь или нет. Именно эту проблему и помогает разрешить наш проект. Суть проекта заключается в создании устройства, которое бы отсылало сигнал на телефон, либо брелок при закрытии дверного замка.

Это устройство помимо, прямого назначения, так же можно использовать семьям с маленькими детьми, людям преклонного возраста и инвалидам. Получая сигнал, они будут уверены, что дверь закрыта.

Чтобы выяснить степень заинтересованности нашим устройством у разных категорий людей, мы провели несколько опросов – в социальной сети «Вконтакте» и в двух школах города Северск. Результаты опроса показали, что наиболее заинтересованы в нашем проекте родители школьников младших классов. Общее число людей, желающих обладать «Говорящим замком», составляет 125 человек.

Принцип действия устройства основан на магнитных свойствах геркона.

Устройство состоит из GSM модуля, блока питания, подключающегося к сети, геркона (ключа), неодимового магнита и медных проводов для создания цепи.

Технология работы устройства следующая:

1. Неодимовый магнит помещается на конец ригеля, а геркон в замочную скважину;

2. При закрытии двери магнит приближается к геркону и замыкает электрическую цепь;
3. Блок питания преобразует напряжение до необходимой величины;
4. GSM модуль реагирует на электрический импульс и посылает сигнал, СМС-оповещение о том, что дверь закрылась;
5. При открытии замка магнит отходит от геркона – цепь размыкается;
6. GSM модуль, снова реагируя на импульс, отправляет сигнал, СМС-оповещение о том, что дверь открылась.

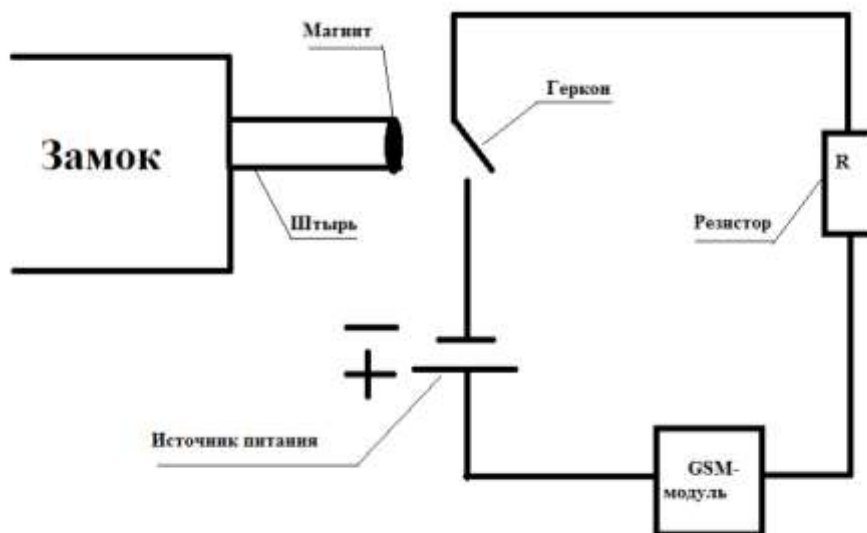


Рисунок 1. Схема устройства, фиксирующего закрытие замка

Идея «Говорящих замков» может завоевать популярность не только у родителей школьников младших классов, но и среди других категорий людей. В планах нашей команды также усовершенствование продукта путем включения в него новых функций и опций, т.е. создание универсального продукта для современного человека.

В современном мире стрессов воплощение в жизнь данной идеи позволит множеству людей меньше беспокоиться, в частности о безопасности их квартиры.

## РЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫЕ КОМИКСЫ

Захаркина Д.А., Иванова А.А., Тхорик О.В, Украинец О.А.  
E-mail: daz12@tpu.ru

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет*

### Введение

В настоящее время люди все больше и больше сталкиваются с проблемой непонимания какого-либо сложного теоретического материала. Как правило, если просишь кого-нибудь его объяснить, то тебя отправляют к печатной информации. Книги, статьи и т.п. – неплохой источник информации, но зачастую материал изложен сухим рабочим языком, непонятным большинству людей, заинтересовавшихся этой темой.

Например, ресурсоэффективность. Многих людей в буквальном смысле пугает даже длина этого слова – оно напоминает какой-то замысловатый термин. Если же попробовать почитать какой-либо материал по данной теме, то можно заметить, что авторы зачастую уходят в без эмоциональные цифры, которые убивают интерес читателя еще в самом начале.

Как же сделать материал более занимательным? Решением этого вопроса было решено заняться. Проще всего в этом случае уйти от прямого изложения материала и сделать ставку на ассоциативное мышление.

Философский словарь содержит следующее утверждение. «Ассоциативное мышление – это мышление, основанное на ассоциациях. Исключительно важная составляющая разума человека по переработке информации, позволяющая ему производить обобщение и абстрагирование. Особенностью ассоциативного мышления является способность выделять общие признаки вещей - обобщать, не проводя логического анализа. По всей вероятности, лежит в основе деятельности составляющей интеллекта - воспитания. Ассоциативный блок - ахиллесова пята интеллекта» [1].

Что же может соединить теоретический материал и наглядную визуализацию? Для детей с целью лучшего усваивания материала используют книги с красочными иллюстрациями и минимумом текста. Более взрослому поколению такой вариант изложения материала уже не интересен, но можно попробовать обратиться к комиксам.

«Как известно, широкого распространения в СССР комикс не получил. Однако советские комиксы существовали и были весьма популярны среди широкой аудитории. Вспомним, например, небольшие рисованные истории, которые печатались в «Веселых картинках» для детей и в журнале «Крокодил» для взрослых.

В конце 30-х вышла детская книжка-альбом советского художника Николая Радлова «Рассказы в картинках» — один из ранних образцов комикса в СССР. На рисунках из книги основан первый выпуск детского мультипликационного альманаха «Светлячок № 1».

Иногда иностранные комиксы публиковались в журнале «Наука и жизнь». В 90-х издавались журналы комиксов, ориентированные, в основном, на патриотическое воспитание молодежи. А в 2012 году и вовсе был издан комикс «Иллюстрированная Конституция России», в 2013 вышло второе издание. А это значит... жизнь продолжается!» [2].

Целью нашего проекта является создания пилотного выпуска комиксов (5-6 листов А4 в формате pdf), сюжетно основанного на теме ресурсоэффективности.

### Актуальность

Анализ рынка подобной литературы показал, что он практически пуст. Т.е. существует открытый простор для творчества на благо науке.

В России и других русскоговорящих странах индустрия комиксов развита плохо. В основном здесь занимаются только переводом зарубежных комиксов. В настоящее время на полках магазинов можно встретить комиксы по физике от японского производителя, по переводоведению от финского.

Однако тема ресурсоэффективности не затрагивалась пока ни российскими, ни зарубежными производителями.

### План работы

Весь проект разделен на задачи.

Первым делом необходимо создать уникальных персонажей. Герои – одна из главных составляющих частей комикса. Именно им симпатизирует читатель, именно за их жизнью и деятельностью он внимательно наблюдает, поэтому они и должны быть детально продуманы.

Вторым пунктом по плану идет создание сценария. Бесспорно, это один из самых сложных этапов, который требует постоянного мозгового штурма. Только из множества идей можно выбрать одну стоящую.

Далее пройдет согласование сценария с экспертом, отлично разбирающимся в ресурсоэффективности и активно работающим по этой теме.

После согласования сценария следует раскадровка - разбиение сюжета на кадры. Работа сугубо черновая и проводится на обычной бумаге формата А4.

По созданию оптимальной раскадровки идет перенос контура в чистовом виде на плотную бумагу формата А3. Формат нужен заведомо больше, чтобы облегчить процесс компьютерной обработки. Далее контур обводится черной гелиевой ручкой для оптимального считывания сканером.

Далее следует сканирование – перенос изображения с бумажного варианта в цифровой. Эту часть работы лучше всего предоставить специальным агентствам, предоставляющим данные услуги.

Обработка цветом будет производиться с помощью ПК. Было решено отказаться от выполнения этой работы руками, чтобы снизить стоимость проекта, несмотря на то, что комикс из-за этого станет менее живым по атмосфере. Для этого потребуется программа Photoshop не старше PS4.

После того как будут готовы страницы будущего комикса, его надо будет собрать в единый файл формата pdf.

### Заключение

В конце планируется создать пилотный выпуск комикса. При его успешной презентации и реализации продолжить этот проект в виде следующих номеров. Предполагается, что данный вид печатной продукции должен в скором времени набрать популярность среди русскоязычной литературы.

### Список литературы

1. Мир словарей [Электронный ресурс] [http://mirslovarei.com/content\\_fil/associativnoemyshlenie-6409.html](http://mirslovarei.com/content_fil/associativnoemyshlenie-6409.html) (дата обращения: 07.04.2014)
2. Vashdosug.ru [Электронный ресурс] Кристина Малая // Ваш досуг, 2013 №09 <http://www.vashdosug.ru/spb/cinema/article/70403> (дата обращения: 07.04.2014)

## СИСТЕМА ИСПРАВЛЕНИЯ НАЛОЖЕНИЙ ПАР НА ЭТО

Тимошин Н.В., Шибанов М.Г.  
хаома@mail.ru

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет*

Проблема наложения пар в расписании актуальна для каждого учащегося Элитного технического образования (ЭТО) Томского политехнического университета (ТПУ). Эта проблема возникает регулярно: приходится каждый раз идти в бюро расписаний, тратить свое время, и даже придумывать самому, куда переставить ту или иную пару. Для устранения вышеизложенной проблемы на данном этапе необходимо создание программы, которая будет искать наложения сама и предлагать возможные варианты решения одним нажатием кнопки. Данная программа сопоставляет несколько расписаний (элитной и основной групп) и, если имеются наложения учебных пар, идентифицирует их и предлагает варианты решения с возможностью последующей отправки отчета в бюро расписаний ТПУ.

Информация о расписании групп будет собираться с помощью сайта [raspisanie.tpu.ru](http://raspisanie.tpu.ru). Относительная легкость реализации поставленной задачи обусловлена работой только с локальными данными: нет необходимости подключаться к базе данных ТПУ. Проект будет выполняться студентами ЭТО.

Для реализации данного проекта требуется провести следующие мероприятия:

- Задача 1. Разработка программного обеспечения:
  - Мероприятие 1.1. Составление алгоритма.
  - Мероприятие 1.2. Разработка интерфейса программы.
  - Мероприятие 1.3. Программная реализация на языке программирования C++.
- Задача 2. Тестирование программного обеспечения:
  - Мероприятие 2.1. Временная эксплуатация программного обеспечения.
  - Мероприятие 2.2. Корректировка ошибок.

В таблице 1 приведен необходимый перечень мероприятий для реализации данного проекта.

*Таблица 1. График мероприятий по реализации проекта.*

Вид деятельности/мероприятие	Месяц/год	Исполнители
Составление алгоритма	Март 2014	Тимошин Н.В., Шибанов М.Г.
Разработка интерфейса	Апрель 2014	Шибанов М.Г.
Реализация на C++	Май 2014	Тимошин Н.В., Шибанов М.Г.
Корректировка ошибок	Май 2014	Тимошин Н.В.,



		Шибанов М.Г.
Тестирование программного обеспечения (ПО)	Июнь 2014	Тимошин Н.В., Шибанов М.Г.
Временная эксплуатация ПО	Сентябрь 2014	Тимошин Н.В., Шибанов М.Г.
Корректировка ошибок	Сентябрь 2014	Тимошин Н.В., Шибанов М.Г.

В качестве сильных сторон ПО можно выделить личную заинтересованность студентов в реализации сформулированной цели, возможность дальнейшего развития и внедрения. В Томском политехническом университете не существует аналогов предлагаемой программы. Слабыми сторонами создания ПО могут оказаться отсутствие возможности создания «идеального» расписания и сложность внедрения в систему расписания ТПУ.

Риски могут возникнуть на каждой стадии реализации проекта. Поэтому необходимо провести оценку рисков и принять меры по предотвращению их возникновения, данные приведены в таблице 2:

Таблица 2. Оценка рисков проекта.

Наименование риска	Вероятность возникновения	Степень воздействия	Профилактика	
			Чтобы не произошло	Если произошло
Нехватка навыков	Средняя	Средняя	Найти “проблемные зоны”, которые будет сложно реализовать и прочитать соответствующую дополнительную литературу	Спросить совета у преподавателя по программированию
Низкая эффективность полученного алгоритма	Средняя	Средняя	Тщательно продумать методы выполнения задачи	Внесение изменений, повышающих эффективность работы программы
Потеря данных	Низкая	Высокая	Создание резервной копии	Повторное проведение запланированных мероприятий

Ниже приведена таблица 3, отображающая количественные и качественные результаты проекта и методы их фиксации:

Таблица 3. Результаты работы над проектом.

Количественные результаты	Качественные результаты	Метод фиксации
Создание программы	Программа, которая помогает исправлять наложения в расписании ЭТО ТПУ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Презентация на конференции ЭТО 2014</li> <li>Введение в эксплуатацию</li> </ul>

Дальнейшее развитие проекта заключается в следующих шагах:

- 1) Корректировка и усовершенствование алгоритмов программы.
- 2) Добавление возможности отправления отчета в бюро расписаний ТПУ.
- 3) Перенос программы на базу данных ТПУ.

Для реализации представленного проекта не требуется закупка дополнительного оборудования. Поскольку конечным результатом проекта является создание программы, для его осуществления будет достаточно уже имеющихся ресурсов.

Воплощение в жизнь данной идеи позволит множеству студентов оптимизировать свое расписание, эффективнее и удобнее планировать свободное время.

## **ВРАЩАЮЩИЕСЯ ДВЕРИ**

Шкляренко Е., Белявский С., Лабыкин М., Колядко Д., Троеглазов А., Шикерун К.  
Barmaley47@gmail.com

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет*

### **Аннотация**

Каждый хоть раз попадал в очередь на входе в 19 корпус. Понравилось? Конечно, нет. Люди опаздывают на пары или теряют свое драгоценное время, простаивая в этих очередях. Мы можем использовать этот поток людей во благо обществу. Идея заключается в том, чтобы избавиться от очередей и использовать поток людей для выработки электроэнергии путем установки вращающейся двери с генератором электроэнергии.

### **Описание проекта**

Планируется заменить внешнюю дверь на входе в 19 корпус для того, чтобы коридор мог принимать два потока людей, идущих в разных направлениях, а также вырабатывать за счет этого электроэнергию для освещения коридора и, возможно, других помещений. Это придаст корпусу индивидуальность, солидность, незабываемость и «изюминку», так как еще ни в одном корпусе или университете нашего города подобной двери нет.

### **Конструкция двери**

Конструкция состоит из самой двери, в нижней части оси которой, находится шестеренка. Через нее передается крутящий момент на генератор. Генератор, в свою очередь, соединен с аккумулятором для накопления энергии. Аккумулятор питает лампочку.

### **Принцип работы**

Трехлопастная, вращающаяся вокруг своей оси против движения часовой стрелки, дверь с механизмом увеличения скорости вращения и генератор позволят работать с двойным потоком людей и вырабатывать электроэнергию одновременно (рис.1).

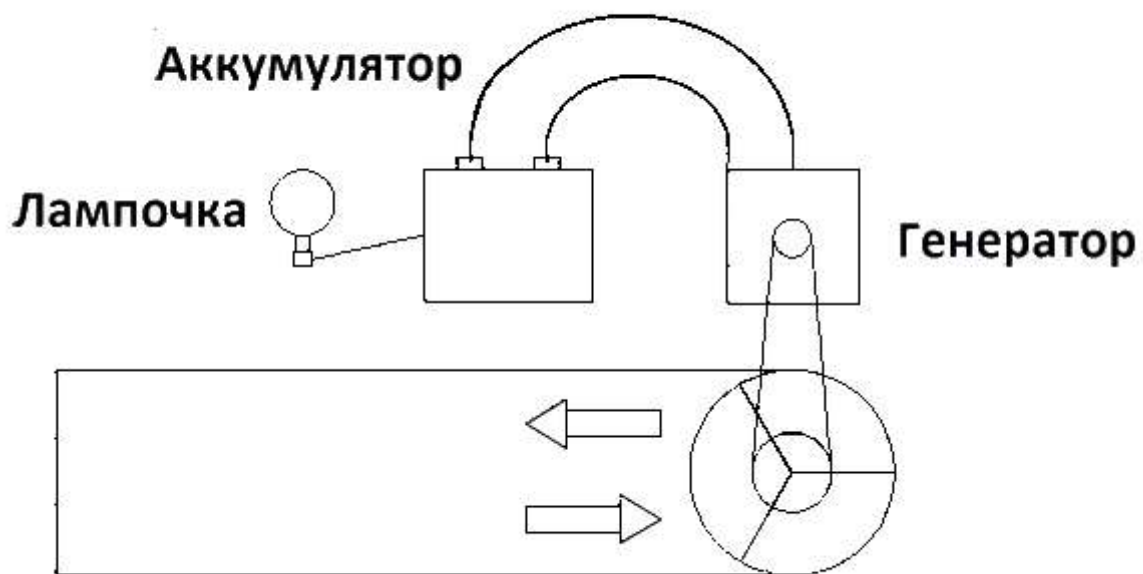


Рис.1 Схема устройства

### Заключение

В результате проделанной работы получена комбинация из двери, позволяющей пропускать больше людей и источника бесплатной электроэнергии. В дальнейшем, устройство можно улучшить, например, снабдить данную систему из генератор-приборы освещения устройством бесперебойного питания для возможности освещения коридора во время пар, когда людей будет ходить очень мало. Таким образом, проект еще не исчерпан и имеет возможность развития.

### Литература

1. Усольцев А.А. Общая электротехника: Учебное пособие. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. - 301 с.

## RELAX SUIT

Коврижина А.Р., Бабинская Я.С., Катаева В.А.

nastez555@gmail.com

<https://sites.google.com/site/relaxsuit/relax-suit>

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет*

**Аннотация:** данный проект направлен, прежде всего, на людей, ведущих сидячий образ жизни и в целях профилактики заболеваний позвоночника. В наше время множество людей ведут сидячий образ жизни – работа за компьютером, в офисе или дома, учеба. Люди стали проводить больше времени сидя, чем когда-либо – 9,5 часов в день. Это даже больше, чем время для сна – 7,7 часов. В связи с этим возникают различные заболевания (нарушение обмена веществ (ожирение), сердечно-сосудистые заболевания, риск возникновения диабета), в том числе и заболевания позвоночника. Ведь когда мы сидим, на позвоночник оказывается давление в 2 раза больше, чем когда мы стоим, и в 8 раз больше, чем когда лежим. При длительном положении сидя возникают боли в спине. Для устранения болей в мышцах спины, улучшения кровотока и обмена веществ, следовательно, и улучшения питания всех тканей и органов, улучшения работы мозга вы можете использовать медицинское оборудование.

Выполнение проекта предполагается студентами Элитного технического образования (ЭТО) при поддержке предприятий из сферы медицинского оборудования. Целью проекта является разработка и создание усовершенствованного расслабляющего жилета, основанного на принципе миостимуляции для улучшения качества жизни людей. Миостимуляция – это такой вид электролечения (воздействия импульсного тока на нервные окончания), который вызывает сокращение мышц. В физиотерапии ее применяют для воздействия на поврежденные мышцы и нервы, используют в реаниматологии и кардиохирургии. Миостимуляция помогает укрепить и подготовить к регулярным нагрузкам даже очень слабые мышцы и те мышцы, которые в обычных условиях тренировать очень сложно, например, мышцы внутренней поверхности бедра.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- найти и обработать информацию в предметной области;
- создать электрическую схему устройства;
- создать схематичный рисунок жилета, а также его устройства;
- подобрать и приобрести необходимые материалы и детали;
- собрать работающую модель устройства;
- протестировать модель.

В результате реализации проекта мы получим прототип жилета Relax suit..

На данный момент на рынке не представлено такой одежды с расслабляющим эффектом. Существует множество миостимуляторов. В основном они предназначены для реабилитации людей после травм и операций (для больных людей), либо для сжигания жира (похудания), либо для усиленного укрепления и наращивания мышц (для спортсменов). И области действия не затрагивают спину и плечевой пояс. Для создания данного устройства необходим материал, который будет обеспечивать безопасность человека. Также необходима правильная система работы, легкий и простой в использовании аккумулятор. Данный проект достигим при наличии помощников и финансовых средств. Продолжительность реализации проекта составляет примерно 1-1,5 года.

Проект, в глобальном смысле, направлен на улучшение качества жизни людей в целом.

Механизм реализации деятельности по проекту

Задача 1. Поиск и обработка информации.

Задача 2. Создание электрической схемы устройства.

Мероприятие 2.1 Изучение электрических схем миостимуляторов.

Мероприятие 2.2 Изменение и дополнение схем миостимуляторов в соответствии с функциями жилета.

Задача 3. Создание схематичного рисунка жилета, его устройства.

Мероприятие 3.1 Разработка модели жилета, расположение его функциональных элементов.

Задача 4. Подборка и приобретение необходимых деталей и материалов.

Мероприятие 4.1 Выбор и приобретение оптимального материала с учетом особенностей жилета.

Мероприятие 4.2 Приобретение необходимых деталей электрической схемы.

Задача 5. Сборка работающей модели устройства.

Мероприятие 5.1 Соединение электрической схемы с тканью, пошив.

Задача 6. Тестирование модели.

Мероприятие 6.1 Корректировка некоторых характеристик модели, устранение недочетов и неполадок.

Рабочий план реализации проекта представлен в таблице 1.

*Таблица 1. Рабочий план реализации проекта.*

Вид деятельности/мероприятия	2014-2015 г.	Исполнители/ответственные
Поиск и обработка информации	Апрель-Май	Бабинская Я.
Разработка схемы	Май-Июнь	Бабинская Я. Катаева В. Коврижина А.
Разработка модели жилета	Май-Июль	Катаева В.
Подборка и приобретение деталей и материала	Июнь-Август	Коврижина А.
Сборка схемы	Август-Октябрь	Еремеев А.
Тестирование	Октябрь-Ноябрь	Бабинская Я
Первый опытный макет	Ноябрь-Январь	Катаева В.
Работа с целевой аудиторией		Коврижина А.
Реклама	Март-Апрель	Коврижина А.

Партнером нашего проекта является отдел ЭТО ТПУ.

Ожидаемые результаты проекта представлены в таблице 2.

*Таблица 2. Ожидаемые результаты проекта.*

Количественные результаты	Качественные результаты	Метод фиксации
Создание технологии Relax suit	Работающая модель жилета	Выступление на конференции ЭТО с докладом
Разработка схемы	Сборка и презентация тест-модели жилета	Введение в эксплуатацию рабочую модель
Регистрация авторских прав на данный продукт	Патент РФ	

Предполагается, что данный расслабляющий жилет снимет боль в спине и плечевом поясе, будет стимулировать мышцы (заставлять их сокращаться под действием импульсов, при этом, по сравнению с тренировочными процессами, молочная кислота не образуется), укреплять и восстанавливать мышечные ткани, снимать стресс и улучшать самочувствие. В дальнейшем изготавливать такие жилеты можно массово. Такое комфортное портативное устройство облегчит жизнь людям, а также уменьшится риск заболеваний спины.

### Список используемой литературы

- 1) А.А.Ушаков "Практическая физиотерапия", 2-е издание, МИА, М. – 2009
- 2) Ситель А. - Избавься от боли. Боль в позвоночнике.
- 3) Электронный ресурс:  
✓ <http://www.na-zdorovie.ru/article8.html>
- ✓ <http://malmon.ru/radioehlektronika/ehlektronika-v-bytu/myshechnye-ehlektrostimulyatory-miostimulyatory.html>
- ✓ <http://zdrovy.info/e131.htm>

## БЛОК ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЧАЙНИКОВ

Толмачев С.А., Великосельский К.В  
Tolmach-sergey2010@rambler.ru

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет*

В последнее время, связи с возросшей интеллектуальной и эмоциональной нагрузкой, люди стали чаще подвергаться стрессу, что приводит к забывчивости, одним из последствий этого является, то, что люди часто включают чайник, забыв при этом налить в него воду. Что приводит к поломке (возможно к возгоранию). Это часто встречается в семьях с маленькими детьми.

Электрочайником называют прибор с нагревательным элементом внутри, предназначенный для кипячения питьевой воды. Работает он от сети и является крайне необходимой в хозяйстве предметом. Современные электрочайники обладают системой защиты от подобных ситуаций. Но такие электрочайники стоят дорого, что делает их недоступными большинству населения (цена начинается с 3000 р.). Внедрение более дешевых технологий защиты может не привести к уменьшению цен.

Наш проект и предполагает создание такого устройства. Мы хотим создать универсальный, дешевый блок обеспечивающий отключение электрочайника при отсутствии воды.

Блок схема данного устройства выглядит так:

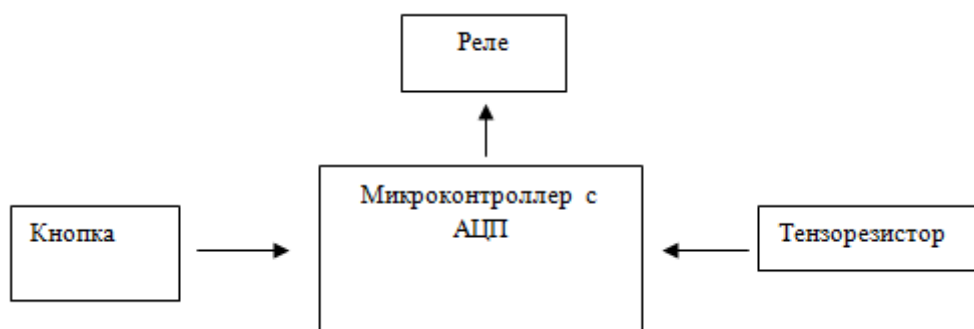


Рис.1 Блок схема устройства

Данный блок будет представлять собой подставку, на которую будет ставиться электрочайник и питаться через нее. Контроль над водой будет осуществляться за счет измерения массы чайника на основе тензорезистора. Тензорезистор — резистор, сопротивление которого изменяется в зависимости от его деформации. Тензорезистор будет крепиться на дно подставки, и считывать массу чайника за счет прогиба подставки под его тяжестью. Данные с тензорезистора будут передаваться на микроконтроллер и сверяться с критическими (т.е. с массой пустого чайника плюс небольшое кол-во воды). Масса пустого электрочайника будет записываться при первом использовании подставки при помощи команды записи подающейся с кнопки. При достижении критической массы микроконтроллер размыкает подачу электричества через реле и подает световой сигнал о наличии “аварии”.

Таблица 1. Смета проекта

Название:	Цена руб.
КФ5П1 тензорезистор	150
Блок питания 5В	300
Микроконтроллер ATtiny2313A-SU	30
Реле 793P-1C-C05VDC(HS), 1пер. 05В/16А, 240V	100
Светодиод LED superbright 4R5	5
1825910-6 (FSM4JH), кнопка тактовая h=5 мм SPST	8.5
Транзистор КТ315	1
Резистор 3кОм	1
Итого:	595.5

Список использованной литературы:

1) Электронный ресурс: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Тензорезистор>

### НАБОР ЮНОГО ИНЖЕНЕРА

Кузнецов Д.А., Семоненко А.А, Касаткин Д.Д, Кзыкеев Т.Б, Петров И.С, Мельченко С.В  
Email: dimano@sibmail.com

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет*

В современной России проблема дефицита технических специалистов стоит как никогда остро. По различным оценкам в течение 7-10 лет предприятия, в данный момент функционирующие за счет кадров предпенсионного и пенсионного возрастов, могут свернуть производство вследствие отсутствия притока «свежей крови». Зарплаты инженеров растут с геометрической прогрессией, но, даже несмотря на этот факт, ситуация на производстве остается плачевной.

По оценке нашей группы истоки такой ситуации лежат в системе образования. Как известно, школьная программа по физике не несет пропагандистских целей, а лишь предлагает набор сведений об окружающем мире и его законах. Учебный процесс сводится к работе с формальными законами, не дает конкретных практических навыков и, кроме того, является весьма утомительным. Следствием такой политики является отсутствие интереса к техническим специальностям среди молодого поколения.

Из вышесказанного можно заключить, что необходимо каким-либо образом взрастить страсть к точным наукам у школьников 5-11 классов, на конкретных примерах продемонстрировать насколько на самом деле увлекателен созидательный инженерный процесс.

Цель нашего проекта состоит в том, чтобы создать набор, включающий:

- некоторый базовый, удобный инструментарий (резисторы, катушки, провода, газ, диоды), с помощью которого возможно воплотить в жизнь некоторое количество проектов;
- доступное методическое пособие, в котором будут «схемы сборки» технических устройств, задуманных авторами, и описаны основные физические принципы деталей и собранных приспособлений.

Задачи, нами поставленные:

1. определение областей физики, которые будут освящаться нашим набором;
2. определение устройств, наиболее интересных для сборки (самодельное элементарное радио, плазменный шар, пневмопушка и т.п.);
3. распределение устройств между коллегами, для написания методического пособия и поиска необходимых материалов;
4. выбор из вариантов интеракции с деталями: создание совместимых друг с другом элементов или же предоставление инструментов, позволяющих спаивать, скручивать и т.п.;
5. на основе принятых решений составление сметы проекта и внести необходимые правки, в случае непосильной суммы;

6. покупка материалов;
  7. проверка реализуемости, задуманных устройств.
- На рис.1 показан пример схемы плазмодара.

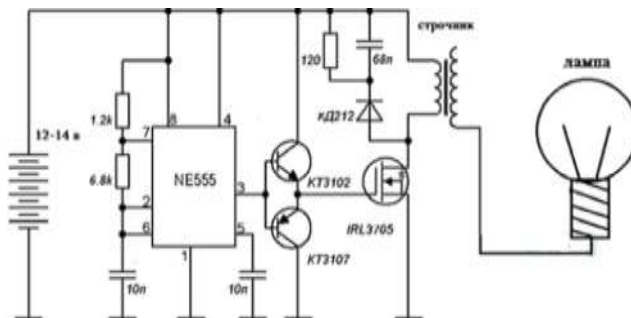


Рис.1. Схема плазмодара

Оригинальность нашей идеи заключается в том, что существующие аналоги весьма казуальны, и не дают глубокого понимания физических процессов. Наша идея в большей мере образовательная, чем развлекательная.

В итоге, мы реализуем единственный экземпляр, который в дальнейшем может быть передан инициативному педагогу, который в формате внеурочных занятий знакомил бы учеников с техническими устройствами. Если практика пройдет успешно, можно будет задуматься над разработкой бюджетной версии.

#### Список использованной литературы

1. Усатенко С.Т., Каченюк Т.К., Терехова М.В. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник. - М.: Издательство стандартов, 1989. - 325 с.
2. Роман Маркелов, "Российская газета". Пять наиболее ценных профессий в 2014 году. Web-Мастерская. 13.12.2013, 17:15. <http://www.rg.ru/2013/12/13/professii-site.html>

## ПАЛОЧКИ ДЛЯ ЯПОНСКОЙ КУХНИ

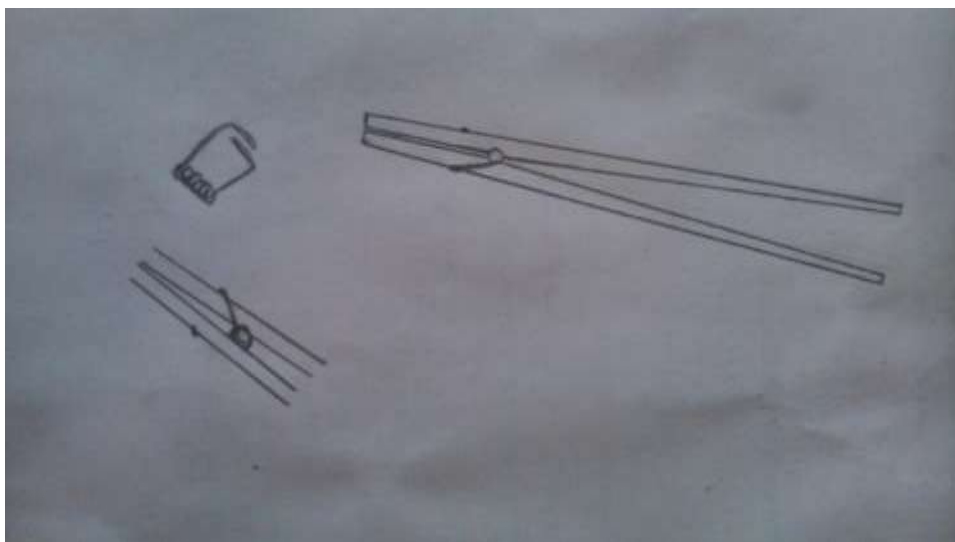
Цыганков С.А., Абрамов Е.А., Крюков В.А., Збежнев А.В.  
sharkpro@mail.ru

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет*

Популярность сети ресторанов японской кухни просто огромна и с каждым месяцем она все растет и растет. Огромное количество людей проводят свои вечера, выходные дни именно в японском ресторане, в компании друзей, с любимой девушкой или в гордом одиночестве. Как правило, хочется получить удовольствие от еды. Но это не всегда возможно, так как далеко не каждый посетитель кафе и ресторанов японской кухни умеет пользоваться японскими палочками. Конечно, посетители могут попросить европейские столовые приборы, но многие посетители не делают этого, так как стесняются выделяться на фоне людей, которые едят японскими приборами. В итоге, из-за неумения пользоваться палочками, а также из-за их нестабильности роллы соскакивают с палочек, вся ваша соусница в рисе, соус на столе. Все эти несущественные проблемы приводят к спаду настроения у вас и, как правило, у вашей компании.

Мы предлагаем решить данную проблему, следующим образом: надеть на палочки пружину из самой обычной прищепки, которая объединит две палочки в одну систему (рис.1).





*Рис.1 Схема устройства*

Палочками станет очень удобно пользоваться, ведь теперь они не будут болтаться из стороны в сторону, выпадать из рук, ими будет удобно управлять и кушать любые блюда японской кухни. Эта конструкция недорогая и многоцветная.

В итоге с помощью данного приспособления у каждого человека будет возможность насладиться японскими блюдами, в соответствии со всеми ее традициями.

Для реализации нашего проекта, нам необходимо лишь приобрести палочки из бамбука, которые используются для употребления национальных китайских, японских, вьетнамских или тайских блюд. А так же пружину из самой обычной прищепки.

## СИСТЕМА ОПОВЕЩЕНИЯ ЭТО

Адамов Е., Ваганов К., Серебренников М., Тимошин Н., Ярославцева О.  
adamovegor@gmail.com

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет*

Современное студенчество имеет загруженное расписание: учёба, научные конференции, проектная деятельность и многое другое. Эффективное совмещение дел является затруднительным и из-за неорганизованности приходится переделывать график и расставлять приоритеты. Поэтому студентам иногда просто необходимо напоминание о переключении с одного вида деятельности на другой.

Как известно, в 105 аудитории 19 корпуса Томского политехнического университета (ТПУ) каждый день собирается немало студентов, и это одно из немногих мест, где они могут получить полную информацию о мероприятиях и расписании клубов ЭТО. Заходя в 105 аудиторию, «элитники» занимаются своими делами, часто забыв про время, многие просто расслабляются, спят на мягких «креслах». Результатом неорганизованности студентов является опоздание на пары и неодобрительный взгляд преподавателя.

Также, мы провели опрос студентов на предмет того, знают ли они про ближайшие культмассовые собрания и расписание клубов. Оказалось, что примерно 71% не в курсе происходящего. Диаграмма, отображающая результаты опроса, приведена на рисунке 1.

## УРОВЕНЬ ОСВЕДОМЛЁННОСТИ



Рис.1. Результаты опроса.

Необходимость следить за временем и неосведомленность о проведении мероприятий подтолкнули на создание данного проекта. Наша проектная группа взяла на себя инициативу помочь товарищам - студентам Элитного технического образования (ЭТО) и создать систему, которая может следить за их временем и предоставлять информацию о внутренней жизни Элитного образования. Цель нашего проекта – обеспечить информирование студентов ЭТО посредством системы оповещения о проводимых мероприятиях и начале занятий к началу июня 2014 года

Как уже упоминалось ранее, проект предназначен для элитных студентов, но так как студенты с обычного потока также опаздывают на пары, например, обедая в столовой, то в планах расширить систему оповещения до уровня учебных корпусов.

Аналоги, конечно, уже существуют, например, школьный звонок, но он раздражающе звенит и будет вызывать раздражение студентов, более того, он действует только как будильник. Концепция нашего проекта усовершенствована: сообщения будет произносить приятный голос, которого точно послушается студент. На основании этого мы считаем, что система по-своему уникальна и ее аналога, по крайней мере, в ТПУ не имеется.

Деятельность в рамках нашего проекта – это создание специальной программы, которая будет выполнять функции воспроизведения, заранее записных звуковых сообщений в определенное время, и будет иметь возможность добавления, а также их изменения. Приведем подробное описание деятельности в рамках проекта:

Задача 1. Выявление степени актуальности проблемы.

Мероприятие 1.1: провести опрос среди студентов ЭТО и выяснить степень заинтересованности нашей идеей.

Задача 2. Закупка оборудования и расходных материалов.

Мероприятие 2.1: закупка кабелей, колонок, штекеров.

Задача 3. Разработка схемы подключения.

Мероприятие 3.1: разработка схемы подключения периферии к компьютеру и колонкам.

Задача 4. Сборка системы.

Мероприятие 4.1: установка и тестирование системы.

Мы оценили факторы и явления, влияющие на наш проект, выделили его сильные и слабые стороны. К преимуществам проекта можно отнести следующие пункты:

- возможность консультации профессионалов;
- личная заинтересованность проектной группы в реализации проекта;
- отсутствие аналогов системы в пределах ТПУ;
- упрощение информирования студентов;
- отсутствие необходимости контроля за временем;

К недостаткам реализации системы можно отнести ограниченность бюджета, недостаток временных и человеческих ресурсов. В процессе работы мы также оценили риски, которые могут возникнуть по ходу реализации проекта:

- недостаток времени на воплощение идеи;
- непредвиденные материальные затраты;

- трудности в синхронизации системы с сетью ТПУ.

В качестве результата нашей деятельности ожидается внедрение проекта в зону элитного творчества и проектирования, способствующего увеличению посещаемости мероприятий, уменьшению опозданий на пары студентами. Всеобщая осведомлённость приведет к тому, что идея приживется в комнате отдыха и никому не покажется бесполезной.

Дальнейшее развитие позволит расширить целевую аудиторию. В планах создание многоканальной трансляционной системы оповещения в размерах учебного корпуса для обычного потока.

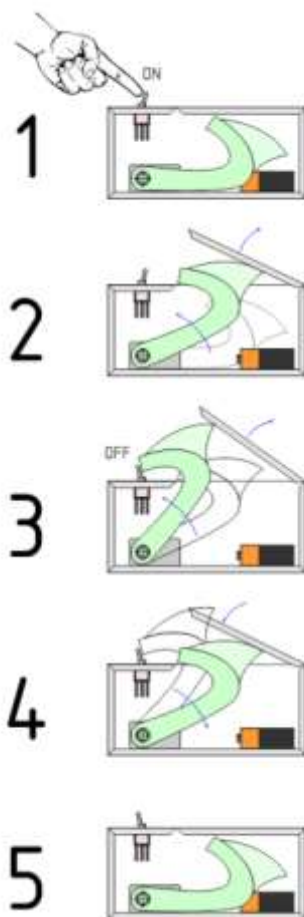
## «БЕСПОЛЕЗНЫЙ» БУДИЛЬНИК

Пластун С.А.

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

В последнее время рынок подарков пересыщен, и по большей части себя исчерпал. Многие люди не знают, какой бы оригинальный подарок еще подарить. Именно эту проблему решает мой проект.

Идея сделать будильник на основе этого забавного, бесполезного устройства (рис.1):



*Рис.1 Принцип работы устройства*

Так вот на будильнике будет 4 рычажка, один слева три справа. Чтобы выключить будильник, сначала нужно нажать на рычаг слева, затем вылезает механическая рука и в произвольном порядке

нажимает на три рычажка справа. И для отключения звукового сигнала надо в правильно-обратном порядке вернуть рычажки на место. В случае неверного переключения, рука задаёт новый порядок, и так пока правильно не выключишь. После того как все рычажки возвращены в начальное положение, снова вылезает механическая рука и нажимает на рычаг слева, тем самым будильник снова устанавливается на ранее заданное время. В будильнике будут: электронные часы, будильник, бесперебойный источник питания (батарейки или аккумулятор), на случай отключения света.

Этот будильник, бесспорно, понравится людям любящим оригинальные необычные вещи.

В том числе с помощью этого будильника можно гарантировать полное пробуждение, так как для того чтобы его выключить придется полностью проснуться.

## ПОДСВЕТКА КОМНАТЫ В НОЧНОЕ ВРЕМЯ

Кольцов К.Г., Отбанов Н.А., Фирсанков А.А., Удалов М.А., Селиверстов П.А.

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

Одна из постоянных и актуальных проблем жизни в общежитии – недосып. Очень часто возникает ситуация, когда все легли спать, а после кому-то одному потребовался свет. Если включить лампы, то это разбудит остальных. Наша команда предлагает светодиодную ленту малой мощности, что позволит решить эту проблему. Светильник достаточно прост в устройстве, поэтому надежен. Его мощности достаточно чтобы освещать, но не слишком ярко, но недостаточно чтобы вызвать перегорание или причинить какой-либо вред. В отличие от фонаря светодиодная лента будет светить менее ярко, но рассеянно на 360 градусов, имеется возможность выбирать цвет освещения, более экономно расходует энергию.

Все мероприятия проекта будут направлены на студентов, проживающих в общежитии.

Целью данной работы является: создание светодиодной ленты тусклого освещения. Главное - добиться минимальных затрат и максимальной эффективности.

Результатом работы будет являться сделанная схема, описанная ниже. Основные мероприятия проекта: закупка необходимых материалов (подробнее написано в таблице 1), создание схемы, монтаж установки. Продолжительность работы будет зависеть от окружающих условий.

Светодиодная лента будет расположена в удобном для жителей комнаты месте, для освещения необходимого пространства. Размер светодиодной ленты будет определяться непосредственно для каждой комнаты. Будет создана электрическая цепь, включающая в себя источник питания (батарея «Крона»), источник света (светодиодная лента), выключатель, проводники. Батарея будет сменная.

*Таблица 1. Смета работы*

Название	Количество	Цена, руб.	Комментарий
Батарея «Крона»	1шт	150	-
Светодиодная лента	От 30см до 100см	1,5 руб/см.	Длина ленты будет определяться местом установки а также желанием потребителя.
Выключатель	1шт.	70 руб.	Тип выключателя будет зависеть от желания потребителя
Проводники		От 17 руб/метр	Длина проводников будет зависеть от параметров установки.

Таким образом, будучи достаточно простым и мало затратным, наш проект будет решать одну из насущных проблем студентов, живущих в общежитии.

## ШАГ В БУДУЩЕЕ. НОВАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА ТПУ: СОЗДАНИЕ ПУНКТА СБОРА МАКУЛАТУРЫ

Айрапетян Д.К.  
diankys@mail.ru

*Научный руководитель: кандидат физико-математических наук, доцент, Божско Ирина Александровна, ТПУ*

Томск – административный центр в Западной Сибири; город, в котором функционирует несколько промышленных предприятий; в главной реке которого запрещено купаться и экологическая ситуация в котором, при этом, остается удовлетворительной. Томск сегодня переживает не лучшие времена. Как и многие другие большие города России, город страдает от настоящего засилья промышленным и бытовым мусором.

С помощью этого проекта, появится возможность создания пункта сбора макулатуры в самом сердце города Томска - университетах. Тысячи студентов обучающихся в вузах ежемесячно выбрасывают несколько килограмм бумаги. Если собрать и подсчитать все это вместе, то можно будет собрать огромные складские помещения отходов, которые просто уходят на свалку. Тем самым загрязняется не только город, который в скором времени может утонуть в своих собственных отходах, но так же теряются природные ресурсы и огромное количество денег.

**Основная цель проекта:** Создание пункта сбора макулатуры в ТПУ.

Так как количество отходов год от года увеличивается, существует риск, что отходы заполнят все отведенные для них места и городу просто не хватит места для нормального функционирования

**Актуальность проекта:** Необходимость в правильной утилизации отходов

**Задачи проекта:**

- Привлечение внимание к проблеме
- Влияние на мнение населения о важности макулатуры

### Макулатура

Макулатура, макулатурные отходы - отслужившие срок изделия из бумаги и картона - более не востребованная печатная продукция, использованная картонная тара от товаров потребления, подлежащие уничтожению архивы документов, а так же отходы производств полиграфии

В ходе работы над проектом была собрана информация о предприятиях по сбору макулатуры города Томска, а так же правила по сбору макулатуры.

Для того чтобы узнать, какое количество бумаги может накопиться в среднем за месяц на одной кафедре было проведено исследование.

### Исследование

Расчет бумаги приходящейся на одного студента или преподавателя за месяц

Цель: рассчитать среднее количество бумаги, которую расходует студент или преподаватель за месяц.

Мы просили студентов и преподавателей оценить количество бумаги, которая у них накапливается за один месяц.

Исследование было проведено в рамках кафедры НМНТ. Результаты исследований:

1 курс- 1,8 кг

2курс- 1,6 кг

3 курс- 1,1

4 курс- 1,5 кг

Магит1-0,3 кг

Магистр 2- 1,2 кг( дипломные работы)

Так же важно учитывать определенные периоды студенческой жизни, когда количество отходов может резко увеличиваться или снижаться. Количество отходов увеличивается или уменьшается от-0,2 кг-0,5 кг

### Опрос

Возник вопрос: заинтересованы ли вообще студенты в сдаче макулатуры и что может послужить дополнительным стимулом для них. Для этого был проведен опрос среди студентов группы 4Б22, включающий в себя следующие вопросы:

- Заинтересованы ли вы в сдаче макулатуры?
- Что бы было для вас дополнительным стимулом при сдаче макулатуры?
- Принимали бы вы участие в конкурсах по сбору макулатуры?

Опрос показал заинтересованность студентов в сборе макулатуры.

На данном этапе необходимо найти место, где лучше всего накапливать макулатуру. Одним из лучших вариантов является контейнер, который легко устанавливать в корпусе и который занимает не много место. Высота контейнера 137 см, ширина- 108 см, длина 138 см, вместимость 500 кг, стоимость 9,200 руб. Легко отслеживать количество бумаги, если бумага занимает больше половины контейнера, то ее накопилось примерно около 300 кг. Одного такого контейнера вполне достаточно на нашу кафедру, если макулатура увеличиться, то можно совершать отгрузку каждый месяц.

### Организации города Томска

Я задумалась над вопросом, как именно кафедре приобрести этот контейнер стоимостью 9,200 рублей. Решение было найдено, и им стала Региональная общественная организация Томская экологическая студенческая инспекция им. Блинова, которая работает над проектом по раздельному сбору мусора «Популяризация раздельного сбора мусора среди молодежи- вместе против ТБО». Данная организация может предоставить контейнер для нашей кафедры

### Развитие проекта.

Если проект будет работать на одной кафедре, то в скором времени его можно будет осуществить и в рамках целого университета, а также в общежитиях.

Контейнеры можно ставить в студенческих общежитиях, где мусор будет разделяться на несколько категорий: бумага, пластик, разное.

Это способствует утилизации отходов и изменит облик города

Вот несколько программ, которые могут стать стимулом для сбора макулатуры в ТПУ.

- Проведение соревнований среди групп за какие-нибудь бонусы (дополнительные баллы по физической культуре).
- Создание студенческого сообщества «Мы снова пионеры»
- Награждение кафедр, которые будут активно принимать участие в программе по сбору макулатуры.
- Обменять макулатуры, на что-нибудь другое: на книги, бесплатные талоны в столовые вузов.

### Заключение.

Сбор макулатуры – важное дело, ведь от этого зависит не только загрязнение окружающей среды, но и энергосбережение, проблемы которого связаны с использованием вторсырья. Чем меньше бумаги будет на свалках, тем легче будет дышать планета, к тому же, благодаря переработанной макулатуре, леса станут уничтожаться с меньшей интенсивностью.

В ходе работы над проектом были достигнуты следующие результаты:

- Была собрана информация о предприятиях по сбору макулатуры, что позволило выбрать наиболее удобные условия сдачи макулатуры
- Исследование выявило количество бумаги, приходящее на 1 студента в месяц.
- Проведенный опрос помог найти правильный подход к студентам для увеличения объемов сбора макулатуры
- Найден спонсор, который бесплатно предоставит контейнер для сбора макулатуры и обеспечит своевременный вывоз макулатуры.

На данном этапе цель нашего проекта достигнута, создание пункта сбора макулатуры может быть реализовано на практике.

#### Литература

- 1.Электронный источник: <http://www.makulaturin.ru/makulatura-tomsk/>
- 2.Электронный источник: <http://gorgaz.tomsk.ru/2012/08/prochital-sdaj-v-makulaturu/>
- 3.Электронный источник: <http://www.mosvtor.ru/news/2/>

## СЕКЦИЯ 8. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК: ФИЗИКИ, ХИМИИ, МАТЕМАТИКИ

### СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРЕДПОЧТЕНИЙ ИНВЕСТОРА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПОРТФЕЛЯ И ЕГО УПРАВЛЕНИИ

Мастерова Е.В.

E-mail: masterova\_katya@mail.ru

Научный руководитель: доцент, к. ф.-м.н. О.Л. Крицкий, кафедра ВММФ ФТИ ТПУ

В мировой экономике в настоящее время происходит сложное перераспределение финансовых ресурсов. Это является следствием нестабильной экономической и политической обстановки. Под влиянием этих факторов резко возрастает активность портфельного инвестирования на финансовых рынках. Однако перед инвесторами встает вопрос: «в какие активы наиболее выгодно инвестировать свои средства?»

Цель данной работы заключается в статистической оценке предпочтений инвестора при формировании портфеля и его управлении, если в его состав входят индексные ценные бумаги развитых и развивающихся стран. Выбраны ценные бумаги, оптимальные по соотношению риска к доходности, рассчитаны показатели качественного управления на основе коэффициентов альфа и бета, проведена статистическая проверка гипотез, подтверждающих высокую квалификацию управления составленным портфелем.

Как известно, в финансовой деятельности необходимо постоянно оптимизировать доходность к риску. На этом основана портфельная теория Марковица. Основной идеей теории является формирование инвестиционного портфеля с учетом оптимального выбора активов, исходя из требуемого соотношения доходности и риска [1].

Предположим, что вектор долей активов, входящих в портфель, есть  $x = (x_1, \dots, x_n)$ . При этом сумма  $\sum_{i=1}^n x_i = 1$ .

Чистая доходность портфеля в момент  $t$

$$r(t) = \frac{P(t+1) - P(t)}{P(t)},$$

где  $P(t)$  – цена портфеля в момент  $t$ .

Согласно теории Марковица, показателем доходности является математическое ожидание, а мера риска – стандартное отклонение приращений цен. Таким образом, имеем:

- доходность портфеля или его ожидаемая доходность  $\mu_x$ :

$$\mu_x = E[r_x(t)] = \sum_{i=1}^n E[r_i(t)]x_i = \sum_{i=1}^n \mu_i x_i,$$

- риск портфеля или его волатильность  $\sigma_x$ :

$$\sigma_{ij} = \text{cov}(r_i(t), r_j(t)) = \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j,$$

$$\rho_{ij} = \text{cov}(r_i(t), r_j(t)),$$

$$\sigma_x^2 = \text{var}(r_x(t)) = \text{var}\left(\sum_{i=1}^n r_i x_i\right) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \text{cov}(r_i(t), r_j(t)) x_i x_j.$$

Задачу поиска оптимального портфеля можно рассматривать с двух различных сторон:

- минимизация риска, при котором гарантируется доход, который больше или равен ожидаемому уровню доходности:



$$\min_x \sigma_x^2 \equiv \min \sum_{i=1}^d \sum_{j=1}^d \sigma_{ij} x_i x_j,$$

$$\mu_x \geq r; \sum_{i=1}^d \mu_i x_i \geq r; \sum_{i=1}^d x_i = 1.$$

• максимизация доходности, обеспечивающей риск, который меньше или равен риску вложений:

$$\max_x \mu_x \equiv \max_x \sum_{i=1}^d \mu_i x_i,$$

$$\sigma_x^2 \leq \bar{\sigma}^2; \sum_{i=1}^d \sum_{j=1}^d \sigma_{ij} x_i x_j \leq \bar{\sigma}^2; \sum_{i=1}^d x_i = 1.$$

Максимизация доходности с поправкой на риск:

$$\max_x \mu_x - \tau \sigma_x^2 \equiv \max \sum_{i=1}^d \mu_i x_i - \tau \left( \sum_{i=1}^d \sum_{j=1}^d \sigma_{ij} x_i x_j \right)$$

где  $\tau$  – коэффициент неприятия риска [2-3].

В ходе исследования, было выбрано восемь фондовых индексов трех развивающихся стран: BVSP (Бразилия), CSI200 (Китай), BSE\_SEN (Индия); и трех развитых стран: ASX200 (Австралия), FTSE (Великобритания), Dow Jones Index 30 (США), NASDAQ Comp (США). Используемые в работе данные за период с 04 января 2013 года по 30 января 2014 года, были предоставлены компанией Финам (<http://www.finam.ru/>). На основе этих данных был составлен оптимальный портфель, в который в волатильностью  $\sigma = 12\%$  и доходностью  $P_t = 6,5\%$  вошло четыре индекса: Jones Index 30 (США), NasDaQ Comp (США), BSE\_SEN (Индия) и ASX200 (Австралия):

$$\pi_t = 0,58x_1 + 0,07x_2 + 0,05x_3 + 0,29x_4.$$

Для проверки эффективности полученного портфеля индекса был рассчитан коэффициент бета:

$$\beta_i = \frac{Cov(R_i, R_m)}{Var(R_m)},$$

где  $\beta_i$  - коэффициент бета;  $R_m$  – доходность индекса;  $R_i$  – доходность индекса MSCI (взятого, в качестве эталонного);

Коэффициент бета указывает на связь между доходностью индекса и движением эталона (в нашем случае это индекс *MSCI World*). Иначе говоря, бета отвечает за относительный риск портфеля и определяет неустойчивость и колебания доходности всего портфеля относительно выбранного в качестве эталона индекса.

Значения коэффициентов бета для нашего портфеля лежат в интервале (-0,3;1,3). Большая часть коэффициентов бета для портфеля индексов являются положительными. Это означает, что в основном у инвестора есть возможность получить большую доходность от управления капиталом, чем от инвестирования в индексный опцион при росте рынка.

В дальнейшем для портфеля были построены оценки коэффициентов альфа:

$$\alpha_{i,t} = R_{i,t} - r - \beta_{i,t} (R_{m,t} - r),$$

где  $\alpha_{i,t}$  – оценка коэффициента альфа для индекса в момент времени  $t$ ;  $r$  – безрисковая ставка (0,25%),  $R_{i,t}$  – доходность индекса, в момент времени  $t$ ;  $\beta_{i,t}$  – коэффициент бета для индекса, в момент времени  $t$ ;  $R_{m,t}$  – доходность индекса MSCI World в момент времени  $t$  [4].

Оценки коэффициентов альфа позволяют оценить труд управляющего портфелем и определить ту часть дохода инвестора, которую он заработал благодаря мастерству управляющего, а

не росту рынка. Итак, в нашем случае оценка для коэффициента альфа лежит в интервале  $(-0,04; 0,03)$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шарп У. Инвестиции: Пер. с англ.-М.: ИНФА-М, 2003.-Х11, 1028 с.
2. Мастерова Е.В. IX Международная конференция студентов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук», Томск, Россия, 2012. р. 598-597.
3. Буренин А. Н. Управление портфелем ценных бумаг. – М.: Научно-техническое общество имени академика С. И. Вавилова, 2008. – 440 с.
4. Бельснер О.А., Крицкий О.Л. Оптимизация портфеля финансовых инструментов// Финансы и кредит, 2013, №36, с. 35-41.

### ОДНОМЕРНОЕ УРАВНЕНИЕ ФИШЕРА–КОЛМОГОРОВА С АНОМАЛЬНОЙ ДИФфузией

Прозоров А.А.  
prozorov\_a\_a@mail.ru

*Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор, Трифонов А.Ю., НИ ТПУ, зав.кафедрой ВММФ*

#### Введение

Эволюция популяций микроорганизмов одного вида с эффектами дальнего действия моделируется нелокальными обобщениями классического уравнения Фишера-Колмогорова-Петровского-Пискунова (ФКПП) **Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.**, которое для плотности распределения популяции  $u(x, t)$  в одномерном случае имеет вид

$$u_t(x, t) = D\Delta u(x, t) + au(x, t) - bu^2(x, t). \quad (1)$$

Здесь  $D$  - постоянный коэффициент диффузии, процесс производства популяции происходит с постоянным темпом роста  $a$  и квадратичными по плотности конкурентными потерями с коэффициентом  $b$ .

В обобщенном уравнении ФКПП локальные квадратичные потери  $bu^2(x, t)$  заменяются интегральным выражением

$$u(x, t) \int b_\gamma(x, y) u(y, t) dy, \quad (2)$$

учитывающим нелокальные взаимодействия в популяции посредством функции влияния  $b_\gamma(x, y)$ . Параметр  $\gamma$  характеризует эффективную область взаимодействия между особями популяции так, что при  $\gamma \rightarrow 0$  справедливо  $b_\gamma(x, y) \rightarrow b\delta(x - y)$ , а нелокальные потери (2) переходят в локальные  $bu^2(x, t)$ . Будем рассматривать распределение  $u(x, t)$  на отрезке  $x \in [-l, l]$ . Тогда одномерное уравнение ФКПП с учетом квадратичных нелокальных потерь (2) на отрезке  $[-l, l]$  запишем в виде

$$u_t(x, t) = Du_{xx}(x, t) + au(x, t) - u(x, t) \int_{-l}^l b_\gamma(x, y) u(y, t) dy. \quad (3)$$

Пространственно-временные структуры (паттерны) не образуются в ходе эволюции, описываемой классическим уравнением ФКПП (1). Нелокальное уравнение ФКПП позволяет при соответствующем выборе параметров уравнения описать процесс образования структур, возникающих за счет нелокальных конкурентных потерь и диффузии

#### Одномерное нелокальное уравнение ФКПП на отрезке

Рассмотрим уравнение (3) с разностным ядром  $b_\gamma(x, y) = b_\gamma(x - y)$ :

$$u_t(x, t) = Du_\alpha(x, t) + au(x, t) - \varkappa u(x, t) \int_{-l}^l b_\gamma(x-y)u(y, t)dy, \quad (4)$$

где  $\alpha$  – порядок дробной производной.  $b_\gamma(x)$  предполагается четной:  $b_\gamma(x) = b_\gamma(-x)$ .

Разложим функцию  $b_\gamma(x)$  в ряд Фурье

$$b_\gamma(x-y) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} b_m e^{i\pi m(x-y)/l}, \quad b_m = \frac{1}{2l} \int_{-l}^l b(\tau) e^{-i\pi m\tau/l} d\tau.$$

Аналогично для функции  $u(x, t)$  запишем

$$u(x, t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \beta_k(t) e^{i\pi kx/l}, \quad \beta_k(t) = \frac{1}{2l} \int_{-l}^l u(z, t) e^{-i\pi kz/l} dz. \quad (5)$$

Тогда для формулы (5)  $u_\alpha(x, t)$ , в соответствии с правилом дифференцирования экспоненты будет определяться как

$$u_\alpha(x, t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \left( \frac{ik\pi}{l} \right)^\alpha \beta_k(t) e^{i\pi kx/l} \quad (6)$$

и  $i^\alpha = e^{i\pi\alpha/2}$ .

Теперь продифференцируем по времени соотношение (5), выразив  $u_t(x, t)$  с учетом уравнения (4), получим

$$\dot{\beta}_k = \beta_k \left( D \left( \frac{ik\pi}{l} \right)^\alpha + a \right) - \varkappa \sum_{j=-\infty}^{\infty} \beta_{k-j} b_{k-j} \beta_j, \quad k = \overline{-\infty, \infty}. \quad (7)$$

Будем искать коэффициенты  $\beta_j$  в виде

$$\beta_j(t) = \beta_0(t) \delta_{j0}. \quad (8)$$

Подставив (8) в (7), получим

$$\dot{\beta}_0(t) = \beta_0(t) a - \varkappa \beta_0^2(t) b_0. \quad (9)$$

Решение уравнения (9) будем искать методом Бернулли. Тогда, с учетом начальных условий

$$\beta_j|_{t=0} = \beta_{00} \delta_{j0},$$

найдем

$$\beta_0(t) = \frac{\beta_{00} e^{at}}{1 + \frac{\varkappa b_0 \beta_{00}}{a} (e^{at} - 1)}. \quad (10)$$

Теперь решения уравнения (9)  $\beta_j$  ищем в виде

$$\beta_j = \beta_j^{(0)} + \frac{1}{T} \beta_j^{(1)} + \dots,$$

где  $\beta_j^{(0)}$  определяется (10). Рассмотрим

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial \theta}{\partial t} \frac{\partial}{\partial \theta} + \frac{\partial \tau}{\partial t} \frac{\partial}{\partial \tau} = \phi_\tau \frac{\partial}{\partial \theta} + \frac{1}{T} \frac{\partial}{\partial \tau}.$$

В результате система примет вид

$$\left[ \phi_\tau \frac{\partial}{\partial \theta} + \frac{1}{T} \frac{\partial}{\partial \tau} \right] \left( \beta_j^{(0)} + \frac{1}{T} \beta_j^{(1)} + \dots \right) = \bar{a}_j \left( \beta_j^{(0)} + \frac{1}{T} \beta_j^{(1)} + \dots \right) - \varkappa \sum_{p=-\infty}^{\infty} b_p \left( \beta_{j-p}^{(0)} + \frac{1}{T} \beta_{j-p}^{(1)} + \dots \right) \left( \beta_p^{(0)} + \frac{1}{T} \beta_p^{(1)} + \dots \right), \quad (11)$$

где

$$\bar{a}_j = \left( D \left( \frac{ij\pi}{l} \right)^\alpha + a \right).$$

Приравняв слагаемые при одинаковых степенях  $1/T$ , получим,

$$\phi_\tau \frac{\partial}{\partial \theta} \beta_0^{(0)} = a \beta_0^{(0)} - \kappa \sum_{p=-\infty}^{\infty} b_p \beta_{-p}^{(0)} \beta_p^{(0)}, \quad (12)$$

$$\phi_\tau \frac{\partial}{\partial \theta} \beta_j^{(0)} = \bar{a}_j \beta_j^{(0)} - \kappa \sum_{p=-\infty}^{\infty} b_p \beta_{j-p}^{(0)} \beta_p^{(0)}, \quad (13)$$

$$\phi_\tau \frac{\partial}{\partial \theta} \beta_j^{(1)} = \bar{a}_j \beta_j^{(1)} - \kappa \sum_{p=-\infty}^{\infty} b_p (\beta_{j-p}^{(1)} \beta_p^{(0)} + \beta_{j-p}^{(0)} \beta_p^{(1)}) - \frac{\partial}{\partial \tau} \beta_j^{(0)}, \dots \quad (14)$$

Положим,  $\phi(\tau) = a\tau$ . Тогда

$$\frac{\partial}{\partial \theta} \beta_0^{(1)} = \beta_0^{(1)} - \frac{2\kappa b_0}{a} \beta_0^{(0)} \beta_0^{(1)}, \quad \frac{\partial}{\partial \theta} \beta_j^{(1)} = \frac{\bar{a}_j}{a} \beta_j^{(1)} - \frac{\kappa}{a} \beta_0^{(0)} (b_0 \beta_j^{(1)} + b_j \beta_j^{(1)}). \quad (15)$$

Тогда соотношение примет вид

$$\beta_0^{(0)}(\theta, \tau) = \frac{\beta_{00} e^\theta}{1 + \frac{\kappa b_0 \beta_{00}}{a} (e^\theta - 1)}. \quad (16)$$

Получим

$$u^{(0)}(x, t) = \frac{\beta_{00} e^{at}}{1 + \frac{\kappa b_0 \beta_{00}}{a} (e^{at} - 1)}. \quad (17)$$

Из (17) следует, что  $\frac{\partial}{\partial \tau} \beta_j^{(0)} = 0$  и

$$\begin{aligned} \beta_0^{(1)} &= \frac{\beta_{10} e^\theta}{(1 + \frac{\kappa b_0 \beta_{00}}{a} (e^\theta - 1))^2} = \frac{\beta_{10} e^{at}}{(1 + \frac{\kappa b_0 \beta_{00}}{a} (e^{at} - 1))^2}, \\ \beta_j^{(1)} &= \frac{\beta_{1j} e^{\bar{a}_j \theta / a}}{(1 + \frac{\kappa b_0 \beta_{00}}{a} (e^\theta - 1))^{(b_j + b_0) \gamma b_0}} = \frac{\beta_{1j} e^{\bar{a}_j t}}{(1 + \frac{\kappa b_0 \beta_{00}}{a} (e^{at} - 1))^{(b_j + b_0) \gamma b_0}}. \end{aligned} \quad (18)$$

Тогда для случая симметричного начального распределения с точностью до  $O(1/T^2)$  найдем

$$u(x, t) = u^{(0)}(x, t) + \frac{1}{T} u^{(1)}(x, t), \quad (19)$$

где

$$u^{(1)}(x, t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} \frac{\beta_{1l} e^{\bar{a}_j t} e^{ij\pi x/l}}{(1 + \frac{\kappa b_0 \beta_{00}}{a} (e^{at} - 1))^{(b_j + b_0) \gamma b_0}}. \quad (20)$$

Запишем комплекснозначную функцию  $u^{(1)}(x, t)$  в алгебраической форме.

$$\begin{aligned} \exp\left(\bar{a}_j t + \frac{ij\pi x}{l}\right) &= \exp\left\{\left(D \left|\frac{j\pi}{l}\right|^\alpha \cos\left(\frac{\pi}{2} \alpha\right) + a\right)t\right\} \times \\ &\times \left\{\cos\left[D \left|\frac{j\pi}{l}\right|^\alpha \sin\left(\frac{\pi}{2} \alpha \operatorname{sgn} j\right)t + \frac{j\pi x}{l}\right] + i \sin\left[D \left|\frac{j\pi}{l}\right|^\alpha \sin\left(\frac{\pi}{2} \alpha \operatorname{sgn} j\right)t + \frac{j\pi x}{l}\right]\right\}. \end{aligned} \quad (21)$$

Можно заметить, что  $\operatorname{Im}(u^{(1)}(x, t)) = 0$ . В качестве  $b_\gamma$  выберем

$$b_\gamma = b_0 \exp\left(-\frac{(x-y)^2}{\gamma^2}\right).$$

Теперь рассмотрим, как меняется плотность популяции в зависимости от степени диффузии, то есть от порядка производной по координате.



Рис. 1: График функции  $u(x, t)$  в моменты времени  $t = 50$  при  $\alpha = 1.5$  (a),  $2$  (d).

На рис. 1 изображена эволюция плотности  $u(x, t)$  при  $a = 1$ ,  $b_0 = 1$ ,  $\gamma = 1$ ,  $\chi = 0.2$ ,  $D = 0.01$ ,  $l = 5$ ,  $T = 10$

Как видно из графиков, порядок производной влияет на смещение центра возмущений пространственно-временных структур. Чем ниже порядок дробной производной, тем больше смещение график и сильнее отклонение от стационарного состояния.

#### Список литературы

1. Колмогоров А. Н., Петровский Н. Г., Пискунов Н. С. // Бюл. МГУ. Сер. А. Математика и Механика. Т. 1, № 6. С. 1 (1937).
2. Самко С. Г., Килбас А. А., Маричев О. И. Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения. – Минск: Наука и техника, 1987. С. 38.
3. Fisher R. A. // Annual Eugenics. V. 7. P. 255 (1937)

## ОЦЕНКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ КРИПТОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МЕГРЕЛИШВИЛИ И ДЖИНДЖИХАДЗЕ

Вьонг Х.Б.  
vuonghuubao@live.com

Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент, Зюбин С.А., Кафедра высшей математики

В работе приводится оценка вычислительной сложности криптографического анализа протокола разделения ключа Мегрелишвили и Джинджихадзе.

#### Введение

Для оценки вычислительной сложности криптографического анализа системы Мегрелишвили и Джинджихадзе, рассмотрим следующий протокол разделения ключа.

Протокол разделения ключа Мегрелишвили и Джинджихадзе

#### Установка

Корреспонденты А и Б договариваются о выборе векторного пространства  $V = F_2^n$  размерности  $n$  над полем  $F_2$ . Далее фиксируется квадратная матрица  $A$  размера  $n \times n$  и вектор  $v \in V$ . Эти данные открыты.

#### Генерация ключей.

Корреспондент А выбирает случайным образом натуральное число  $k$ , вычисляет и пересылает корреспонденту Б вектор  $u = vA^k$ . В свою очередь корреспондент Б выбирает число  $l$ , вычисляет и пересылает А вектор  $w = vA^l$ .

### Разделение ключа.

Затем каждый из корреспондентов вычисляет разделяемый ключ

$$K = uA^l = wA^k = vA^{k+l} \quad (1)$$

Далее приводим идею В.А. Романьков анализа системы Мегрелишвили и Джинджихадзе. Криптографический анализ системы Мегрелишвили и Джинджихадзе.

Выпишем векторы  $v = vA^0, vA, \dots, vA^m$  до максимально возможной степени  $m$  с условием линейной независимости этого набора. Ясно, что  $m \leq n$ , поэтому процесс эффективен. Данный набор является базисом линейного пространства  $\text{lin}_{F_2}(vA^k, k \in \mathbb{N})$ , порожденного всеми векторами вида  $vA^k, k \in \mathbb{N}$ . Для этого достаточно доказать, что любой вектор  $vA^k, k \geq m+1$ , линейно выражается через данный набор. Поскольку набор  $v, vA, \dots, vA^m$  является первым линейно зависимым набором, вектор  $vA^{m+1}$  допускает разложения вида

$$vA^{m+1} = \sum_{i=0}^m \alpha_i vA^i, \alpha_i \in F_2. \quad (2)$$

Пусть уже доказано, что вектор  $vA^k, K \geq m+1$ , представим в виде

$$vA^k = \sum_{i=0}^m \beta_i vA^i, \beta_i \in F_2. \quad (3)$$

Умножим обе части (3) справа на матрицу  $A$  и проведем преобразование с использованием равенства (3):

$$vA^{k+1} = \sum_{i=0}^m \beta_i vA^{i+1} = \sum_{i=0}^{m-1} \beta_i vA^{i+1} + \beta_m \cdot \sum_{i=0}^m \beta_i vA^i = \beta_m \cdot \beta_0 v + \sum_{i=0}^m (\beta_{i-1} + \beta_m \cdot \beta_i) vA^i. \quad (4)$$

Утверждение о базисе  $v, vA, \dots, vA^k$  пространства  $\text{lin}_{F_2}(vA^k, k \in \mathbb{N})$  следует по индукции.

Теперь можно получить разложение

$$u = vA^k = \alpha_0 v + \alpha_1 vA + \dots + \alpha_m vA^m, \alpha_i \in F_2 \quad (5)$$

Заметим, что для получения разложения (5) не нужно знать  $k$ , а только  $u$ .

После этого подставим в правую часть полученного выражения (5), где все компоненты известны, вектор  $w$  вместо  $v$  и получим

$$\alpha_0 w + \alpha_1 wA + \dots + \alpha_m wA^m = (\alpha_0 v + \alpha_1 vA + \dots + \alpha_m vA^m) A^l = vA^{l+k} = K. \quad (6)$$

### Оценка вычислительной сложности

Оценим вычислительную сложность нахождения ключа при атаке Романькова на систему Мегрелишвили и Джинджихадзе [1]. Нахождение ключа состоит из нескольких вычислительных этапов: вычисление векторов  $vA^i$ , проверка на линейную зависимость системы  $vA^i$ , нахождение разложения  $u = \alpha_0 v + \dots + \alpha_n vA^n$  и нахождение ключа  $k = vA^{k+l}$ .

Оценим сложность этапов:

Вычисление вектора  $vA$ , где:

$$v = (v_1 \quad v_2 \quad \dots \quad v_n)$$
$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

Пусть наибольшее среди чисел  $v_i, a_{ij}$  имеет  $k$  разрядов двоичных цифр.

Умножения  $[v_i]_{1 \times n} \times [a_{i1}]_{n \times 1}$  содержит  $n$  операций умножения  $k$  разрядных двоичных чисел и  $n-1$  операций сложения:

Time (умножение  $[v_i]_{1 \times n} \times [a_{i1}]_{n \times 1}$ )  $< k^2 n + k(n-1)$  для  $i = \overline{1, n}$ . Следовательно,

$$\text{Time}(vA) < [k^2 n + k(n-1)]n.$$

Вычисление векторов  $vA^2 = (vA) \cdot A$ ;  $vA^3 = (vA^2) \cdot A$ ; ...;  $vA^n = (vA^{n-1}) \cdot A$  аналогично вычислению  $vA$ . Поэтому

$$\text{Time}(vA^j) < [k^2 n + k(n-1)]n.$$

Т.е для вычисления набора  $vA; vA^2; vA^3; \dots; vA^n$ :

$$\text{Time}(\text{Вычисление набора, } vA, vA^2, \dots, vA^n) < [k^2 n + k(n-1)]n \cdot n = [k^2 n + k(n-1)]n^2$$

Проверка на линейную независимость для набора векторов

$$\begin{aligned} v &= (v_1 \quad v_2 \quad \dots \quad v_n), \\ vA &= (b_{11} \quad b_{12} \quad \dots \quad b_{1n}), \\ &\dots \\ vA^m &= (b_{m1} \quad b_{m2} \quad \dots \quad b_{mn}). \end{aligned}$$

Используя метод Гаусса найдем ранг матрицы

$$B = \begin{pmatrix} v_1 & v_2 & \dots & v_n \\ b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{m1} & b_{m2} & \dots & b_{mn} \\ u_1 & u_2 & \dots & u_n \end{pmatrix}.$$

Число разрядов двоичных чисел  $\max[b_{ij}] \leq 2k+1$

Для вычисления ранга необходимо будет выполнить умножения  $v_1 \cdot b_{11}; v_1 \cdot b_{21}; \dots; v_i \cdot b_{mi}$

Умножение  $v_1 \cdot b_{11} \cdot b_{21} \dots b_{n1}$ :

$$\text{Time}(v_1 b_{11} \dots b_{n1}) \leq (2k+1)^2 \cdot m.$$

Это операция повторяется  $(m+1) \cdot n$  раз для  $m+1$  строк и  $n$  столбцов.

Далее вычитания 2-я; 3-я; ... строка минус первая строка и сравнения с нулем, операция повторяется  $m$  раз для  $m$  строк:

$$\text{Time} < [(2k+1)n + (2k+1)n] \cdot m$$

Для проверки линейной независимости строк измененной матрицы при  $m = \overline{1, n}$

$$\text{Time} < \sum_{m=2}^n \sum_{i=1, j=n-m+1}^{i=m, j=n} (2k+1)^2 (i-1)ij + 2(2k+1)j(i-1)$$

Таким образом для вычисления набора вектор  $v; vA; \dots; vA^n$  и проверка его линейная независимость:

$$\text{Time} < [k^2 n + k(n-1)]n^2 + \sum_{m=2}^n \sum_{i=1, j=n-m+1}^{i=m, j=n} k^2 (i-1)ij + 2kj(i-1) < 5k^2 n^5;$$

Далее необходимо найти разложение:

$$u = vA^k = \alpha_0 v + \alpha_1 vA^1 + \dots + \alpha_n vA^n, \alpha_i \in F_2$$

Для этого надо решить систему  $XB = U$  или  $XC = U$ , где  $C$ -матрица полученная из  $B$  после применение метод Гаусса для нахождения ранга. Матрица  $C$  является треугольной поэтому нужно решить систему:

$X \times B = U$ , где:

$$B = \begin{pmatrix} v_1 & v_2 & \dots & v_n \\ b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{m1} & b_{m2} & \dots & b_{mn} \end{pmatrix}$$

$$X = (\alpha_0 \quad \alpha_1 \quad \dots \quad \alpha_n)$$

$$U = (u_0 \quad u_1 \quad \dots \quad u_n)$$

Для того чтобы найти  $\alpha_i, i = \overline{1, n}$ , необходимо выполнить умножения  $n-i$  раз, и вычитания  $n-i$  раз.

$$k^2(n-i) + k(n-1)$$

Нахождения  $\alpha_0; \alpha_1; \dots; \alpha_n$ .

$$\text{Time} < \sum_{i=0}^n k^2(n-i) + k(n-i) = \frac{k^2 n(n+1)}{2} + \frac{kn(n+1)}{2} < k^2(n+1)^2$$

После этого найдем вектор  $vA^{k+l}$  следующим образом:

1. Умножения  $\alpha_0 v; \alpha_1 vA; \dots; \alpha_n vA^n$

$$\text{Time} < n^2 k^2$$

2. Нахождение суммы  $\alpha_0 v + \alpha_1 vA + \dots + \alpha_n vA^n$

$$\text{Time} < kn(n-1)$$

3. Умножение  $(\alpha_0 v + \alpha_1 vA + \dots + \alpha_n vA^n) \cdot A^l = K$

$$\text{Time} < [k^2 n + k(n-1)]n$$

Следовательно, общее время атаки Романькова:

$$\sum \text{Time} < 5k^2 n^5 + k^2(n+1)^2 + n^2 k^2 + kn(n-1) + [k^2 n + k(n-1)]n = O(n^5 k^2).$$

### Заключение

Итак, в работе оценена вычислительная сложность криптографического анализа протокола разделения ключа Мегрелишвили и Джинджихадзе. Результат показывает, что по идее В.А. Романькова алгоритм нахождения ключа протокола Мегрелишвили и Джинджихадзе занимает время порядка  $O(k^2 n^5)$  и задача анализа системы Мегрелишвили и Джинджихадзе решена эффективно.

### Литература

1. Романьков В.А. Криптографический анализ некоторых схем шифрования, использующих автоморфизмы. // Прикладная дискретная математика, № 3 (21), с. 35-51, (2013).



# ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЙ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ВБЛИЗИ СТАЦИОНАРНОГО ПОСТА ВЕРОЯТНОСТНЫМИ МЕТОДАМИ

Гаврась О.В., Заноз А.В.  
lesiagavras@yandex.ru

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент, Гавриленко Т.В.  
Сибирский федеральный университет

Одним из основных загрязнителей воздуха в городах является автомобильный транспорт. Вероятностный подход в экологических исследованиях позволяет учесть случайный характер погодных условий и интенсивности транспортного потока, выделить наиболее опасные факторы, получить количественную оценку показателя безопасности автомагистралей.

Состояние атмосферного воздуха принято оценивать интегральным показателем – индексом загрязнения атмосферы, рассчитываемым по пяти наиболее значимым ингредиентам:

$$\text{ИЗА}_5 = \sum_{i=1}^5 q_i, \quad (1)$$

где  $q_i = Q_i / Q_{\text{ПДК},i}$ ,  $Q_i$  – концентрация  $i$ -го вещества,  $Q_{\text{ПДК},i}$  – его предельно допустимая концентрация.

Расчеты концентраций вредных веществ по методике [1] в районе стационарного поста Государственной службы наблюдений в г. Красноярске, расположенного на ул. Сурикова, показали, что наибольший вклад в загрязнение воздуха автотранспортом вносят следующие вещества: диоксид азота, оксид углерода, углеводород, формальдегид и двуокись серы [2]. Таким образом, можно ввести показатель загрязнения атмосферы автотранспортом  $\text{ИЗА}_5$ , включающий вышеперечисленные вещества. Загрязнение воздушной среды считается малоопасным, если  $\text{ИЗА}_5 \leq 5$ .

Обозначим  $X = \text{ИЗА}_5/5$ . Тогда условие малоопасного состояния воздушной среды вблизи автомагистралей

$$X \leq 1. \quad (2)$$

Объем выбросов вредных веществ определяется на основе учёта различных типов транспортных средств, интенсивности движения и конкретных дорожных условий. Выброс  $i$ -го загрязняющего вещества, г/(м·с), движущимся автотранспортным потоком определяется по формуле:

$$M_i^{\text{п}} = \frac{1}{3600} \sum_{k=1}^K M_{k,i}^{\text{п}} \cdot G_k \cdot k_{V_{k,i}} \quad (3)$$

где  $M_{k,i}^{\text{п}}$  – пробеговый выброс  $i$ -го вредного вещества автомобилями  $k$ -й группы для городских условий эксплуатации, г/км;  $K$  – количество групп автомобилей;  $G_k$ , авт./час, – фактическая наибольшая интенсивность движения, т.е. количество автомобилей каждой из  $K$  групп, проходящих через фиксированное сечение выбранного участка автомагистрали в единицу времени в обоих направлениях по всем полосам движения;  $k_{V_{k,i}}$  – поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения транспортного потока  $V_{k,i}$ , км/час, на выбранной автомагистрали (или ее участке);  $1/3600$  – коэффициент перехода от часа к секундам [1].

Концентрация  $i$ -го вещества в воздухе определяется по зависимости

$$Q_i = \frac{2M_i^{\text{п}}}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot V \cdot \sin \varphi} + F, \quad (4)$$

где  $M_i^{\text{п}}$  – мощность эмиссии, г/(м·с);  $\sigma$  – стандартное отклонение Гауссова рассеивания, зависящее от расстояния от оси дороги и уровня солнечной радиации, м;  $V$  – скорость ветра, м/с;  $\varphi$  – угол между направлением ветра и осью трассы (при  $\varphi < 30^\circ$ ,  $\sin \varphi = 0,5$ );  $F$  – фоновая концентрация загрязнения воздуха, г/м<sup>3</sup> [3].

В формуле (4) учитываются два уровня солнечной радиации. Пусть  $R_1$  и  $R_2$  – события, заключающиеся в наступлении дней с сильной и слабой солнечной радиацией соответственно. Сильная солнечная радиация наблюдается в светлое время суток при солнечной ясной погоде. Тогда вероятность погоды с сильной радиацией можно оценить, как

$$P(R_1) = \frac{\tau_c}{\tau_{\max}}, \quad (5)$$

где  $\tau_c$ ,  $\tau_{\max}$  – средняя и максимально возможная продолжительность солнечного сияния соответственно, ч. В качестве  $\tau_c$  принимается среднее количество солнечных часов с ясной солнечной погодой в году, в качестве  $\tau_{\max}$  – суммарная продолжительность светлого периода суток в течение года.

Вероятность погоды со слабой солнечной радиацией определяется по зависимости

$$P(R_2) = 1 - P(R_1). \quad (6)$$

При оценке этих вероятностей используются климатические характеристики из [4], и приведенные в табл. 1.

Таблица 1. Продолжительность солнечного сияния, ч

Зима		Весна		Лето		Осень	
$\tau_c$	$\tau_{\max}$	$\tau_c$	$\tau_{\max}$	$\tau_c$	$\tau_{\max}$	$\tau_c$	$\tau_{\max}$
181	724	588	1295	765	1519	299	793

Тогда вероятности  $P(R_1)$  составят 0,25; 0,454; 0,504 и 0,377 для зимы, весны, осени и лета соответственно. Вероятности  $P(R_2)$  принимают значения 0,75; 0,546; 0,496 и 0,623 для зимы, весны, осени и лета соответственно.

Оценка безопасного состояния воздушного пространства может быть проведена по формуле

$$P(X \leq 1) = \sum_{k=1}^2 P(X \leq 1 | R_k) \cdot P(R_k), \quad (7)$$

где  $P(X \leq 1)$  – вероятность выполнения условия (2);  $P(R_k)$  – вероятность наступления события  $R_k$ ;  $P(X \leq 1 | R_k)$  – условная вероятность того, что будет иметь место безопасное состояние воздушной среды при соответствующей солнечной радиации  $R_k$ .

Условные вероятности  $P(X \leq 1 | R_k)$  могут быть определены методом Монте-Карло. В качестве случайных параметров на «входе» принимается интенсивность движения автотранспорта и скорость ветра, а на «выходе» – концентрации вредных веществ, входящих в ИЗА<sub>5</sub>. Предполагаем, что случайная величина изменения интенсивности движения автомобильного транспорта подчиняется нормальному закону распределения. Тогда ее моделирование можно провести с помощью пары независимых стандартных нормальных (т.е. гауссовских с нулевым средним и единичной дисперсией) случайных величин  $\xi$  и  $\eta$ , определяемых по формулам:

$$\xi = (-\ln \alpha_1)^{-1/2} \cos(2\pi\alpha_2), \quad (8)$$

$$\eta = (-\ln \alpha_1)^{-1/2} \sin(2\pi\alpha_2), \quad (9)$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – случайные равномерно распределенные величины из интервала от 0 до 1, генерируемые датчиком псевдослучайных чисел [5]. В этом случае приближенная модель случайного процесса может быть представлена как:

$$w_j = \begin{cases} \xi, & \text{при } j = 2k, \\ \eta, & \text{при } j = 2k + 1, \end{cases} \quad k=0; 0,5; 1; 1,5; \dots \quad (10)$$

Выборка чередующихся значений  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  создается с помощью датчика псевдослучайных чисел, встроенного в Excel. Датчик генерирует значения случайной величины, распределенной по равномерному закону, из интервала [0,1]. Тогда модельная выборка значений интенсивности будет состоять из членов ряда:

$$N_j = w_j \cdot \sigma + \bar{N}, \quad (11)$$

где  $\bar{N}$  – среднесуточная интенсивность движения, определяемая из натурных наблюдений,  $\sigma = \bar{N} \cdot c_v$ ,  $c_v$  – коэффициент вариации. Наблюдения за интенсивностью движения автотранспорта в районе поста показали, что  $\bar{N}$  составляет 24500 авт./сут, коэффициент вариации – 12%.

Обработка данных по скорости ветра для многих метеостанций показывает, что наилучшее согласие со статистическими данными имеет несмещенное распределение Вейбулла [6]:

$$F(V) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{V}{\beta} \right)^\alpha \right], \quad (12)$$

где  $F(V)$  – вероятность того, что в наперёд заданный момент времени скорость ветра не превысит значения  $V$ ;  $\alpha > 0$ ,  $\beta > 0$  – коэффициенты, определяемые для каждой метеостанции, и зависящие от ветрового режима данной местности.

Плотность распределения выражается зависимостью

$$f(x; \alpha, \beta) = \frac{\alpha}{\beta^\alpha} x^{\alpha-1} \cdot \exp \left[ - \left( \frac{x}{\beta} \right)^\alpha \right]. \quad (13)$$

Оценки параметров  $\alpha$  и  $\beta$  могут быть найдены по методу максимального правдоподобия. Если ввести обозначения  $c = \beta^{-\alpha}$ ,  $b = \alpha$ , то данные параметры определяются из решения системы уравнений

$$\begin{cases} c = \frac{n}{\sum_{k=1}^n x_k^b}, \\ \frac{n}{b} + \sum_{k=1}^n \ln x_k - \frac{n \sum_{k=1}^n x_k^b \ln x_k}{\sum_{k=1}^n x_k^b} = 0, \end{cases} \quad (14)$$

где  $x_k$  – статистические данные наблюдений за ветром,  $k=1, 2, \dots, n$ ;  $n$  – длина выборки. Второе уравнение системы (14) является нелинейным, которое решается методом деления отрезка пополам.

Нами были обработаны данные о скорости ветра, фиксировавшиеся с 1 июня 2012 г. по 28 февраля 2013 г. в 13 и 19 часов. Данные поступают с метеостанции, установленной в Центральном районе г. Красноярска в реальном времени [7]. В итоге были получены значения параметров для трех сезонов, приведенные в табл. 2.

Моделирование случайной величины, подчиняющейся закону распределения Вейбулла, выполняется методом обратной функции распределения. В этом случае

$$V = F^{-1}(z),$$

где  $z$  – случайная величина, равномерно распределенная на интервале  $[0, 1]$ , обратная функция к функции распределения Вейбулла (12). Обращая ее, получим выражение для выборки

$$V_j = \beta \left( -\ln(1 - z_j) \right)^{\frac{1}{\alpha}}, \quad j=1, 2, \dots \quad (15)$$

По методу Монте-Карло строятся выборки значений концентраций для пяти исследуемых веществ:  $Q_{1,j}$ ,  $Q_{2,j}$ ,  $Q_{3,j}$ ,  $Q_{4,j}$ ,  $Q_{5,j}$  и совокупная выборка

$$X_j = \frac{1}{5} \left( \frac{Q_{1,j}}{Q_{\text{пдж},1}} + \frac{Q_{2,j}}{Q_{\text{пдж},2}} + \frac{Q_{3,j}}{Q_{\text{пдж},3}} + \frac{Q_{4,j}}{Q_{\text{пдж},4}} + \frac{Q_{5,j}}{Q_{\text{пдж},5}} \right). \quad (16)$$

Таблица 2. Значения параметров закона распределения для скорости ветра

Сезон	$\alpha$	$\beta$
Лето	1,928	1,926
Осень	1,398	1,892
Зима	1,296	1,850

В том случае, когда случайная величина  $X$  подчиняется нормальному закону распределения, условные вероятности находятся с помощью функции Лапласа

$$P(X \leq 1 | R_k) = 0,5 + \Phi \left( \frac{1 - \bar{X}_k}{\sqrt{\hat{X}_k^2}} \right), \quad (17)$$

где  $\Phi(\cdot)$  – табулированная функция Лапласа,  $\bar{X}_k$  – среднее значение случайной величины  $X$  при выполнении условия  $R_k$ ,  $\hat{X}_k$  – стандартное отклонение случайной величины  $X$  при выполнении условия  $R_k$ .

### Список литературы

1. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов / Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды: М., 1999. 8 с.
2. Гаврась, О.В. Анализ загрязнения воздуха транспортными потоками на застроенной территории / О.В. Гаврась, А.В. Заноз, Т.В. Гавриленко // Материалы VIII Всероссийской научно-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 155-летию со дня рождения К.Э.Циолковского: Молодежь и наука [Электронный ресурс]. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012.
3. Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов / Мин-во транспорта Российской Федерации. – М., 1995. – 74 с.
4. Климат Красноярска / под ред. Швер Ц.А. и Герасимовой А.С. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 231 с.
5. Пригарин С.М. Методы численного моделирования случайных процессов и полей / Отв. Ред. Г.А.Михайлов. Новосибирск: ИВМиМГ СО РАН, 2005. – 259 с.
6. Райзер В.Д. Методы теории надёжности в задачах нормирования расчётных параметров строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1986. – 192 с.
7. Графики фактического хода метеозаписей по ст. Красноярск [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://meteo.krasnoyarsk.ru/map\\_p/fr2.htm?mode=2](http://meteo.krasnoyarsk.ru/map_p/fr2.htm?mode=2). – Загл. с экрана.

## ПОРОГОВЫЕ РЕАКЦИИ И ПРЕДЕЛЬНЫЕ ГЛУБИНЫ ВЫГОРАНИЯ ОБЛУЧЕННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Губайдулин И.М., Никифоров М.А.  
E-mail: commander\_tom@sibmail.com

*Научный руководитель: к. ф.-м. н., доцент, Беденко С.В., Национальный исследовательский университет*

### Состояние исследований

Рассматриваемая в работе проблема посвящена теоретическим исследованиям и численным экспериментам, направленным на изучение ядерно-физических особенностей пороговых реакций протекающих в керамическом облученном ядерном топливе (ОЯТ) с предельными значениями глубин выгорания.

Повышение эффективности ядерной энергетики связано с решением следующих основных задач. Первая задача связана с регенерацией ОЯТ атомных станций и возвращением его в ЯТЦ (замкнутый топливный цикл). Вторая задача обусловлена резко возросшей глубиной выгорания, вплоть до 120 МВт-сут/т, как штатного топлива  $UO_2$ , так и новых перспективных керамических топлив действующих реакторов и реакторных установок (РУ) нового поколения [1].

Увеличение глубины выгорания штатного топлива, а так же появление новых видов керамических топливных композиций типа  $(Pu,Th)O_2$ ,  $(U,Th)O_2$ ,  $(U,Pu)O_2$ ,  $UC/(U,Pu)C$ ,  $UN/(U,Pu)N$  для действующих реакторов и РУ нового поколения еще больше обострит проблему обращения с ОЯТ и высвобождающимся ураном и плутонием. Потребуется разработка новых концептуальных подходов по обращению с таким топливом.

Отметим, что расчетные исследования выполненные авторами в рамках нескольких Государственных контрактов (Гос. контракта № П777, 2010–2012 гг., Соглашение № 14.В37.21.0473 от 3 августа 2012 г.) показали, что существует разумный предел выгорания керамического ядерного топлива. Бездумное увеличение глубины выгорания до заявленных во многих научных работах (70–120) МВт-сут/т будет сопряжен с непреодолимыми радиационными проблемами на стадии радиохимического передела ОЯТ.

При решении задач безопасности ОЯТ основная проблема связана с радиационной безопасностью и разработкой регламентов и процедур обращения с учетом спектральных и интегральных характеристик нейтронного излучения ОЯТ [1, 2]. В настоящем исследовании особое внимание уделено пороговым состояниям и пороговым уровням нейтронных ( $\alpha, n$ )-реакций на легких

ядрах (О, С и N) керамического топлива, так как именно ( $\alpha, n$ )-реакция может существенно осложнить радиационную обстановку при обращении с ОЯТ.

Существующие сегодня методики расчета полей излучения вблизи ОЯТ разработаны и аттестованы в основном для штатного оксидного топлива  $UO_2$ , эксплуатировавшегося преимущественно в водо-водяных энергетических реакторов на тепловых нейтронах. Причем, погрешность определения нейтронной составляющей радиационных характеристик ОЯТ лежит в пределах (22–26) % и требует отдельного более детального изучения [2].

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

Авторами предложена новая аналитическая модель ядерно-физических процессов, протекающих в топливе, которая позволила выделить все основные каналы формирования нейтронов, включая нейтронные каналы вблизи порога реакции ( $\alpha, n$ ) и ранее не принимавшиеся во внимание фотоядерные резонансные процессы, протекающие в ОЯТ. Разработанная модель учитывает не только выход нейтронов и многообразие пороговых явлений на легких ядрах керамического ядерного топлива, а также спектр ( $\alpha, n$ )-реакций.

#### **Аналитическая модель ядерно-физических процессов, протекающих в облученном керамическом ядерном топливе**

Выход нейтронов по каналу спонтанного деления

#### **Особенности ( $\alpha, n$ )-реакции**

Одна из особенностей ( $\alpha, n$ )-реакций заключается в том, что ( $\alpha, n$ )-нейтроны (нейтроны от реакции ( $\alpha, n$ ) на ядрах О, С, N и на некоторых легких ядер-продуктах деления, вызываемые  $\alpha$ -частицами Pu, Am и Cm) являются важной и значимой составляющей нейтронного излучения ОЯТ. В зависимости от типа реактора, выгорания, выдержки и начального обогащения вклад ( $\alpha, n$ )-реакции может изменяться в широких пределах.

Для облученного  $UO_2$  составляющая от ( $\alpha, n$ )-реакции приблизительно равна (18–20) % (реакторы типа ВВЭР, РБМК), для быстрых аппаратов (БН-600, -800) вклад ( $\alpha, n$ )-реакции может достигать (80–90) %, для высокотемпературных РУ эта цифра будет выше.

Кроме того, спектр ( $\alpha, n$ )-реакции на кислороде и, в особенности на углероде существенно «жестче» по сравнению со спектром спонтанного деления. По этому, при расчете радиационных характеристик ОЯТ, необходимо знать спектр нейтронного излучения и в большинстве случаев проектировать защиту с учетом особенностей этого спектра.

Отметим, что спектр нейтронов зависит от замедляющих и поглощающих свойств среды, от утечки нейтронов. Поэтому спектр излучения какого-либо соединения будет сильно отличаться от спектра реальной технической среды (ОЯТ, растворы, смеси, соединения), состоящей из смеси актиноидов. В таких случаях рекомендуется рассчитывать спектр излучения и выход нейтронов с использованием соответствующих методик и программных продуктов. При использовании программных продуктов необходимо помнить о точности расчета.

#### **Выход нейтронов в ( $\alpha, n$ )-реакции**

Рассмотрим среду, состоящую из вещества  $j$  на ядрах которого идет реакция ( $\alpha, n$ ) и вещества  $i$   $\alpha$ -излучателя (актиноида), на ядрах которого эта реакция невозможна.

В самом общем случае, выход нейтронов в результате ( $\alpha, n$ )-реакции определяется соотношением:

$$Q_i^{\alpha, n}(E) = m_i q_i^{\alpha, n}(E), \text{ нейтр./с,}$$

где  $m_i$  – масса  $\alpha$ -активного актиноида, г;  $q_i^{\alpha, n}(E)$  – удельный выход нейтронов, нейтр./(с·г).

При изотропном распределении направлений движения  $\alpha$ -частиц удельный выход нейтронов можно рассчитать по соотношению:

$$q_i^{\alpha, n}(E) = q_i^{\alpha} \cdot n_j \int_{B_j}^{E_i} \frac{\sigma_j^{\alpha, n}(E)}{f_{\text{соед}}(E)} dE, \text{ нейтр./(с·г),} \quad (3)$$

где  $q_i^{\alpha}$  – удельная мощность  $\alpha$ -излучателя, испускаемых  $i$ -м актиноидом,  $\alpha$ -частиц/(с·г);  $n_j$  – концентрация  $j$ -х ядер в соединении, см<sup>-3</sup>;  $\sigma_j^{\alpha, n}$  – микроскопическое эффективное сечение ( $\alpha, n$ )-

реакции, см<sup>2</sup>;  $f(E)=(-dE/dx)$  – ионизационные потери энергии  $\alpha$ -частицы на атомах  $i$ -го соединения, МэВ/см;  $E$  – средняя энергия  $\alpha$ -частиц  $i$ -го актиноида, МэВ;  $B_j$  – порог ( $\alpha$ ,n)-реакции, МэВ.

При расчете сечения ( $\alpha$ ,n)-реакций можно воспользоваться моделью, учитывающую зависимость выхода ядерных реакций и массовой тормозной способности (ионизационные потери в среде) от энергии  $\alpha$ -частиц. Аналитически эта модель выглядит следующим образом:

$$\sigma_j^{\alpha,n}(E_i) = \frac{1}{N_j} \cdot \frac{dY_j(E)}{dE} \cdot |f_j(E)|, \text{ см}^2,$$

где  $N_j$  – концентрация ядер кислорода, см<sup>-3</sup>;  $Y_j(E)$  – выход нейтронов на одну  $\alpha$ -частицу;  $dY_j(E)/dE$  – производная от полуэмпирической функции  $Y(E)$ , МэВ<sup>-1</sup>;  $f(E) = (-dE/dx)$  – ионизационные потери энергии  $\alpha$ -частицы на атомах кислорода, МэВ/см.

Функциональная зависимость выхода нейтронов  $Y_j(E)$  от энергии  $\alpha$ -частиц получается при полиномиальной или степенной аппроксимации экспериментальных данных. В отсутствии экспериментальных данных функция  $Y_j(E)$ , а также первая производная от неё, могут быть определены путем аппроксимации значений выхода нейтронов, имеющихся в библиотеке экспериментальных ядерных данных EXFOR.

Зависимость ионизационных потерь  $f(E)$  представлена во многих классических работах по экспериментальной ядерной физике. Например, можно использовать формулу Бете-Блоха для ионизационных потерь тяжелых заряженных частиц.

Таким образом, выход нейтронов можно оценить, если известны зависимость сечения реакции от энергии частиц и закон потерь энергии в зависимости от пробега частиц в среде. То есть все решение сводится к определению интеграла в выражении (3).

В таблице 1 сведены результаты расчетов радиационных характеристики наиболее важных нуклидов, формирующих нейтронное излучение как облученных, так и не облученных топливных композиций на основе урана, плутония и тория.

Таблица 1. Радиационные характеристики некоторых радионуклидов и их соединений

Нуклид	$E_i^\alpha$ , МэВ	$q_i^\alpha$ , $\alpha/\text{с/г}$	$q_i^{sf}$ , $sf/\text{с/г}$	$Q_i^{sf}$ , н/с/г	$q_i^{\alpha n}(\text{MeO}_2)$ $/\omega_i$ , н/с/г	$q_i^{\alpha n}(\text{MeC})$ $/\omega_i$ , н/с/г	$q_i^{\alpha n}(\text{MeN})$ $/\omega_i$ , н/с/г
<sup>238</sup> Pu	5,49	$6,342 \cdot 10^{11}$	$1,205 \cdot 10^3$	$2,808 \cdot 10^3$	$1,337 \cdot 10^4$	$9,902 \cdot 10^3$	$9,430 \cdot 10^2$
<sup>242</sup> Cm	6,10	$1,226 \cdot 10^{14}$	$7,604 \cdot 10^6$	$1,772 \cdot 10^7$	$4,650 \cdot 10^6$	$3,182 \cdot 10^6$	$3,031 \cdot 10^5$
<sup>244</sup> Cm	5,80	$2,998 \cdot 10^{12}$	$4,107 \cdot 10^6$	$1,109 \cdot 10^7$	$8,483 \cdot 10^4$	$6,031 \cdot 10^4$	$5,740 \cdot 10^3$
<sup>241</sup> Am	5,49	$1,271 \cdot 10^{11}$	$5,465 \cdot 10^{-1}$	1,640	$2,673 \cdot 10^3$	$1,980 \cdot 10^3$	$1,886 \cdot 10^2$
<sup>252</sup> Cf	5,93	$1,986 \cdot 10^{13}$	$6,141 \cdot 10^{11}$	$2,307 \cdot 10^{12}$	$6,284 \cdot 10^5$	$4,380 \cdot 10^5$	$4,170 \cdot 10^4$

Известный изотопный состав какой-либо топливной композиции или раствора, содержащего делящиеся нуклиды, позволяет нам с помощью таблицы 1 сравнительно просто оценить вклад каждого изотопа в суммарное нейтронное излучение.

Выход нейтронов и спектральный состав сложных сред, как уже упоминалось, необходимо рассчитывать с помощью специализированных пакетов программ. Программа Origen-Arp, входящая в состав пакета прикладных программ Scale 5/0., является одной из совершенных программ, которую можно использовать для расчета выгорания и спектра излучения ОЯТ. На рисунке 1 приведен спектр нейтронов ОЯТ теплового реактора рассчитанный с помощью программы Origen-Arp.

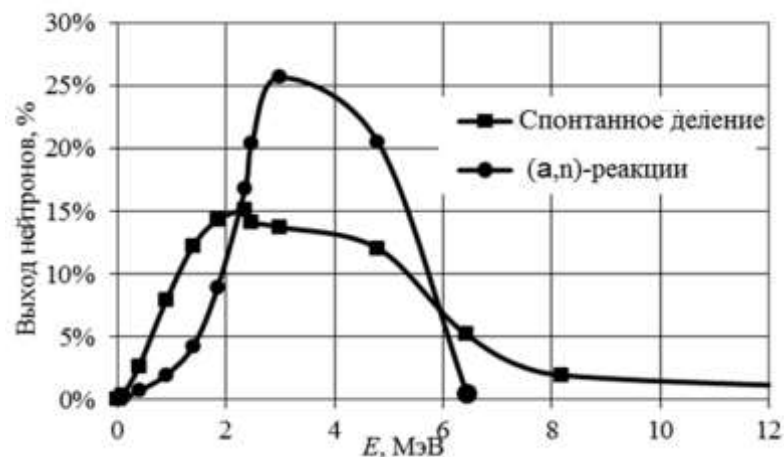


Рисунок 1. Спектры нейтронов облученного топлива теплового реактора

### Выводы

1. В работе предложена новая аналитическая модель ядерно-физических процессов, протекающих в топливе, которая позволила выделить все основные каналы формирования нейтронов, включая нейтронные каналы вблизи порога реакции  $(\alpha, n)$  и ранее не принимавшиеся во внимание фотоядерные резонансные процессы, протекающие в ОЯТ.

2. Установлено, что увеличение глубины выгорания до заявленных во многих научных работах (70–120) МВт·сут/т будет сопряжено с непреодолимыми радиационными проблемами на стадии радиохимического передела ОЯТ.

### Литература

1 Беденко С.В. Особенности излучения облученного керамического ядерного топлива. Нейтронное излучение облученного ядерного топлива. - Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012 - 124 с.

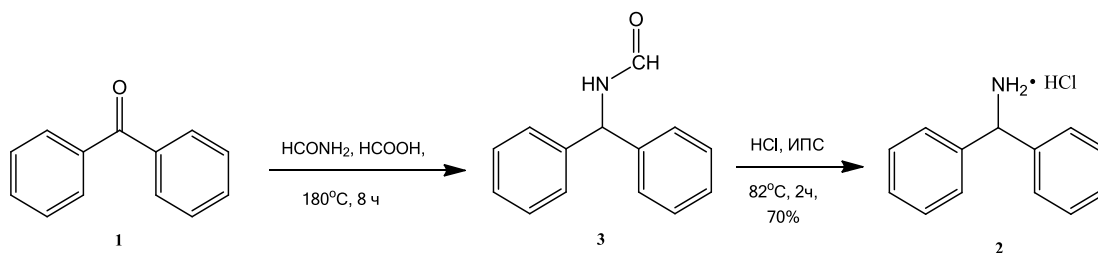
2 Шаманин И.В., Буланенко В.И., Беденко С.В. Поле нейтронного излучения облученного керамического ядерного топлива различных типов // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2010. – № 2. – С. 97–103.

## ПОЛУЧЕНИЕ ОКСИМА БЕНЗОФЕНОНА И ЕГО ВОССТАНОВЛЕНИЕ

Даниленко Н.В., Куксёнок В.Ю.  
dani\_nozomi@mail.ru

Научный руководитель: к.х.н, доцент кафедры БИОХ ИФВТ НИТПУ, Штрыкова В.В.

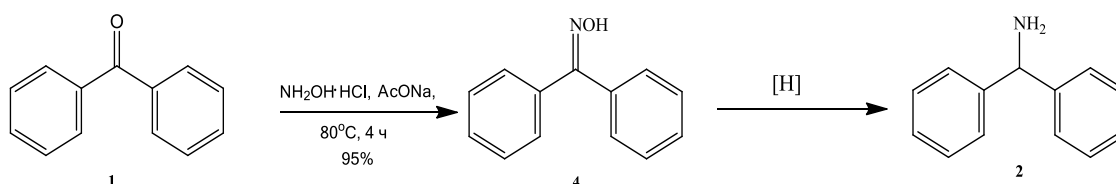
В данной работе исследуется возможность получения бензгидриламинов путем восстановления соответствующих оксимов. Актуальность этой работы заключается в разработке эффективного и экономически выгодного способа получения бензгидриламинов, которые являются субстратами в синтезе бензгидрилмочевин. Как известно бензгидрилмочевины являются биологически активными соединениями, проявляющими выраженную противосудорожную активность, что позволяет использовать их в качестве лекарственных препаратов [1]. На сегодняшний день существуют различные методы получения аминов, среди которых особого внимания заслуживает реакция восстановительного аминирования по Лейкарту-Валлаху.



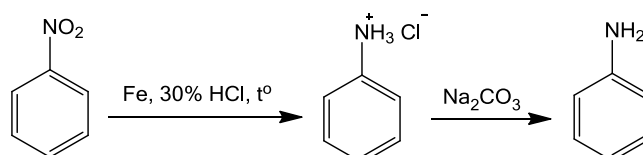
Основными недостатками данного метода являются высокая температура и длительность процесса вследствие малоактивности ароматического карбонильного субстрата (1), что сказывается и на выходе целевого амина (2). В связи с этим возникла необходимость разработки нового способа получения амина (2). Мы обратили внимание на возможность синтеза целевого амина через реакцию восстановительного аминирования с использованием гидроксилamina, поскольку процесс ведется при температуре до 100 °С и продолжительность его значительно меньше, чем в случае реакции Лейкарта-Валлаха.

Наиболее часто встречается информация, когда при восстановительном аминировании в качестве субстратов используют альдегиды или алкилкетоны, но практически отсутствует информация об использовании в этих реакциях малоактивных ароматических кетонa. Единственным близким карбонильным субстратом, обнаруженным нами, является ацетофенон [2].

Первым этапом исследовательской работы было получение оксима бензофенона (4) [3], вторым – его восстановление до амина (2).



Данная методика получения оксима является простой и дает высокие выходы, но возникает вопрос о дальнейшем его восстановлении. В промышленности часто используют дешевый способ восстановления железом в разбавленной соляной кислоте. Примером данного метода может послужить получение анилина восстановлением нитробензола.

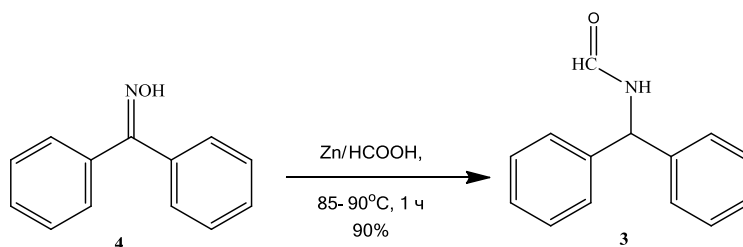


Мы апробировали данную систему для восстановления полученного оксима бензофенона, но образование бензгидриламина не было зафиксировано. Активность данной системы зависит от того, насколько мелкодисперсным является железо. Поэтому было решено задействовать нано железо. Для того, чтобы избежать перегруппировки Бекмана в качестве растворителя был взят водный раствор  $\text{NaHCO}_3$ .

К сожалению, данный метод не принес ожидаемого результата, восстановление оксима не было зафиксировано. Это можно объяснить тем, что в синтезе использовалось не просто нано железо, а железо покрытое оболочкой угля вследствие чего восстановление не прошло. Возможно, если разрушить данную оболочку или использовать железо без подобной оболочки, то данная реакция принесет результат.

Так же в ходе наших исследований, мы подобрали систему  $\text{Zn/HCOOH}$ , которая успешно восстанавливает оксим бензофенона до формамида, который при гидролизе образует целевой амин (2).





Таким образом, дальнейшая работа будет направлена на получение замещенных бензгриламинов реакцией восстановления соответствующих кетоксимов с целью их последующего использования в синтезе замещенных бензгидрилмочевин.

Работа выполнена при финансовой поддержке Госзадания «Наука» № 2387 гранта РФФИ № 14-03-00743а.

#### Список литературы:

1. Печенкин А.Г., Тигнибидина Л.Г., Горшкова В.К. //Хим.-фарм.журн.1979. №5. С. 57-59.
2. K. Abraj, D. Channe Gowda // Synthetic Communications, Vol. 34, No. 4, pp. 599–605, p. 602 (2004)
3. Агрономов А.Е., Шабаров Ю.С. Лабораторные работы в органическом практикуме. – М.:Химия,1974. – 375с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛИГАНДНОГО ОКРУЖЕНИЯ НА СВЯЗЫВАНИЕ МОЛЕКУЛЫ ВОДОРОДА С ПОЛОВИННОЙ МОДЕЛЮ АКТИВНОГО ЦЕНТРА [NiFe]-ГИДРОГЕНАЗЫ

Еремина А.Д., Лыхин А.О  
Wollen07@yandex.ru

*Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры физической и неорганической химии, Кузубов А.А., СФУ.*

Снижение запасов ископаемого топлива и непрерывный рост цен на него, наряду с обеспокоенностью, связанной с глобальным потеплением, являются основными причинами поиска альтернативных источников энергии, способных заменить, в первую очередь, бензин и дизельное топливо. Согласно оценкам международного сообщества, водород относится к числу наиболее перспективных энергоносителей, превосходящих по чистоте моторные топлива [1]. Однако на данный момент использование водородного топлива не считается материально оправданным. Необходимым является снижение затрат, связанных производством и транспортировкой водорода. Одним из наиболее перспективных направлений является фотолиз воды, в основе которого лежит получение водорода каталитическим разложением воды под действием солнечного света [2]. Часто в роле веществ ускоряющих химическую реакцию выступают дорогие и редкие металлы платиновой группы [3,4]. Но настоящее время ведутся разработки по созданию нового поколения перспективных катализаторов на основе недорогих и широко распространенных переходных металлов, таких как железо или никель. Одним из подходов к их созданию является использование биологических катализаторов, например металлоэнзим [NiFe]-гидрогеназа, способный окислять и восстанавливать молекулярный водород [5,6]. За последние 10 лет был синтезирован ряд структурных моделей активного центра [NiFe]-гидрогеназы [7-9]. Тем не менее, оказалось, что эти модели неспособны катализировать окисление водорода. Чтобы понять причину отсутствия каталитической активности, необходимо определить механизм катализа и роль воздействия аминокислотного окружения на активный центр [NiFe]-гидрогеназы.

Механизм каталитического взаимодействия водорода с [NiFe]-гидрогеназой в настоящее время изучен достаточно плохо. Цианидные и карбонильные лиганды в биологических объектах встречаются редко, поэтому перспективным является исследование их влияния на свойства активных центров металлопротеинов, в частности, на энергию связывания с молекулярным водородом.

Целью настоящей работы являлось выявление при помощи квантово-химических расчетов наиболее энергетически выгодного для связывания с молекулярным водородом структурного аналога половинной модели [NiFe]-гидрогеназы.

В данной работе была рассмотрена как половинная модель активного центра [NiFe]-гидрогеназы, включающая атом Fe, окруженный двумя цианидными, двумя тиометильными и одной карбонильной группами так и ее различные модификации (рис.1). На начальном этапе проводилась оптимизация комплексов железа в синглетном и триплетном состоянии, расчеты PBE/def2-tzvpd показали, что энергетически более выгодным является синглетное состояние. Далее проводился поиск наиболее энергетически выгодного положения молекулы водорода относительно комплекса в синглетном состоянии. Оптимизация геометрических параметров комплекса со связанным водородом проводилась до достижения минимального значения энергии, что соответствует образованию устойчивой системы. Таким образом, был определен наиболее энергетически выгодный конформер (структура 1, рис. 1), который и был использован для выбора функционалов плотности, наиболее корректно описывающего данную систему.

В рамках формализма теории функционала плотности в базисных наборах def2-tzvp и def2-tzvpd была оптимизирована геометрия комплекса двухвалентного железа в синглетном состоянии с помощью обменно-корреляционного функционала PBE и различных гибридных функционалов: PBE0, M06, B3LYP. Также была использована дисперсионная поправка для PBE и B3LYP функционалов. Расчеты выполнялись в квантово-химическом пакете GAMESS [10,11] до достижения стандартных критериев сходимости. Расчет энергии связывания водорода с активным центром проводился по следующей формуле:

$$E_b = E_{\text{АЦ}} + E_{\text{H}_2} - E_{\text{АЦ+H}_2}, \quad (1)$$

где  $E_b$  – энергия связывания,  $E_{\text{АЦ+H}_2}$  – полная энергия активного центра со связанным водородом,  $E_{\text{АЦ}}$  – полная энергия активного центра,  $E_{\text{H}_2}$  – полная энергия молекулы водорода.

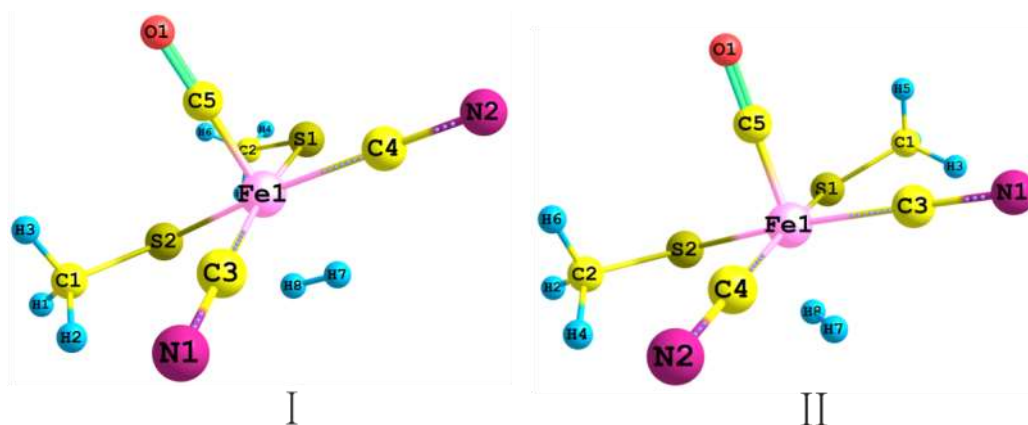


Рисунок 10. Структуры половинной модели [NiFe]-гидрогеназы оптимизированные PBE без наложения ограничений по симметрии (I) и с симметрией  $C_s$  (II)

Положительные значения энергии связывания свидетельствует об энергетической выгоде присоединения водорода. Отрицательные энергии характеризуют систему, как находящуюся в метастабильном состоянии.

Для выбора функционала, наиболее корректно описывающего данную систему, проводился расчет высокоточным методом связанных кластеров с учетом одинарных, двойных (CCSD) и

тройных возбуждений (CCSD(T)) [12]. Наиболее согласованными с CCSD(T) оказались функционалы PBE и B3LYP. Для исследования влияния природы лигандов на связывание молекулярного водорода с половинной моделью активного центра [NiFe]-гидрогеназы были смоделированы структуры комплексов как двухвалентного железа в синглетном и триплетном состояниях так и трехвалентного железа в дублетном состоянии. В данных комплексах варьировалось соотношение между карбонильными и цианидными лигандами. В данных комплексах варьировалось соотношение между карбонильными и цианидными лигандами. Оптимизированные структуры комплексов с молекулярным водородом  $[\text{Fe}(\text{SCH}_3)_2(\text{CO})_3]^{0/1+}$ ,  $[\text{Fe}(\text{SCH}_3)_2(\text{CN})_3]^{3-/2-}$ ,  $[\text{FeCN}(\text{SCH}_3)_2(\text{CO})_2]^{1-/0}$  представлены на рисунке 2. Комплексы двухвалентного и трехвалентного железа в разных спиновых состояниях имеют идентичные геометрии.

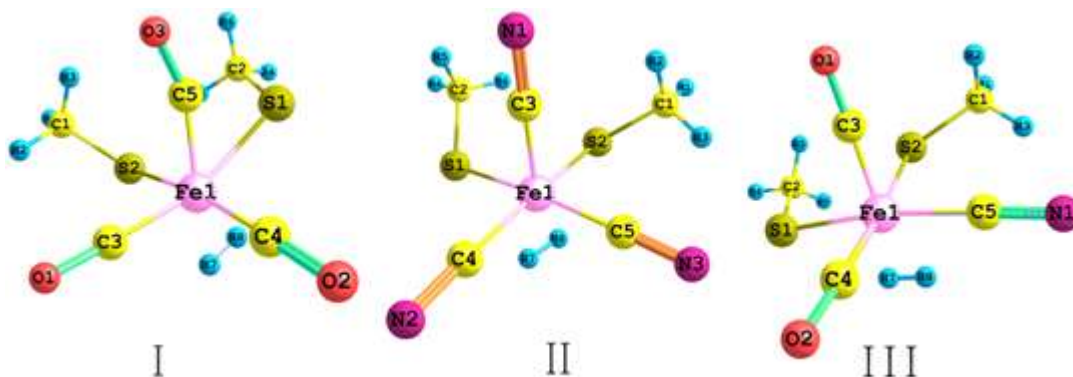


Рисунок 2. Структуры половинной модели [NiFe]-гидрогеназы оптимизированные с помощью функционала PBE: I -  $[\text{Fe}(\text{SCH}_3)_2(\text{CO})_3]^{0/1+}$ , II -  $[\text{Fe}(\text{SCH}_3)_2(\text{CN})_3]^{3-/2-}$ , III -  $[\text{FeCN}(\text{SCH}_3)_2(\text{CO})_2]^{1-/0}$

Для всех структур атом железа находится в октаэдрическом поле лигандов. Оптимизация геометрий и расчет энергий связывания водорода проводились с использованием набора базисных функций def2-tzvpd, кроме того для получения наиболее точного значения энергии, были проведены расчеты энергии нулевых колебаний. Результаты расчетов представлены в таблице 1 и 2. Расчеты показали, что наибольшей энергией связывания характеризуются синглетный комплекс двухвалентного железа с тремя цианидными и дублетный комплекс трехвалентного железа с тремя карбонильными лигандами. Триплетные комплексы двухвалентного железа не связываются с молекулой водорода, за исключением комплекса с тремя цианидами лигандами, однако энергии связи молекулы с комплексом, рассчитанные B3LYP и PBE имеют самые низкие значения по сравнению с другими структурами. Подобное поведение комплекса обусловлено тем, что в высокоспиновом состоянии все d орбитали железа заполнены, что нивелирует эффект донирования электронной плотности с молекулы водорода.

Таблица 1. Энергии связывания водорода с активным центром гидрогеназы и длины связи в зависимости от лигандного окружения, рассчитанные функционалом PBE в базисном наборе def2-tzvpd

Состав комплекса	$\text{Fe}(\text{SCH}_3)_2(\text{CO})_3$		$\text{Fe}(\text{SCH}_3)_2(\text{CN})_3$		$\text{FeCN}(\text{SCH}_3)_2(\text{CO})_2$		$\text{Fe}(\text{CN})_2(\text{SCH}_3)_2\text{CO}$	
Степень окисления железа и мультиплетность комплекса	Fe(II) M-1	Fe(III) M-2	Fe(II) M-1	Fe(III) M-2	Fe(II) M-1	Fe(III) M-2	Fe(II) M-1	Fe(III) M-2
$E_b(\text{Fe-H2})$ , ккал/моль	-9,36	-0,22	0,40	-2,67	-7,95	-4,09	-6,10	-4,06
$r(\text{Fe-H7})$ , Å	1,74	1,69	1,66	1,70	1,76	1,76	1,79	1,76
$r(\text{Fe-H8})$ , Å	1,76	1,68	1,66	1,71	1,78	1,76	1,78	1,76
$r(\text{H7-H8})$ , Å	0,81	0,83	0,84	0,82	0,81	0,80	0,80	0,80

Таблица 2. Энергии связывания водорода с активным центром гидрогеназы и длины связи в зависимости от лигандного окружения, рассчитанные функционалом B3LYP в базисном наборе def2-tzvpd

Состав комплекса	Fe(SCH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (CO) <sub>3</sub>		Fe(SCH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (CN) <sub>3</sub>		FeCN(SCH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (CO) <sub>2</sub>		Fe(CN) <sub>2</sub> (SCH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
Степень окисления железа и мультиплетность комплекса	Fe(II) M-1	Fe(III) M-2	Fe(II) M-1	Fe(III) M-2	Fe(II) M-1	Fe(III) M-2	Fe(II) M-1	Fe(III) M-2
E <sub>b</sub> (Fe-H <sub>2</sub> ), ккал/моль	-10,42	3,73	2,43	-2,65	-3,03	-1,99	-1,60	-1,21
r(Fe-H7), Å	1,79	1,73	1,72	1,70	1,79	1,81	1,83	1,81
r(Fe-H8), Å	1,75	1,72	1,72	1,71	1,80	1,81	1,81	1,81
r(H7-H8), Å	0,79	0,79	0,79	0,82	0,78	0,78	0,77	0,78

В сравнении со свободной молекулой водорода длина связи H7-H8 в синглетном комплексе двухвалентного железа с тремя цианидными группами увеличилась от 0,74 до 0,84 Å, что свидетельствует об образовании комплекса Кубаса. В связи с этим для модификации структурных аналогов активного центра [NiFe]-гидрогеназы перспективным является замещение одного карбонильного лиганда на цианидный.

Таким образом, полученные данные могут быть использованы для изучения особенностей механизмов катализа водорода на моделях активных центров металлоэнзимов, содержащих атомы переходных элементов. Малое растяжение связи в молекуле водорода свидетельствует о преобладающем влиянии переноса электронной плотности с лиганда на металл. Несмотря на то, что оба лиганда и цианидный, и карбонильный относятся к лигандам сильного поля, комплексы с их комбинациями связываются с молекулой водорода слабее, нежели комплексы состава Fe(SCH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(CN)<sub>3</sub><sup>3-</sup> и [Fe(SCH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(CO)<sub>3</sub>]<sup>1+</sup>, которые характеризуется наиболее выгодной энергией связывания.

### Список литературы

1. A.J. Esswein, D.G. Nocera // Chem. Rev., v. 107, p. 4022–4047, (2007).
2. T.M. Nenoff, M.R. Berman, K.C. Glasgow, M.C. Cesa, H. Taft // Ind. Eng. Chem. Res., v. 51, p. 11819–11820, (2012).
3. K. Mori, S. Ogawa, M. Martis, H. Yamashita // J. Phys. Chem. C, v. 116, p. 18873–18877, (2012).
4. R.S. Khnayzer, L.B. Thompson, M. Zamkov, S. Ardo, G.J. Meyer, C.J. Murphy, F.N. Castellano // J. Phys. Chem. C, v. 116, p. 1429–1438, (2012).
5. D.L. Nelson, M.M. Cox. Lehninger Principles of Biochemistry – 5th ed. – New York: W.H. Freeman, 2008. – 1294 p.
6. L.B. Brentner, J. Peccia, J.B. Zimmerman // Environ. Sci. Technol, v. 44, p. 2243–2254, (2010).
7. Y. Ohki, K. Tatsumi // European Journal of Inorganic Chemistry, v. 2011, p. 973–985, (2011).
8. B.E. Barton, M.T. Olsen, T.B. Rauchfuss // Current Opinion in Biotechnology, v. 21, p. 292–297, (2010).
9. D.M. Heinekey // Journal of Organometallic Chemistry, v. 694, p. 2671–2680, (2009).
10. C.E. Dykstra, G. Frenking, K.S. Kim, G.E. Scuseria Theory and applications of computational chemistry: the first forty years. – Amsterdam: Elsevier, 2005. – P. 1167–1189.
11. M. W. Schmidt, K. K. Baldridge, J. A. Boatz, S. T. Elbert, M. S. Gordon // Journal of Computational Chemistry, v. 14, p. 1347–1363, (1993).
12. P. Piecuch, S.A. Kucharski, K. Kowalski, M. Musial // Computer Physics Communications, v. 149, p. 71–96, (2002).

# ОБ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ, НАСЫЩЕННОЙ ЖИДКОСТЬЮ

Каракинова А.И.  
admwell@yandex.ru

*Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Дмитриев В.Л.,  
Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета*

## Введение

Большинство сред, встречающихся в природе и используемых в технике, не являются однородными и не могут быть отнесены к классу жидкостей, газов или твердых деформируемых тел. Различия в свойствах отдельных фаз, составляющих среду, и межфазные взаимодействия играют определяющую роль в динамике таких сред.

С точки зрения использования таких неоднородных сред в промышленности (в том числе строительстве), наиболее интересны пористые материалы. Они используются для звукоизоляции и теплоизоляции помещений, при решении ряда задач, связанных с проблемами подавления акустических, ударных и детонационных волн в газах, и т.д. Поэтому теоретическое и экспериментальное исследование распространения акустических волн в пористых средах существенно для развития представлений о процессах, сопровождающих применение современных технологий использования пористых материалов.

Первая математическая модель пористой среды была изложена в [1]. Модель представляла собой твердое тело (скелет), пронизанное длинными узкими каналами, заполненными жидкостью. В такой постановке она была очень идеализирована и неполна, и позволяла описать только характер затухания акустической волны, не объясняя при этом многие другие значимые механические эффекты. Впоследствии был разработан целый ряд теоретических и полуэмпирических моделей, которые также имели весьма существенные недостатки. Так, например, в [2] поведение пористого скелета описывалось линейным соотношением упругости, сила межфазного взаимодействия представлена в виде стационарной силы вязкого трения.

Дальнейшее развитие теории распространения акустических волн получила в фундаментальных исследованиях М.А. Био (1954-1962). Линейная теория деформации упругой пористой среды, содержащей вязкую жидкость, была разработана автором еще в 1941 году в предположении, что среда статистически изотропна. В дальнейшем эта теория была распространена на случай анизотропной упругой пористой среды. В работах Био показано, что в насыщенных пористых средах распространяется поперечная волна и продольные волны первого и второго рода, обусловленные разной сжимаемостью жидкости и пористого скелета (М.А. Био назвал их соответственно "быстрой" и "медленной").

Начало новому этапу развития механики многофазных сред положила статья Х.А. Рахматуллина "Основы газодинамики взаимопроникающих движений сжимаемых сред" [3]. Работа объединила достижения, идеи и методы газодинамики, механики взаимопроникающих континуумов и реальных процессов межфазного взаимодействия.

Впоследствии Р.И. Нигматулин (1978, 1987), используя пространственное осреднение, получил уравнения многоскоростного движения и теплообмена многофазных сред и рассмотрел выражения для внутренних и межфазных взаимодействий в плотноупакованных зернистых, порошкообразных и пористых средах [4-6].

В сухой насыщенной газом пористой среде влияние теплообменных процессов на распространение волн исследовано в работе [7]. Указаны области частот, когда затухание волн в насыщенной газом пористой среде определяется в основном теплообменными процессами. В работе [8] рассмотрено влияние теплообменных процессов на распространение волн во влажной насыщенной газом пористой среде.

Исследование процессов, связанных с прохождением акустических волн через пористую преграду, насыщенную газом, рассматривается, например в работах [9, 10, 11]. В работе [11] рассмотрены случаи «открытой» и «закрытой» границ пористой преграды. Проанализировано влияние параметров пористой среды: начального значения газосодержания и размеров пор, а также межфазного теплообмена на эволюцию волнового импульса.

## Основные уравнения

Рассмотрим полубесконечную насыщенную жидкостью пористую среду. Система макроскопических уравнений масс и импульсов для рассматриваемой системы в целом и для жидкой фазы имеет вид, аналогичный системе, описанной в работах [7, 8]:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \rho_j}{\partial t} + \rho_{j0} \frac{\partial v_j}{\partial x} &= 0, \quad \rho_{l0} \frac{\partial v_l}{\partial t} + \rho_{s0} \frac{\partial v_s}{\partial t} = \alpha_{s0} \frac{\partial \sigma_s}{\partial x} - \alpha_{l0} \frac{\partial p_l}{\partial x}, \quad \rho_{l0} \frac{\partial v_l}{\partial t} = -\alpha_{l0} \frac{\partial p_l}{\partial x} - F, \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} &= \frac{1}{E_s} \frac{\partial \sigma_s}{\partial t} + \frac{\sigma_s}{\mu_s}, \quad \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{\partial v_s}{\partial x}, \quad F = F_m + F_\mu + F_B, \quad F_m = \frac{1}{2} \eta_m \alpha_{l0} \alpha_{s0} \rho_l^0 \left( \frac{\partial v_l}{\partial t} - \frac{\partial v_s}{\partial t} \right), \\ F_\mu &= \frac{9}{2} \eta_\mu \alpha_{l0} \alpha_{s0} \mu_l (v_l - v_s) a_0^{-2}, \quad F_B = 6 \eta_B \alpha_{l0} \alpha_{s0} a_0^2 \sqrt{\pi \rho_g^0 \mu_g} \int_{-\infty}^t \frac{\partial}{\partial \tau} (v_l - v_s) \frac{d\tau}{\sqrt{t-\tau}}.\end{aligned}$$

где  $\rho_j$  и  $v_j$  – плотность и скорость  $j$ -й фазы,  $p_l$  – давление в жидкой фазе,  $\alpha_s$  и  $\alpha_l$  – объемные содержания твердой и жидкой фаз соответственно,  $\sigma_s$  – напряжение,  $E_s$  и  $\mu_s$  – объемный модуль упругости и коэффициент динамической вязкости пористого скелета соответственно,  $F_m$  – сила присоединенных масс,  $F_\mu$  – аналог силы вязкого трения Стокса,  $F_B$  – сила Бассэ,  $\mu_l$  – динамическая вязкость жидкости,  $\eta_m, \eta_\mu, \eta_B$  – коэффициенты, зависящие от параметров пористой среды. Нижний индекс  $j = s, l$  будем относить к параметрам скелета и жидкости в порах.

Решение приведенной системы уравнений ищем в виде затухающих бегущих волн:

$$\rho_j^0, v_j, p_j, \alpha_j \cong \exp[i(Kx - \omega t)], \quad K = k + i\delta,$$

где  $\omega$  – круговая частота,  $K$  – комплексное волновое число,  $\delta$  – коэффициент затухания.

После некоторых преобразований, получим следующее дисперсионное соотношение:

$$\begin{aligned}\frac{K}{\omega} &= \pm \frac{1}{C_l \sqrt{2}} \sqrt{B_1 + B_2 \tilde{N}^2 \pm \sqrt{(B_1 + B_2 \tilde{C}^2)^2 - 4B_3 \tilde{C}^2}}, \\ B_1 &= 1 + i\chi_V \alpha_{s0}, \quad B_2 = \chi_\mu (1 + i\beta \chi_V), \quad \beta = \frac{\rho_{l0}^0}{\rho_{s0}^0}, \quad \tilde{N} = \frac{\tilde{N}_l}{C_s}, \quad C_s = \sqrt{\frac{E_s}{\rho_{s0}^0}}, \quad B_3 = \chi_\mu (1 + i\chi_V (\alpha_{s0} + \beta \alpha_{l0})), \\ \chi_V &= \frac{1}{\omega \tau^*}, \quad \chi_\mu = 1 + \frac{iE_s}{\mu_s \omega}, \quad \tau^{*-1} = \frac{1}{2} \left( -i\omega \eta_m + 9\eta_\mu v_l a_0^{-2} + \frac{9}{2} \eta_B (1-i) a_0^{-1} \sqrt{2v_l \omega} \right), \quad v_l = \frac{\mu_l}{\rho_{l0}^0},\end{aligned}$$

где  $C_l, C_s$  – фазовые скорости волны в жидкости и в скелете пористой среды соответственно.

Коэффициент  $\chi_V$  учитывает влияние нестационарных сил межфазного взаимодействия между скелетом и жидкостью, насыщающей поры среды, на динамику "быстрой" и "медленной" волн, распространяющихся в пористой среде. Коэффициент  $\chi_\mu$  учитывает влияние вязких свойств материала скелета пористой среды.

## Результаты расчета

Численные расчеты по дисперсионному соотношению проведены для систем «резина – вода» и «алюминий – вода». Параметры фаз взяты при температуре среды 300 К. Характерные размеры среды изменялись от  $a_0 = 10^{-3}$  м до  $a_0 = 10^{-4}$  м. Объемное содержание воды в принято равным  $\alpha_{l0} = 0,9$ .

Получено, что затухание "медленной" и "быстрой" волны увеличивается с уменьшением размеров пор и с увеличением частоты (при уменьшении размеров пор на порядок затухание волн увеличивается примерно также на порядок). Затухание "медленной" волны в области низких частот больше для крупнодисперсной пористой среды, а для более высоких частот затухание сильнее в среде с мелкими порами. В случае, когда скелет пористой среды представляет собой металлический каркас (алюминий), "быстрая" волна затухает меньше, чем "медленная".

Дисперсность пор среды также оказывает сильное влияние на скорость распространения "быстрой" волны. Скорость "медленной" волны, когда в качестве скелета пористой среды выступает обычная и жесткая резина соответственно, практически одинакова во всем частотном диапазоне, однако несколько выше (около  $1600$  м/с), чем для чистой воды. Если скелет пористой среды –

металл, то скорости обоих типов волн сильно зависят от размеров пор – для более мелкодисперсных сред наблюдается сильное уменьшение скорости распространения волн в области низких частот, по сравнению со скоростями распространения в однородных средах, соответствующих фазам рассматриваемой насыщенной пористой среды.

При переходе к более жесткой резине затухание "быстрой" волны уменьшается, а скорость ее распространения увеличивается; затухание "медленной" волны при этом растет, как и скорость ее распространения (на высоких частотах превышает  $1600 \text{ м/с}$ ).

Показано также, что затухание "быстрой" волны практически не зависит от водонасыщенности, а "медленная" волна затухает интенсивнее при меньшей водонасыщенности. Скорость распространения "медленной" волны мало зависит от водонасыщенности, и при данных размерах пор соответствует скорости волны в чистой жидкости (около  $1500 \text{ м/с}$ ). Скорость распространения "быстрой" волны не зависит от водонасыщенности пористой среды.

### Заключение

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Затухание "медленной" и "быстрой" волн увеличивается с уменьшением размеров пор и с увеличением частоты (при уменьшении размеров пор на порядок затухание волн увеличивается также на порядок). Затухание "медленной" волны в области низких частот больше для крупнодисперсной среды, а для более высоких частот затухание сильнее в среде с мелкими порами. В случае, когда скелет пористой среды представляет собой металлический каркас, "быстрая" волна затухает меньше, чем "медленная", что связано с вязкоупругими свойствами каркаса.

Подбором соответствующих параметров (как скелета, так и насыщающей жидкости), можно подобрать пористую среду с необходимыми свойствами. Результаты работы также можно использовать с целью определения акустическими способами свойств насыщающей пористую среду жидкости.

### Литература

1. Crandall I.B. Theory of Vibrating System and Sound. N.Y.: D. Van Nostrand. 1927. 172 p.
2. Френкель Я.И. К теории сейсмических и сейсмoeлектрических явлений во влажной почве. Изв. АН СССР. Сер. географ и геоф. 1944. Т.8. № 4.
3. Рахматуллин Х.А. Основы газодинамики взаимопроникающих движений сжимаемых сред // ПММ. 1956. Т. 20. № 2. С. 184-195.
4. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред. – М.: Наука. 1978. 336 с.
5. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч. 1. – М.: Наука. 1987. 464 с.
6. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч. 2. – М.: Наука. 1987. 360 с.
7. Шагапов В.Ш., Хусаинов И.Г., Дмитриев В.Л. Распространение линейных волн в насыщенных газом пористых средах с учетом межфазного теплообмена. // ПМТФ. 2004. Т.45. № 4. С. 114-120.
8. Володин С.В., Дмитриев В.Л., Хусаинов И.Г. Распространение линейных волн во влажных насыщенных газом пористых средах // Теплофизика высоких температур. 2009. Т. 47. №5. С. 734-740.
9. Болдырева О.Ю., Губайдуллин А.А., Дудко Д.Н., Кутушев А.Г. Численное исследование передачи ударно-волновой нагрузки экранируемой плоской стенкой через слой порошкообразной среды и разделяющий их воздушный зазор // Физика горения и взрыва. 2007. Т. 43. № 1. С. 773-775.
10. Губайдуллин А.А., Дудко Д.Н., Урманчеев С.Ф. Воздействие воздушных ударных волн на преграды, покрытые пористым слоем // Вычислительные технологии. 2001. Т. 6. № 3. С. 3-18.
11. Хусаинов И.Г., Дмитриев В.Л. Исследование эволюции волнового импульса при прохождении через пористую преграду // ПМТФ. 2011. Т.52. № 5. С. 136-145.

# МЕТОДЫ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Корноухова Е.В.  
winterhof@sibmail.com

*Научный руководитель: инженер кафедры ПФ ФТИ, Шкитов Д.А., НИ ТПУ*

На сегодняшний день исследования в области физики элементарных частиц являются одной из важных составляющих в современной науке. Появление более совершенных технологий и новых знаний, способных дать ответы на фундаментальные вопросы о свойствах материи, безусловно, вносит ощутимый вклад в развитие знаний об окружающем нас мире. Но с появлением новых технологий и знаний возникает необходимость и в теоретических средствах анализа данных, полученных в результате экспериментов. Именно поэтому актуально освоение различных методов расчёта характеристик изучаемых систем и обработки экспериментальных данных.

Целью данной работы является изучение методов расчета характеристик поляризационного излучения (дифракционного и переходного излучения) на основе двух подходов, так называемых, метода псевдофотонов и метода изображений.

В методе псевдофотонов используется сходство поля движущейся заряженной частицы с импульсом электромагнитного поля и устанавливается связь между эффектами, возникающими при соударениях релятивистской заряженной частицы с некоторой системой, и соответствующими эффектами, обусловленными взаимодействием излучения (виртуальных фотонов) с этой же системой. С помощью данного метода может быть произведен расчет излучения, возникающего при прохождении частиц с произвольной скоростью через среду со случайно расположенными неоднородностями. Возмущающее действие полей налетающей частицы заменяется эквивалентным импульсом излучения, который можно представить в виде спектрального разложения по виртуальным фотонам. Метод виртуальных фотонов применим тогда, когда возмущение, обусловленное полями, можно считать малым, и связано с допущением о малом смещении рассеивающей частицы за время соударения [1, 2].

Расчетная формула, по которой определяется спектральная плотность излучения, имеет следующий вид:

$$\frac{d^2W}{d\omega dQ} \sim |E_x|^2 + |E_y|^2, \text{ где:}$$

1. Для пролета частицы сквозь круглое отверстие

$$E_x = \frac{ie}{2\pi^2 c} \frac{q}{q^2 + a^2} J_0(qa) \cos \psi, \quad E_y = \frac{ie}{2\pi^2 c} \frac{q}{q^2 + a^2} J_0(qa) \sin \psi, \quad q = k * \sin Q,$$

$E_x$  – продольная поляризация излучения,

$E_y$  – поперечная поляризация излучения,

$k$  – волновой вектор излучения,

$a$  – диаметр отверстия,

$c$  – скорость света,

$J_0$  – функция Бесселя первого рода,

$Q$  – полярный угол в сферической системе координат,

$\psi$  – азимутальный угол в сферической системе координат.

2. Для пролета частицы сквозь щель

$$E_x = \frac{iek_x}{4\pi^2 cf} \left( \frac{e^{-a_1(f-ik_y)}}{f-ik_y} + \frac{e^{-a_2(f+ik_y)}}{f+ik_y} \right), \quad E_y = \frac{e}{4\pi^2 c} \left( \frac{e^{-a_1(f-ik_y)}}{f-ik_y} - \frac{e^{-a_2(f+ik_y)}}{f+ik_y} \right),$$

$k_x, k_y$  – компоненты волнового вектора по оси  $x$  и  $y$ ,

$a_1, a_2$  – расстояния от точки влета частицы до краев щели,

$$f = \sqrt{k_x^2 + \alpha^2}.$$

Метод изображений применяется с учетом реальных условий движения частицы в среде. Для этого необходимо вычислить поле излучения произвольно движущейся заряженной частицы при наличии границы раздела сред. Метод основан на возможности представления поля заряженной



частицы в виде совокупностей полей диполей, расположенных вдоль траектории, введении изображений этих диполей и нахождении поля произвольно движущейся заряженной частицы, выраженного непосредственно по закону её движения [3].

Спектральная плотность энергии излучения на единицу телесного угла определяется по формуле:

$$\frac{d^2 W}{d\omega dQ} = cR^2 |H_\omega|^2, \text{ где:}$$

$$H_\omega = \frac{\omega}{c} k \Pi_\omega,$$

$\Pi_\omega$  – сумма векторов Герца для поперечной и продольной поляризации,

Для расчёта спектральной плотности энергии излучения необходимо шесть векторов Герца, характеризующих излучение различных поляризаций частицы, диполя и его изображения. Данные выражения имеют довольно громоздкий вид и, чтобы не занимать много места, в тексте доклада не приведены.

На рисунках 1-3 представлены графики зависимости спектральной плотности энергии от различных параметров, для обоих методов.

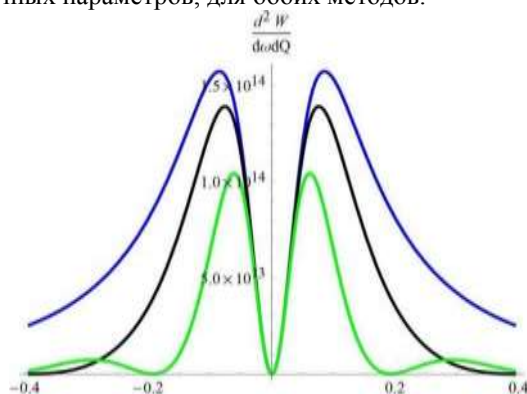


Рисунок 1. График зависимости спектральной плотности энергии излучения для метода псевдофотонов, при пролете частицы через круглое отверстие от угла обзора  $Q$  для различных диаметров отверстия (0.5мм (зеленая линия), 1мм (черная линия), 5мм (синяя линия))

$E=6 \text{ МэВ}$ ,  $\lambda=5 \text{ мм}$ ,  $a=1 \text{ мм}$ ,  $\psi=1 \text{ рад}$ .

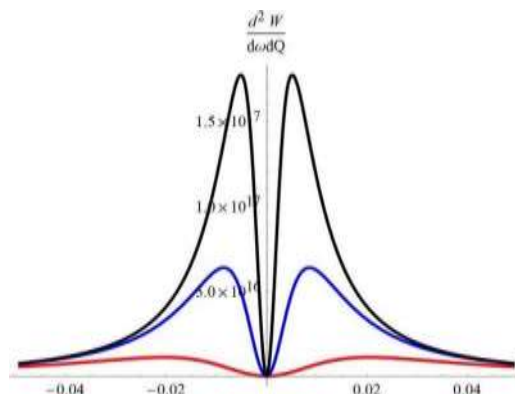


Рисунок 2. График зависимости спектральной плотности энергии излучения для метода псевдофотонов, при пролете через щель от угла обзора  $Q$  для различных энергий налетающей частицы (25МэВ (красная линия), 60МэВ (синяя линия), 100МэВ (черная линия)).

$a_1=0,1 \text{ мм}$ ,  $a_2=0,9 \text{ мм}$ ,  $\lambda=10 \text{ мм}$ ,  $\psi=\pi/2 \text{ рад}$ .

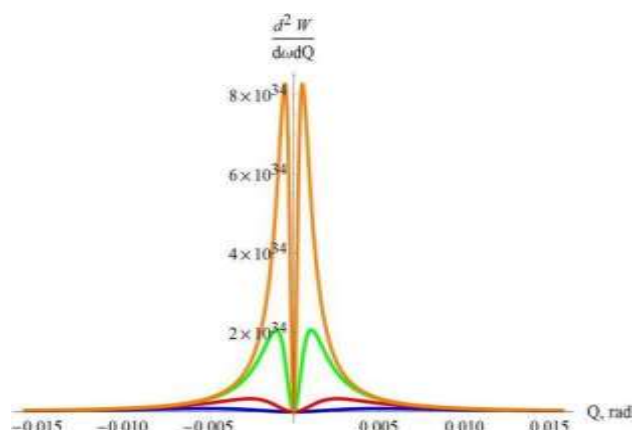


Рисунок 3. График зависимости спектральной плотности энергии излучения для метода изображений от угла обзора  $Q$  для различных энергий налетающей частицы (100 МэВ (синяя линия), 200 МэВ (красная линия), 500 МэВ (зеленая линия), 1000 МэВ (оранжевая линия)).  $\lambda=5 \text{ мм}$ ,  $\psi=\pi/2 \text{ рад}$ .

По представленным графикам видно, что полученные зависимости совпадают со стандартным распределением спектральной плотности энергии по углам. Симметричные максимумы приходятся на углы порядка  $\frac{1}{\gamma} = 1 - \frac{v^2}{c^2}$ .

Минимум в центре обусловлен интерференцией излучения от краев мишеней.

С увеличением диаметра круглого отверстия (Рисунок 1) спектральная плотность энергии увеличивается, так как увеличивается доля излучения, прошедшего сквозь отверстие.

С увеличением энергии налетающей частицы спектральная плотность энергии также растет при постоянной длине волны излучения.

В ходе проделанной работы были проведены следующие расчеты:  
1. для метода псевдофотонов были рассмотрены две задачи: пролет заряженной частицы через круглое отверстие и пролет сквозь щель, при различных начальных характеристиках (энергия частицы, длина волны излучения) и различных параметров отверстия и щели (размеры, точка влета частицы).

2. для метода изображений была рассчитана спектральная плотность энергии переходного излучения, возникающего при пролёте заряженной частицы через границу раздела сред, в зависимости от угла обзора и для различных энергий частицы.

Список использованных источников

1. Джексон Дж. Классическая электродинамика – М.: Издательство «Мир», 1965 – 702 с.
2. Тер-Микаелян М.Л. Влияние среды на электромагнитные процессы при высоких энергиях – Ереван: Издательство Академии наук Армянской ССР, 1969 – 459 с.
3. Пафомов В.Е. Излучение заряженной частицы при наличии границ раздела – Труды ШИАН СССР, 1969 – т. 64, 167 с.

## КВАЗИКЛАССИЧЕСКИЕ ТРАЕКТОРНО-КОГЕРЕНТНЫЕ СОСТОЯНИЯ ДВУМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ ТИПА ХАРТРИ

Кулагин А.Е.

E-mail: aek8@tpu.ru

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. А.Ю. Трифонов  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

Двумерное уравнение типа Хартри

$$\left\{ -i\hbar\partial_t - \frac{\hbar^2}{2m}\Delta + \frac{ky^2}{2} + \lambda V_0 \int_{\mathbb{R}^2} W(\mathbf{x}, \mathbf{x}') |\Psi(\mathbf{x}', t)|^2 d\mathbf{x}' \right\} \Psi(\mathbf{x}, t) = 0, \quad (1)$$

где  $W(\vec{x}, \vec{x}') = \exp \left[ -\frac{(x-x')^2}{\gamma_1^2} - \frac{(y-y')^2}{\gamma_2^2} \right]$ ,  $\mathbf{x} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ ,  $\lambda V_0 < 0$ , используется для описания бозе-эйнштейновского конденсата в поле магнитной ловушки. Слагаемое  $ky^2/2$  описывает потенциал магнитной ловушки, а  $W(\mathbf{x}, \mathbf{x}')$  – потенциал взаимодействия.

Обозначим  $\alpha^{k,l,m,n}$  центральные моменты волновой функции

$$\alpha^{k,l,m,n}(t)[\Psi] = \frac{1}{\|\Psi\|^2} \int_{\mathbb{R}^2} \Psi^*(x, y, t) \{ (\Delta x)^k (\Delta y)^l (\Delta \hat{p}_x)^m (\Delta \hat{p}_y)^n \} \Psi(x, y, t) dx \quad (2)$$

где  $\Delta \mathbf{x} = \mathbf{x} - \mathbf{X}(t)$ ,  $\Delta \hat{\mathbf{p}} = \hat{\mathbf{p}} - \mathbf{P}(t)$ ,  $\hat{\mathbf{p}} = -i\hbar\nabla$ , а  $\mathbf{X}(t)$  и  $\mathbf{P}(t)$  – первые начальные моменты волновой функции. Фигурными скобки обозначают упорядочивание по Вейлю (см. [2]). В работе [1] было показано, что на классе траекторно сосредоточенных функций справедливы оценки

$$\alpha^{k,l,m,n} = O(\hbar^{(k+l+m+n)/2}), \quad (\Delta \mathbf{x})^v = \hat{O}(\hbar^{|v|/2}) \quad (2a)$$

Первые начальные моменты определяются стандартным образом:

$$\mathbf{X}(t)[\Psi] = \begin{pmatrix} X_x(t) \\ X_y(t) \end{pmatrix} = \int_{\mathbb{R}^2} \Psi^* \mathbf{x} \Psi dx, \quad \mathbf{P}(t)[\Psi] = \begin{pmatrix} P_x(t) \\ P_y(t) \end{pmatrix} = \int_{\mathbb{R}^2} \Psi^* \hat{\mathbf{p}} \Psi dx. \quad (3)$$

Продифференцировав выражения (3) с учетом уравнения (1) и коммутационного соотношения  $[\Delta x_j, \Delta \hat{p}_k] = i\hbar \delta_{jk}$  получим систему уравнений на первые начальные моменты

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{P}}(t) = -H_x(t), \\ \dot{\mathbf{X}}(t) = H_p(t). \end{cases} \quad (4)$$

Здесь обозначено  $H_x(t) = \begin{pmatrix} 0 \\ kX_y(t) \end{pmatrix}$ ,  $H_p(t) = \frac{\mathbf{P}(t)}{m}$ . Аналогично с точностью до моментов второго порядка получим уравнения на центральные моменты волновой функции

$$\begin{cases} \dot{\alpha}^{2,0} = 2H_{pp}\alpha^{1,1}, \\ \dot{\alpha}^{0,2} = -2H_{xx}\alpha^{1,1}, \\ \dot{\alpha}^{1,1} = H_{pp}\alpha^{0,2} - H_{xx}\alpha^{2,0}. \end{cases} \quad (5)$$

где обозначено  $H_{pp}(t) = \text{diag}\left(\frac{1}{m}; \frac{1}{m}\right)$ ,  $H_{xx}(t) = \text{diag}\left(-2||\Psi||^2 \lambda V_0 \frac{1}{\gamma_1^2}; k - 2||\Psi||^2 \lambda V_0 \frac{1}{\gamma_2^2}\right)$ ,

$$\alpha^{1,1} = \begin{pmatrix} \alpha^{1,0,1,0} \\ \alpha^{0,1,0,1} \end{pmatrix}, \quad \alpha^{2,0} = \begin{pmatrix} \alpha^{2,0,0,0} \\ \alpha^{0,2,0,0} \end{pmatrix}, \quad \alpha^{0,2} = \begin{pmatrix} \alpha^{0,0,2,0} \\ \alpha^{0,0,0,2} \end{pmatrix}.$$

Систему (4), (5) будем называть системой Гамильтона-Эренфеста 2-ого порядка.

С учетом оценок (2а) запишем

$$\begin{aligned} & \{-i\hbar \partial_t + \hat{H}_0(t, \zeta)\} \Psi(\mathbf{x}, t) = O(\hbar^{3/2}), \\ \hat{H}_0(t, \zeta) = & \frac{\langle \Delta \mathbf{p}, \Delta \hat{\mathbf{p}} \rangle + 2\langle \mathbf{P}(t), \Delta \hat{\mathbf{p}} \rangle + \langle \mathbf{P}(t), \mathbf{P}(t) \rangle}{2m} + \frac{k}{2} (\Delta y^2 + 2X_y(t) \Delta y + X_y^2(t)) \\ & + ||\Psi||^2 \lambda V_0 \left( 1 - \frac{1}{\gamma_1^2} \Delta x^2 - \frac{\alpha^{2,0,0,0}(t)}{\gamma_1^2} - \frac{1}{\gamma_2^2} \Delta y^2 - \frac{\alpha^{0,2,0,0}(t)}{\gamma_2^2} \right), \end{aligned} \quad (6)$$

где  $\zeta = (\vec{P}(0), \vec{X}(0), \alpha^{2,0}(0), \alpha^{1,1}(0), \alpha^{0,2}(0))$ .

Здесь моменты волновой функции заменены на решения уравнений (4) и (5) с начальными условиями, определяемыми начальным условием для волновой функции и соотношениями (2), (3). Квазиклассическая функция Грина уравнения (6) находится стандартным способом (см. например [1]) и имеет вид

$$\begin{aligned} G(\mathbf{x}, \mathbf{x}', t, s, \zeta) = & \frac{1}{2\pi i \hbar} \frac{1}{\sqrt{\det M_3(t, s)}} \exp \left\{ \frac{i}{\hbar} \left[ \int_s^t (\langle \mathbf{P}(\tau), \dot{\mathbf{X}}(\tau) \rangle - H(\tau)) d\tau + \langle \mathbf{P}(t), \Delta \mathbf{x} \rangle - \langle \mathbf{P}(s), \Delta \mathbf{x}' \rangle \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{1}{2} \langle \Delta \mathbf{x}, M_3^{-1}(t, s) M_1(t, s) \Delta \mathbf{x} \rangle - \langle \Delta \mathbf{x}, M_3^{-1}(t, s) \Delta \mathbf{x}' \rangle + \frac{1}{2} \langle \Delta \mathbf{x}', M_4(t, s) M_3^{-1}(t, s) \Delta \mathbf{x}' \rangle \right] \right\}. \end{aligned}$$

Пусть  $\Psi_0(\mathbf{x}, t)|_{t=s} = \varphi(\mathbf{x})$ . Тогда

$$\Psi_0(\mathbf{x}, t) = \int_{\mathbb{R}^2} \varphi(\mathbf{x}') G(\mathbf{x}, \mathbf{x}', t, s, \zeta) d\mathbf{x}', \quad (7)$$

Для начального условия вида

$$\varphi(\mathbf{x}) = A \sum_{k=1}^n N_k \exp \left\{ -\frac{(x - x_k \sqrt{\hbar})^2}{\gamma'_{k1} \hbar} - \frac{y^2}{\gamma'_{k2} \hbar} \right\}, \quad (8)$$

где  $N_k, n, x_k, \gamma'_{k1}, \gamma'_{k2}$  – некоторые константы,  $A$  – нормировочный коэффициент, интеграл (7) находится аналитически. На рис. 1 приведены графики  $|\Psi_0(\mathbf{x}, t)|^2$  для начального условия (8) в моменты времени  $t_1 = 1$ ,  $t_2 = 1.57$ ,  $t_3 = 3$ .

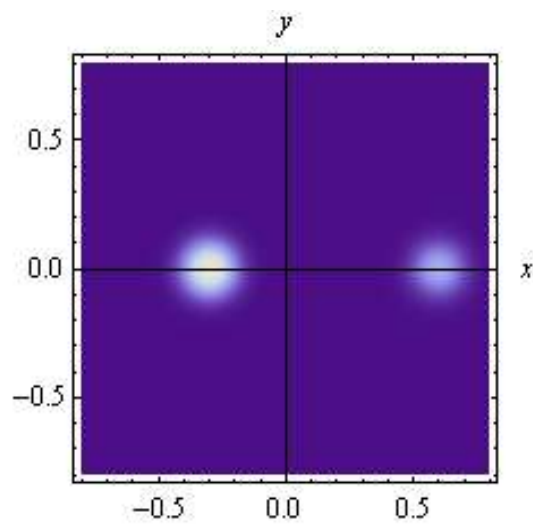


Рис. 1. График  $|\varphi(\mathbf{x})|^2$

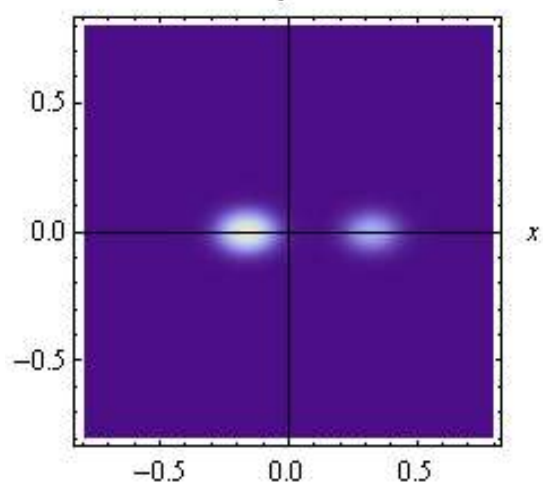


Рис. 2. График  $|\Psi_0(\mathbf{x}, t_1)|^2$

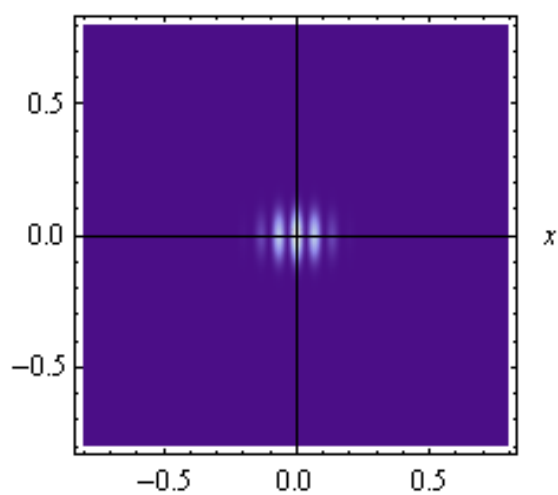


Рис. 3. График  $|\Psi_0(\mathbf{x}, t_2)|^2$

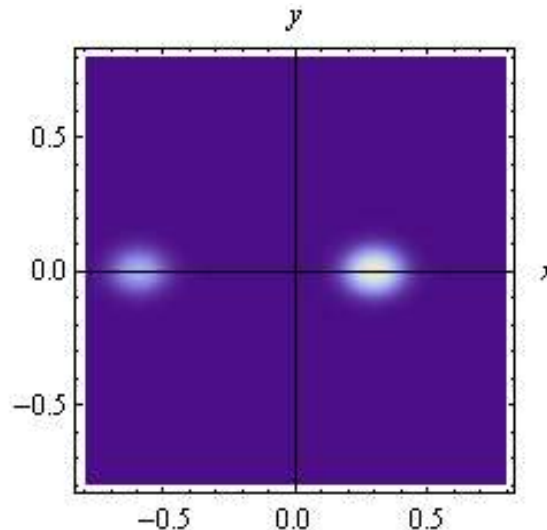


Рис. 4. График  $|\Psi_0(x, t_3)|^2$

Таким образом, функция  $|\Psi_0(x, t)|^2$  дупериодична по времени (колебания вдоль оси  $x$  и  $y$ ). Колебания вдоль оси  $y$  сопровождаются изменением остроты пиков, а колебания вдоль оси  $x$  представляют собой периодическое движение пиков, в результате которого пики за полпериода меняются местами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багров В.Г., Белов В.В., Трифонов А.Ю. Методы математической физики. Асимптотические методы: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 166 с.
2. Карасев М.В. О вейлевском и упорядоченном исчислении некоммутирующих операторов. – Матем. заметки, 1979, т. 26, вып. 6, с. 885-907.

### ОЦЕНКА ОТКЛОНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ДУГОВОЙ ПЛАЗМЫ ТЕРМОЭМИССИОННОГО ДИОДА ОТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

Пискунова Т.А.  
ta042@rambler.ru

*Научный руководитель: к.т.н., доцент ТПУ В.П. Зимин*

#### Введение

Термоэмиссионный преобразователь (ТЭП) - преобразователь тепловой энергии в электрическую на основе использования эффекта термоэлектронной эмиссии.

Дуговой режим ТЭП характеризуется большими плотностями токов  $J$  и значительным отклонением параметров плазмы от термодинамического равновесия [1, 2].

В связи с задачей количественного сравнения теоретических и экспериментальных данных возникает необходимость оценки отклонения распределений параметров плазмы термоэмиссионного диода от термодинамического равновесия (ТДР). Введение метрики также позволяет количественно оценивать экспериментальные распределения параметров плазмы, полученные для различных параметров диода, друг с другом [3].

Термодинамическое состояние плазмы изотермического ТЭП описывается следующими характеристиками параметров плазмы:  $T_E=T_C$ ,  $F_E=F_C$ ,  $T_e(x)=T(x)=T_E$ ,  $J_i(x)=J_e(x)=J=0$ ,  $n(x)=n_T$ , где  $T_E$ ,  $T_C$ ,  $F_E$ ,  $F_C$  – соответственно температуры и работы выхода эмиттера и коллектора;  $T_e(x)$ ,  $T(x)$  – распределения температуры электронов и тяжелых частиц;  $J_i(x)$ ,  $J_e(x)$  – распределения плотностей

токов электронов и ионов;  $J$  – плотность тока диода;  $n_T$  – плотность ТДР плазмы. На графиках распределения отличные от нуля представляют собой прямые, параллельные оси  $x$ , в межэлектродном зазоре размером  $d$  (Рис.1.).

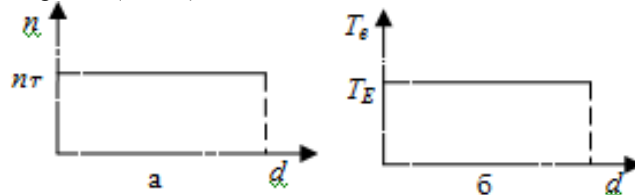


Рис. 1. Характеристики ТДР плазмы изотермического диода: концентрации  $n=n(x)$  (а) и температуры электронов  $T_e=T_e(x)$  (б)

Пространственные производные параметров ТДР плазмы изотермического диода тождественно равны нулю, следовательно, их фазовые портреты представляют собой точки, лежащие на оси абсцисс (Рис. 2.)

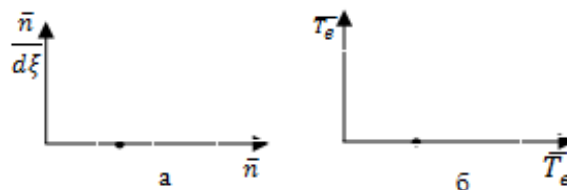


Рис. 2. Нормированные фазовые портреты характеристик равновесной плазмы изотермического диода: концентрации  $n=n(x)$  (а) и температуры электронов  $T_e=T_e(x)$  (б)

Для оценки отклонений будем использовать нормированные фазовые портреты (рис. 4–6) распределений параметров плазмы [5], построенные на основе экспериментальных данных [4] при  $T_E=915$  К,  $p_{Cs}=0,44$  мм рт.ст.,  $d=0,1$  см,  $n_T=1,081899667445814 \cdot 10^7$ .

Измерение отклонения состояния дуговой плазмы от ТДР состоит в вычислении площади на фазовой плоскости, заключенной между кривой нормированного фазового портрета каждого из распределений параметров плазмы и прямыми, соединяющими крайние точки фазового портрета, с точкой фазовой плоскости описывающей соответствующий нормированный фазовый портрет состояния ТДР плазмы изотермического термоэмиссионного диода.

Чтобы измерить упомянутые площади, достаточно разбить их на множество треугольников (рис. 3) и вычислить сумму площадей. В данной работе использовалась разбивка дуги фазового портрета на  $n=20$  частей.

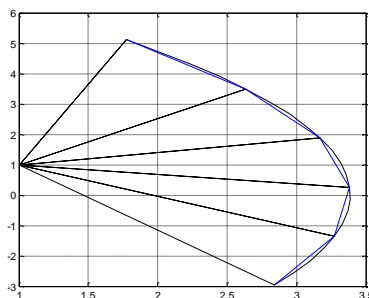


Рис. 3. Пример вычисления площади для  $n=5$  частей

Кроме выше указанной метрики, можно ввести вторую, которая основана на вычислении площади на фазовой плоскости, заключенной между кривой нормированного фазового портрета и прямыми, соединяющими крайние точки с началом координат. Такие прямые описывают эффективные граничные условия III рода.

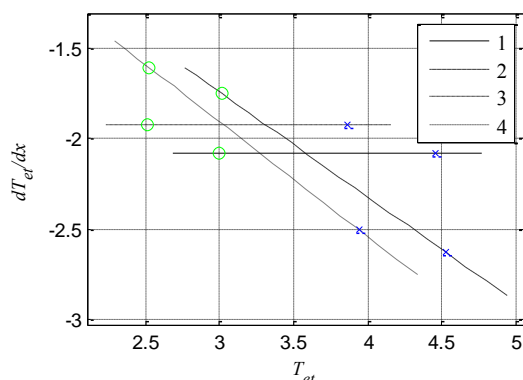


Рис. 4. Нормированные фазовые портреты распределения  $T_{et}=T_{et}(x)$  для 1, 2 –  $J=0,26 \text{ A/cm}^2$  и 3, 4 –  $J=0,33 \text{ A/cm}^2$ . 1, 4 – для аппроксимации полиномом 1-й степени; 2, 4 – для аппроксимации экспонентой

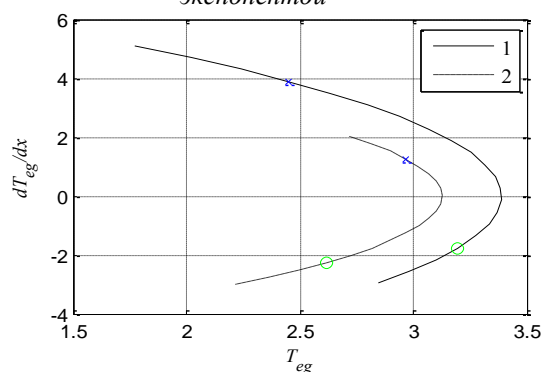


Рис. 5. Нормированные фазовые портреты распределения  $T_{eg}=T_{eg}(x)$  для 1 –  $J=0,26 \text{ A/cm}^2$  и 2 –  $J=0,33 \text{ A/cm}^2$  для аппроксимации полиномом 2-й степени.

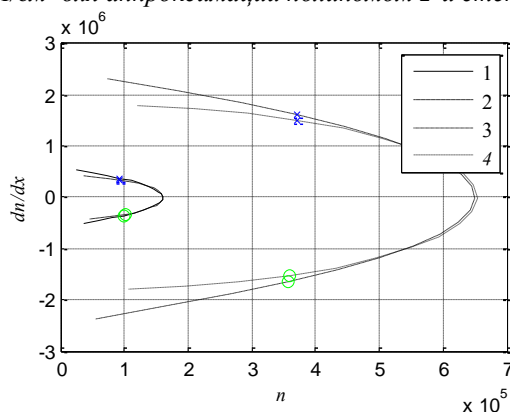


Рис. 6. Нормированные фазовые портреты распределения  $n=n(x)$  для 1, 2 –  $J=0,26 \text{ A/cm}^2$  и 3, 4 –  $J=0,33 \text{ A/cm}^2$ . 1, 3 – для квадратичной аппроксимации, 2, 4 – для синусоидальной

#### Полученные результаты и их обсуждение

Для проведения вычислений был использован математический пакет MatLab. Были получены следующие результаты: табл. 1.

Таблица 1. Значения отклонений параметров плазмы от термодинамического равновесия ( $S_1$ ) и от начала координат ( $S_2$ ).

Параметр	Вид приближающей функции $f(x)$	$S_1$ , отн. ед.	$S_2$ , отн. ед.
$T_{et1}(x)$ , К	$p_1 \cdot x + p_2$	2,162	2,162
	$a_1 \cdot \exp(b_1 \cdot x)$	0,633	$1,332 \cdot 10^{-14}$
$T_{et2}(x)$ , К	$p_1 \cdot x + p_2$	1,855	1,855
	$a_1 \cdot \exp(b_1 \cdot x)$	0,649	$7,772 \cdot 10^{-15}$
$T_{eg1}(x)$ , К	$p_1 \cdot x^2 + p_2 \cdot x + p_3$	11,274	15,312

$T_{eg2}(x), K$	$p_1 \cdot x^2 + p_2 \cdot x + p_3$	5,941	8,461
$n_1(x), cm^{-3}$	$p_1 \cdot x^2 + p_2 \cdot x + p_3$	$1,049 \cdot 10^{11}$	$1,049 \cdot 10^{11}$
	$a_2 \cdot \sin(b_2 \cdot x + c_2)$	$8,984 \cdot 10^{10}$	$8,984 \cdot 10^{10}$
$n_2(x), cm^{-3}$	$p_1 \cdot x^2 + p_2 \cdot x + p_3$	$1,975 \cdot 10^{12}$	$1,975 \cdot 10^{12}$
	$a_2 \cdot \sin(b_2 \cdot x + c_2)$	$1,661 \cdot 10^{12}$	$1,661 \cdot 10^{12}$

Исходя из представленных данных, значения отклонений от положения равновесия и от начала координат для концентрации  $n$  очень близки, в то время как для температур быстрых электронов  $T_{eg}$  эти показатели существенно различаются. Для температур тепловых электронов  $T_{et}$  нельзя однозначно расценивать, так как для линейной функции значения отклонения равны, однако для экспоненциальной приближающей функции второе значение  $\approx 0$ .

С увеличением  $J$  растет значение отклонений для  $n$ , уменьшается для  $T_{eg}$ , а для  $T_{et}$  имеет различное поведение для разных аппроксимирующих функций.

#### **Заключение**

В связи с незначительными изменениями значений отклонений от положения равновесия и от начала координат для концентрации  $n$ , нет необходимости искать отклонение от равновесного состояния плазмы, а достаточно воспользоваться граничными условиями III рода. Однако нельзя аналогично поступить при вычислении отклонений для температур электронов. Отклонения состояния дуговой плазмы существенно изменяются при увеличении значения плотности тока и имеют зависимость от вида аппроксимирующих функций: электронов  $T_{eg}$  вычисления по второй метрики дают увеличение площади, занимаемой нормированными фазовыми портретами, на 20–30 % больше, чем по первой метрики. Для  $T_{et}$  существенные различия площадей, занимаемых нормированными фазовыми портретами, имеются для экспоненциальной функции аппроксимации. Это объясняется тем, что для второй метрики нормированный фазовый портрет полностью лежит на прямой, проходящей через начало координат, т.е. в этом случае можно говорить о длине фазового портрета, а не о его площади. В связи с этим обстоятельством требуется проведение дополнительных исследований условий применения второй метрики.

#### **Литература**

1. Стаханов И.П., Пашенко В.П., Физические основы термоэмиссионного преобразования энергии – М.: Атомиздат, 1973. – 374 с.
2. Бакшт Ф.Г., Дюжев Г.А., Термоэмиссионные преобразователи и низко-температурная плазма – М.: Наука, 1973. – 480 с.
3. Зимин В.П. Развитие метода фазовой плоскости для анализа решений краевых задач // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – № 2. – С. 17–21.
4. Низковольтная дуга в термоэмиссионных преобразователях. / Ф.Г. Бакшт, Г.А. Дюжев, И.Л. Коробова и др. // ЖТФ. – 1968. – Т. 38. – Вып. 7. – С. 1075–1094.
5. Аппроксимация параметров цезиевой плазмы в дуговом режиме ТЭП/ Пискунова Т.А., Зимин В.П.//Ресурсоэффективные технологиям - энергию и энтузиазм молодых [Электронный ресурс] - 2013 г. /НИ ТПУ.— [С. 50-54].

## **ДЕКОМПОЗИЦИЯ ТРАССЫ ОТРАЖЕННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН ПО ДАННЫМ ВЕРТИКАЛЬНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ**

Поданёва Д.С.

E-mail: dariapodaneva@gmail.com

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, Степанов Д.Ю.*

Для расчета пластовых скоростей необходимо задать модель расположения пластов. Выбор количества и толщины каждого пласта есть задача аппроксимации скоростного закона. Хотя данная задача относится к классу некорректных (приводящих к множеству решений, а малое отклонение исходных данных к значительным погрешностям), адекватность построенной модели среды можно



контролировать по результатам выведения поля отраженных волн ближнего ПВ на вертикаль и сравнением синтезированной и реальной трассы отраженных волн.

Пластовая модель среды, построенная по данным ВСП, включает в себя информацию о положении и геометрии отражающих границ, скорости продольной и поперечной волн в слоях и плотности пород. Построение пластовой модели необходимо начать с определения границ пластов. Исходными данными к построению пластовой модели среды являются кабельные глубины  $h_n$  и годограф волны (вертикальное время пробега волны от поверхности до заданной глубины)  $t_n$ ,  $n = 1, \dots, N$ , где  $N$  – количество точек приема. Известно, что при постоянной скорости внутри пласта годограф описывается уравнением первого порядка. Поэтому целесообразно воспользоваться кусочно-линейной аппроксимацией, в результате которой границы прямолинейности годографа составят границы пластов:

$$t_\varepsilon(h) = \begin{cases} a_1 h + b_1, h \in [H_1, H_2] \\ a_2 h + b_2, h \in [H_2, H_3] \\ \dots \\ a_N h + b_N, h \in [H_{M-1}, H_M] \end{cases},$$

где  $H_i$  – кровля  $i$ -го пласта, а  $H_{i+1}$  – подошва,  $a_i$  и  $b_i$  – коэффициенты линейных уравнений. Условия аппроксимации:  $t_\varepsilon(H_i) = t_n$ , если  $H_i = h_n$ ;  $|t_\varepsilon(H_i) - t_n| \leq \varepsilon$ , если  $H_i \neq h_n$ , где  $\varepsilon$  – параметр аппроксимации, характеризующий ошибку оценивания  $t_n$ . Параметр аппроксимации  $\varepsilon$  вычисляется как стандартное отклонение в скользящем окне, умноженное на поправочный коэффициент  $\alpha$ :

$$\varepsilon(j) = \alpha \left( \frac{1}{m} \sum_{i=j-m/2}^{j+m/2} (t_i - \bar{t}_j)^2 \right)^{1/2}, \text{ где } \bar{t}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=j-m/2}^{j+m/2} t_i.$$

По данным ВСП легко получить форму прямой продольной волны, но форму отраженных волн оценить по сейсмограмме ВСП проблематично из-за существенной интерференции волн. Для разрешения интерферирующих волн можно применить различные процедуры, опирающиеся на различие кинематических параметров падающих и отраженных волн, различие частотного состава продольных и поперечных волн и т.п. Однако такие процедуры не могут разрешить интерферирующие волны одного вида.

Пластовая модель обычно используется при синтезировании трасс при помощи интеграла свертки, причем сверточная модель предполагает постоянство формы отраженных волн. Однако, форма и падающих волн, и отраженных волн изменяется при прохождении через реальные среды, неся информацию об их поглощающих и отражающих свойствах. Так как форма волны меняется с глубиной, то свертка примет вид:

$$Y(t) = \sum_i k_i S_i(t - t_i),$$

где  $S_i(t)$  – форма отраженной волны в  $i$ -ом пласте.

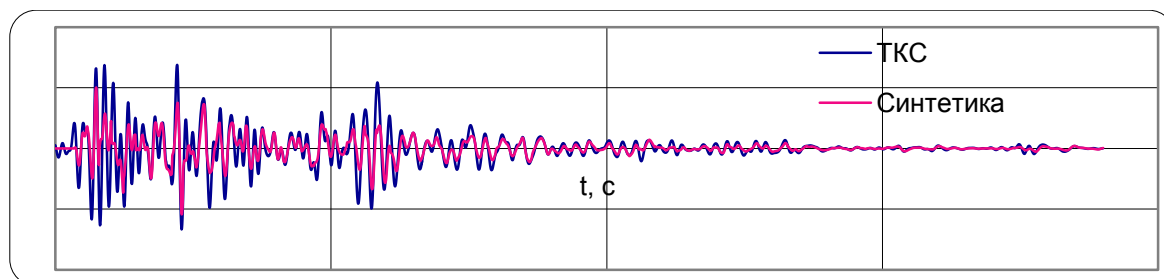


Рисунок 1. График синтетической трассы и трассы коридорного суммирования ( $\alpha=0,0083$ )

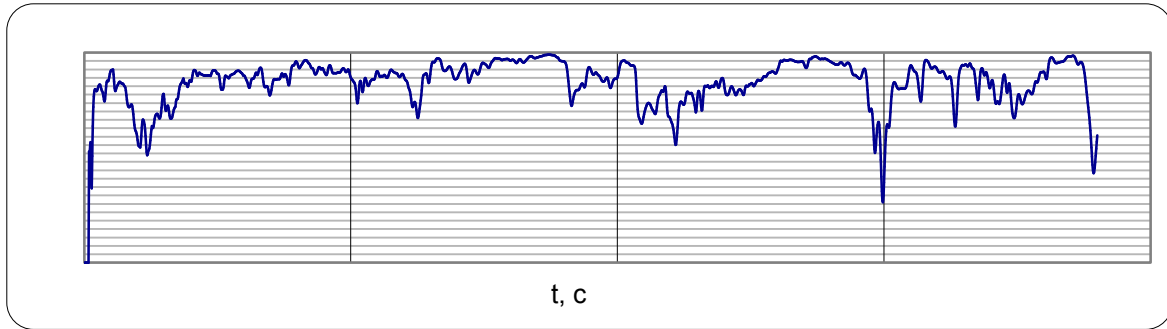


Рисунок 2. График функции подобия ( $\alpha=0,0083$ )

В качестве формы импульса для расчета сейсмической трассы можно использовать различные виды импульсов, например автокорреляционную функцию трассы коридорного суммирования ВСП, автокорреляционную функцию трассы МОГТ, аналитический импульс, форму импульса, полученную по данным ВСП.

Полученная синтетическая сейсмическая трасса сравнивается с эталонной трассой (данные наземных наблюдений, либо трасса коридорного суммирования). Сравнение реальной и синтетической трассы позволяет делать заключение о близости реальной геологической среды и выбранной модели. Задача построения пластовой модели среды может быть сформулирована как нахождение границ пластов  $H_{i-1}$  и  $H_i$  и выбор среди множества пластовых моделей той, которая бы обеспечивала минимум расхождения результатов свертки и реальных материалов.

При известной форме прямой продольной волны  $S^p(t)$ , зарегистрированной на соответствующей времени  $t_i$  глубине, можно предположить, что в процессе отражения амплитудный спектр волны, отраженной от данной глубины, не претерпевает существенных изменений. Фазовый спектр в идеальных условиях должен получить сдвиг на  $\frac{\pi}{2}$ . Однако, как показали исследования на реальных материалах, отличие фазового спектра падающей и отраженной волны носит нелинейный характер. Оценку формы прямой продольной волны  $\hat{S}(f)$  можно представить в виде:

$$\hat{S}(f) = |S^p(f)| e^{-j\varphi_y(f)} . \quad (1)$$

где  $|S^p(f)|$  – амплитудный спектр падающей волны,  $\varphi_y(f)$  – фазовый спектр участка трассы коридорного суммирования.

Итак, для оценки формы отраженных продольных волн, опирающейся на согласовании аддитивной модели волновой картины и пластовой модели среды, предлагается использовать следующую методику:

1. расчет времен прихода волн –  $t_i$ ;
2. определение интервала анализа  $i$ -ой волны (определение участка трассы коридорного суммирования, соответствующего отраженной волне от  $i$ -ой отражающей границы)  $[t_i; t_i + T]$ ;
3. оценка фазового спектра трассы коридорного суммирования на интервале анализа;
4. оценка формы  $i$ -ой отраженной волны согласно формуле (1);
5. вычитание  $i$ -ой отраженной волны из эталонной трассы;
6. повторение пунктов 2-5.

Так как стандартный метод оценки коэффициента отражения [1] не учитывает динамических характеристик волнового поля, то для расчета коэффициентов отражения следует использовать следующую формулу:

$$k = \sqrt{\frac{E^p}{E^{pp}}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_i S_i^{p^2}}{\sum_j S_j^{pp^2}}} .$$

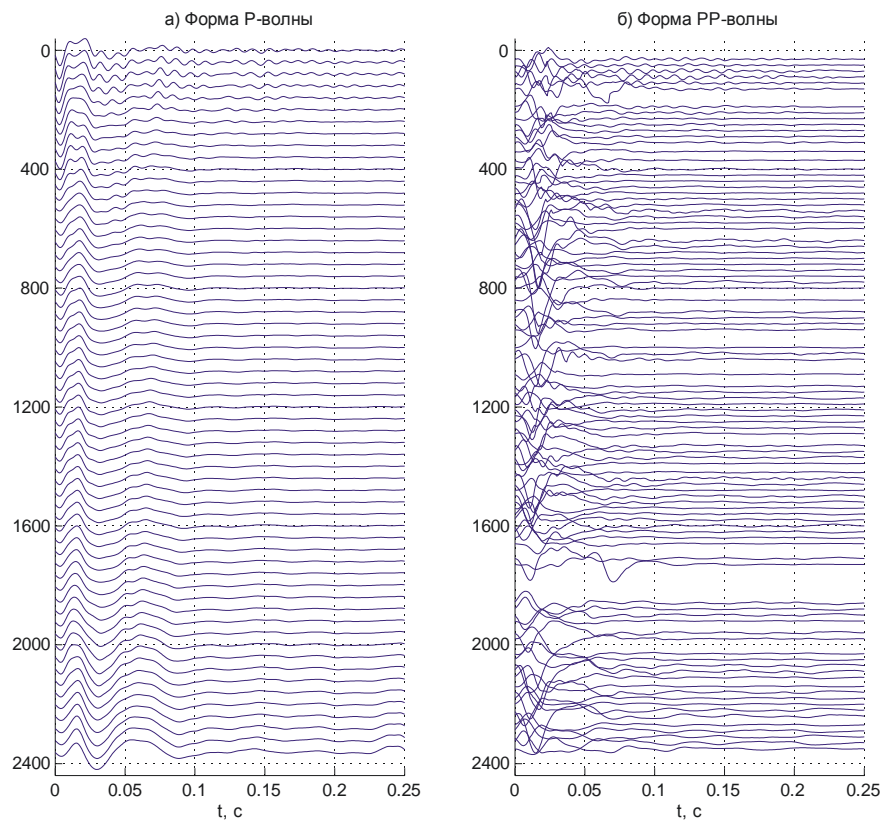


Рисунок 3. Формы падающих и отраженных волн ( $\alpha=0,0083$ )

Для нахождения пластовой модели, наиболее согласующейся с данными наземной сейсморазведки, следует подобрать поправочный коэффициент аппроксимации  $\alpha$ .



Рисунок 4. Подбор поправочного коэффициента  $\alpha$

Разработанная методика была использована при интерпретации материалов ВСП в скважине Конторовичская 5. Корреляция с трассой коридорного суммирования составила более 80%.

### Литература

1. Пузырев Н.Н. Интерпретация данных сейсморазведки методом отраженных волн. – М.: Гостоптехиздат, 1959. – 451 с.
2. Гальперин Е.И. Вертикальное сейсмическое профилирование. Опыт и результаты. – М.: Наука, 1994. – 320 с.
3. Гурвич И. И., Боганик Г. Н., Сейсморазведка: Учебник для вузов. Тверь: АИС, 2006. 744 с.
4. Шевченко А. А., Скважинная сейсморазведка. – М.: РГУ нефти и газа, 2002. – 129 с.
5. Р. Шерифф, Л. Гелдарт, Сейсморазведка Т.2. – М.: Мир, 1987. – 400 с.
6. Гогоненков Г. Н. Расчет и применение синтетических сейсмограмм. – М.: Недра, 1972. – 142 с.

## ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ШАРОВОЙ МОЛНИИ

Шершнева С.И., Аргунов Г.А.  
E-mail: hbrserega@gmail.com

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

### Шаровая молния, как природное явление.

Шаровая молния (ШМ) - одно из слабо изученных явлений природы[1]. По свидетельствам очевидцев шаровая молния наблюдается в грозовую погоду, хотя встречалась в солнечную. Чаще всего она «выходит» из проводника с током или порождается линейными молниями (ЛМ), иногда спускается с облаков, в редких случаях — неожиданно появляется в воздухе или, как сообщают очевидцы, может выйти из какого-либо предмета (дерево, столб).

Погода	Гроза	В течение получаса		Дождь	Облачно	Ясно
		Перед грозой	После грозы			
Вероятность, %	61,6	6,6	8,8	7,2	6,0	9,8

Рис.1 Вероятность появления шаровой молнии в зависимости от погоды [2].

По геометрии ШМ может представлять из себя не только сферу, но и эллипсоид, ленту и другие [2]. Основное предположение о составе вещества – низкотемпературная плазма.

Свое существование шаровая молния заканчивает по-разному: в большинстве случаев взрывом, иногда медленным погасанием или распадом на части.

### Параметры ШМ.

Приведем средние параметры ШМ [2]: вероятность появления ШМ сферической формы -  $90 \pm 1\%$ ; диаметр -  $23 \pm 5$  см; время жизни -  $8 \cdot 10^{0.3}$  с; энергия -  $10^{1.3 \pm 0.2}$  Дж; цвет – белый, красный, оранжевый, желтый ( $80 \pm 2\%$ ), голубой, синий, фиолетовый, зеленый ( $13 \pm 1\%$ ); световой поток =  $1500 (\pm 10\%)$  лм, сезонность – свыше 80% шаровых молний наблюдаются в летнее время.

### Существующие гипотезы инициирования ШМ.

В настоящее время существует большое количество гипотез, объясняющих природу ШМ и механизм её инициирования. Наиболее популярными и правдоподобными являются гипотезы, основанные на прямых исследованиях ШМ, а также её физическом моделировании. Одна из них опирается на наблюдения за возможными местами ударов ЛМ [3]. Во время этих наблюдений было обнаружено инициирование ШМ при ударе ЛМ в землю. Наблюдаемая ШМ просуществовала 1,6 с,

её диаметр был равен 5 метрам, а скорость передвижения составила 10 м/с. Зарегистрированный спектр этой шаровой молнии показал значительное содержание в её составе ионов железа, кремния и кальция на протяжении почти всего существования наблюдаемой ШМ. Следующая группа гипотез основывается на инициировании плазмоида ШМ импульсным разрядом по поверхности воды. Используя эту группу гипотез, было поставлено большое количество экспериментов, однако получить долгоживущий плазмоид не удалось. Последние из известных экспериментов позволили получить плазмоиды, живущие порядка 100 мс [4-5]. Их диаметр изменялся от 4 до 20 см в зависимости от энергии генератора.

### Проект физического моделирования ШМ.

В эксперименте планируется объединить две эти гипотезы, а именно - инициировать плазмоид поверхностным разрядом на воде, которая будет содержать соли веществ, обнаруженных в спектре природной ШМ.

Экспериментальная установка для получения плазмоидов, а также её параметры в данном проекте будет аналогична тем, что использовались ранее для получения плазмоидов [4-5]. А именно – ёмкость конденсатора - 1мФ при зарядном напряжении 5кВ.

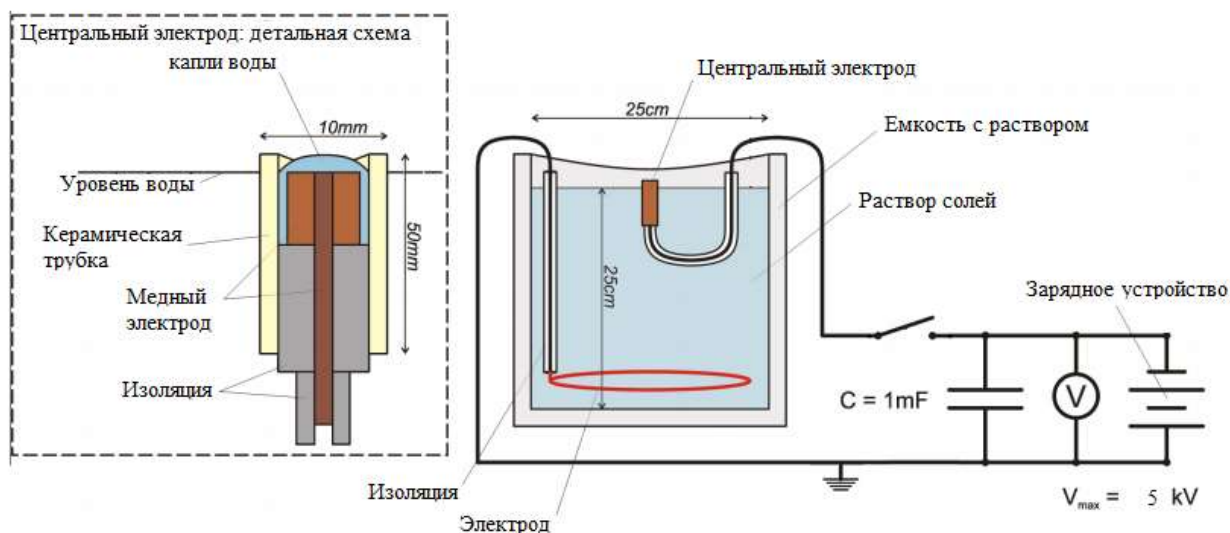


Рис 2. Экспериментальная установка

### Список литературы

- [1] [ru.wikipedia.org/wiki/Шаровая\\_молния](http://ru.wikipedia.org/wiki/Шаровая_молния)
- [2] Б.М. Смирнов, «Успехи физических наук», Физика шаровой молнии, том 160, вып.4, стр.5-19 (1990)
- [3] Jianyong Cen, Ping Yuan, Simin Xue, PHYSICAL REVIEW LETTERS, Observation of the Optical and Spectral Characteristics of Ball Lightning (2013)
- [4] N Hayashi, H Sasaki, T Mohri, T Kajiwara, T Tanabe, Proceedings of International Conference on Gas Discharges and Their Application, Nature of Luminous Body Produced by Pulsed Discharge on a Electrolyte Solution in The Atmosphere, 312-315 стр. (2010)
- [5] A Versteegh, K Behringer, U Fantz, G Fussmann, B Jüttner and S Noack, Plasma sources science and technology, Long-living plasmoids from an atmospheric water discharge, вып. 17 (2008)

# ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ ЗАМЕЩЕНИЯ НА СОРБЦИЮ ВОДОРОДА В ТИТАНЕ

Спиридонова Т.И., Туч Е.В., Бакулин А.В.  
tistpu@mail.ru

*Научный руководитель: профессор, д.ф.м.н. Кулькова С.Е.  
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,  
Россия, г.Томск, пр. Академический, 2/4, 634021*

Даже в небольших концентрациях водород сильно влияет на механические свойства переходных металлов и их сплавов из-за их охрупчивания вследствие сорбции водорода, поскольку он является естественным элементом окружающей среды, что существенно ограничивает возможное технологическое применение материалов. Задача улучшения свойств материалов, подвергающихся воздействию водорода или других внешних факторов, сохраняет свою актуальность. Разработка новых конструкционных и функциональных материалов для водородной и ядерной энергетики требует понимания микроскопической природы процессов, происходящих в объеме и на поверхности материалов, что невозможно без знания электронной структуры материалов. Необходимо лучше понимать индивидуальную роль элементов, образующих материал, и их взаимосвязь с электронными и структурными факторами.

Интерес к титану объясняется его разнообразными технологическими приложениями от медицины до авиакосмической промышленности. Широкое практическое применение титана обусловлено тем, что это легкий материал, обладающий высокой коррозионной стойкостью. Известно, что водород плохо растворяется в титане при комнатной температуре, тогда как гидридная фаза формируется легко, что приводит к существенному ухудшению механических свойств титана [1]. При повышении температуры растворение водорода идет быстрее, а материал становится более пластичным. Один из способов улучшения механических свойств титана заключается в увеличении растворимости водорода в металле, но в то же время в предупреждении формирования гидридной фазы. Целью настоящей работы является изучение влияния примесей замещения на абсорбционные свойства титана и установление механизмов, способствующих лучшему растворению H в металле.

Для расчетов параметров кристаллической решетки использовались методы из первых принципов, в частности, метод проекционных присоединенных волн [2], реализованным программным кодом VASP. Применение методов из первых принципов позволяет продвинуться в понимании особенностей электронной структуры материалов и влияния дефектов, присутствующих в них, на электронную структуру и характеристики сорбции водорода, а также на механизмы сегрегации водорода и примесей на границах зерен и на процессы хрупкого разрушения материалов. Самосогласованные расчеты из первых принципов являются очень сильным и точным инструментом в решении задачи определения физико-химических свойств материалов. Главное достоинство первопринципных методов исследования заключается в использовании фундаментальных знаний, выраженных в строгой математической формулировке без использования различных подгоночных переменных и параметров.

Расчетная ячейка (рис. 1) представляет собой удвоенную по двум базальным направлениям ГПУ решетку и содержит восемь атомов титана, один из которых замещается примесным атомом. Оптимизация расчетной ячейки проводилась с сохранением формы кристалла, которая предусматривает только изменение объема ячейки.

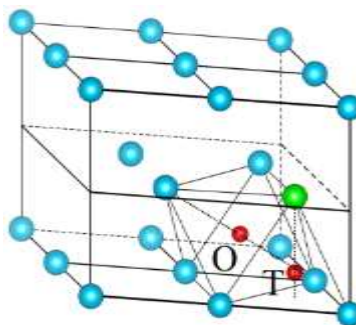


Рис. 1. Атомная структура  $\alpha$ -Ti ( $2 \times 2 \times 1$ ). Позиции абсорбции водорода и примесного атома показаны красным и зеленым цветом

Водород рассматривался в двух возможных позициях: октаэдрической (О) и тетраэдрической (Т). Как видно из Рис. 1, в обоих случаях водород помещался в центр соответствующего многогранника, при этом координаты  $(\frac{2}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4})$  соответствовали О-позиции, а  $(\frac{5}{6}, \frac{1}{6}, z_T)$ , где  $z_T = a^2 / (12c^2) = 0,1322$  – Т-позиции. Примесный атом занимал одну из вершин многогранника и находился вблизи позиции сорбции Н.

Проведенные расчеты показали, что водород предпочитает занимать октаэдрическую позицию в  $\alpha$ -Ti, при этом разница в энергиях составляет 0,23 эВ, тогда как в работе [3] более предпочтительной для водорода была найдена тетраэдрическая позиция. Предпочтительность октаэдрической позиции для сорбции водорода может быть обусловлена структурными факторами, поскольку в октаэдрической поре имеется значительно больше пространства для водорода, чем в Т-поре.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hydrogen in Metals / Ed. by I.M. Bernstein, A.W. Thompson. – OH: American Society for Metals, 1974. – 765 p.
2. Blöchl P.E. Projector augmented-wave method // Phys. Rev. B. – 1994. – V. 50. – P. 17953–17979.
3. Hu Q.M., Xu D.S., Yang R., Li D., Wu W.T. First-principles investigation of solute-hydrogen interaction in a  $\alpha$ -Ti solid solution // Phys. Rev. B. – 2002. – V. 66. – P. 064201-1–8.
4. С.Е. Кулькова, - Линейные методы расчета зонной структуры твердых тел, - Томск, 2001 г.
5. Н. Ашкрофт, Н. Мермин, - Физика твердого тела, том 1

## СЕКЦИЯ 9. MODERN ISSUES OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES

(РАБОЧИЙ ЯЗЫК СЕЦИИ: АНГЛИЙСКИЙ)

### STUDY OF CALCIUM-PHOSPHATE FILMS OBTAINED BY PULSED-LASER DEPOSITION

I.D. Lenivtceva [1], E.N. Bolbasov[1], I.N. Lapin[2]  
E-mail: lyd150593@mail.ru

*Scientific supervisor: As. Prof., Ph.D., S.I. Tverdokhlebov<sup>[1]</sup>*  
*[1] – National Research Tomsk Polytechnic University*  
*[2] – National Research Tomsk State University*

Modern medical technologies allow reconstructing organs in a human's body fully or partly. To make such an operation implants are widely used. Polymers are considered to be perspective for such purposes because their use in implants production allows forming different composite structures.

It is required that the surface of an implant should regenerate the organic tissue, to integrate with the organic tissue, to be vivid (rough, porous) and biocompatible. Calcium-phosphates are coated on the surface of an implant in order to improve its bio acceptability with the bone tissue [1].

Laser ablation was chosen as a method of formation of calcium-phosphate coatings on the surface of the polymer. The information on influence of the target's composition on structure and properties of a coating formed by laser ablation provided by available literature sources is not enough. So the aim of this work was the study of influence of the chemical composition of the sputtered target on the morphology and the composition of the formed coatings.

*Materials.* Copolymer tetrafluoroethylene with vinylidene fluoride (TFE/VDF) was deposited on the 20×20 mm glass plate. Thin polymer 2%mass coating was formed on one of the sides of the glass plate in the solution of organic dissolvents in %mass: acetone 20, ethyl acetate 20, cyclohexanone 40, butyl acetate 20. The copolymer solution TFE/VDF was formed in hermetic reactor at 50°C with constant mixing it until receiving a transparent homogenous solution. Then the solution was cooled at room temperature and was deposited on the glass plate by airstream atomization. Then the samples were put into a box furnace where the final polymer coating formation was carried in the regimes: heating up to 35°C with the rate 1 grad per minute, holding for 4 hours at 70°C, heating up to 200°C with the rate 1 grad per minute, holding for 2 hours at 200°C. To modify the obtained materials surface the method of laser ablation was used. The sputtering targets: hydroxyapatite ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) - target 1 and dibasic calcium-phosphate ( $\text{CaHPO}_4$ ) - target 2.

The modification was carried with Lotis TII pulse-periodic laser. The general view of the set is in the figure 1. The laser emits pulses with frequency  $\nu=15$  Hz, the duration of an impulse was  $\tau=7$  ns, laser wavelength was  $\lambda=1.064$  mkm, energy of an impulse was  $E_0=170$  mJ, laser power density was  $W=2.7$  W/cm<sup>2</sup>.



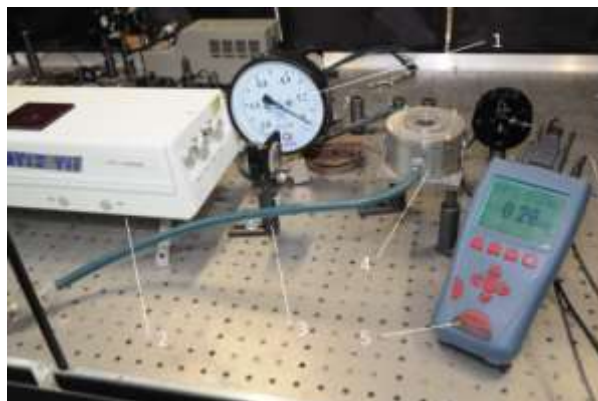


Figure 1. The general view of the experimental set. 1-monometr, 2-laser set, 3-lens, 4-box furnace, 5-power meter

*Methods.* The study of the surface morphology and elemental composition of the samples was carried by scanning electron microscopy on ESEM Quanta 400 FEG microscope with in-built EDS-analyzer in a low vacuum regime without using conductor coatings in order to exclude the deformation of coatings morphology.

In the figure 2 there are images of the coatings at 1000 $\times$ . From these images we can see that formed coatings have homogeneous, vivid, granular structure. There are also images at 5000 $\times$  from scanning electron microscope. Using this images histogram on linear size distribution (grain diameters) was built (figure 3c). From figure 3 it is obvious that the grains distribution graph of the coating formed using hydroxyapatite target has a wide maximum between 2 mkm and 3 mkm which allows to evaluate the average diameter of the grain in the coating is in this interval. The average diameter of the coating formed using dibasic calcium-phosphate target is between 3 mkm and 4 mkm (figure 3d). To sum up, the difference in the average grain sizes of these two coatings is insignificant. Taking into account the SEM images analysis a conclusion that the morphologies of two coatings are similar may be suggested.

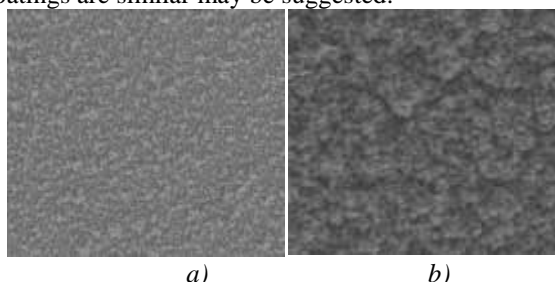


Figure 2. SEM images of the coatings at 1000 $\times$ , a) target 1, b) target 2

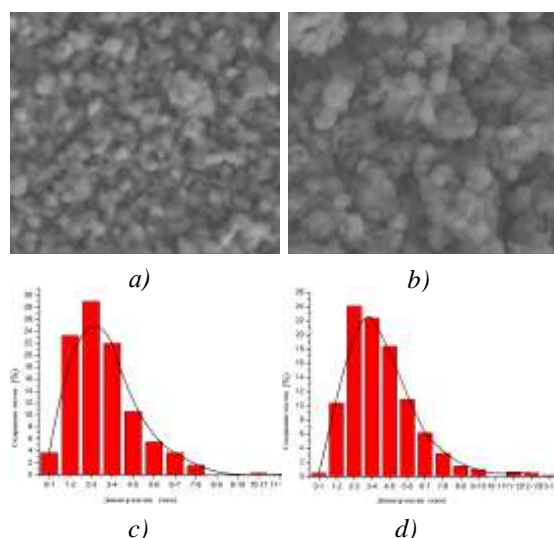


Figure 3. SEM images of the coatings at 5000 $\times$  and histograms on linear size distribution a, c) target 1, b, d) target 2

EDS-spectra of the coatings are shown in figure 4. Peaks of such chemical elements as C, O, F, Cl in the spectra correspond to polymer layer deposited on the plate. Therefore these peaks have small intensity or they are absent while studying the coating. Peaks of Ca, P correspond to the calcium-phosphate coating, that's why in the coating zone they have very high intensity. The percentage of chemical elements in the coating according to EDS-analysis is shown in the table 1. The presence of Si peak could be explained by using the glass plate as a substrate. EDS-analysis has shown that modification of polymer's surface by laser ablation using different calcium-phosphate targets allows varying elemental composition of a forming coating. Also for both coatings the ratio Ca/P was calculated. They were 2.17 for the coatings from hydroxyapatite and 1.52 for the coatings from dibasic calcium-phosphate which is close to stoichiometric ratio 1.67.

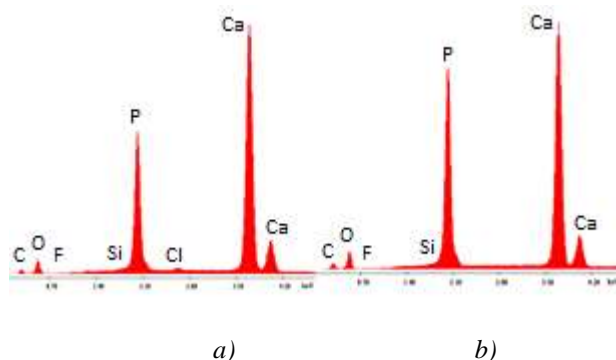


Figure 4. EDS-spectra of the coatings made from a) target 1, b) target 2

Table 1

Chemical composition of the calcium-phosphate coatings

Target	At, mass%					Ca/P
	Ca	P	C	O	F	
Target 1	43.91	20.20	12.96	22.67	0	2.17
Target 2	36.11	23.81	16.54	23.14	0.13	1.52

The chemical composition of samples was analyzed by the infrared spectroscopy (Nicolet 6700 (ThermoScientific)) at a spectral resolution of 2  $\text{cm}^{-1}$ . First, FTIR analysis of the used targets was performed (figure 5).

The presence of typical hydroxyapatite peaks were detected. Target 1 powder:  $563\text{ cm}^{-1}$  is assigned to P–O modes [2],  $1022\text{ cm}^{-1}$  – anti-symmetric P–O stretching  $\nu_3$  [3]. Target 1 film:  $563\text{ cm}^{-1}$  – P–O modes [2],  $1000\text{ cm}^{-1}$  - asymmetric stretching mode of  $\text{PO}_4^{3-}$  [4] (figure 5a). Target 2 powder:  $555\text{ cm}^{-1}$  - anti-symmetric

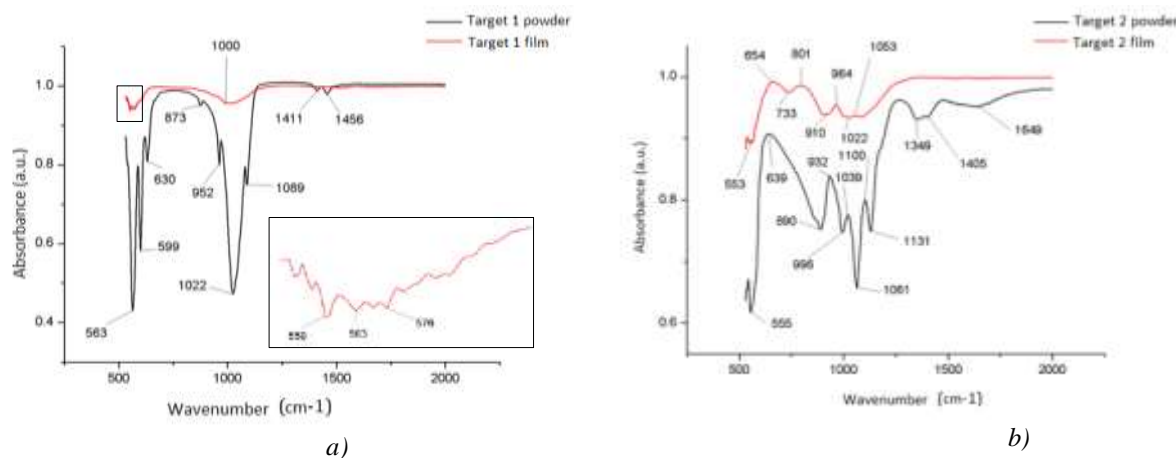


Figure 5. FTIR-spectra of calcium-phosphate powders and films, a) target 1, b) target 2

P–O bending  $\nu_4$  [3],  $1061\text{ cm}^{-1}$  –  $\nu_3$  asymmetric stretching mode of  $\text{PO}_4^{3-}$  [5]. Target 2 film:  $553\text{ cm}^{-1}$  – anti-symmetric P–O bending  $\nu_4$  [3],  $1053\text{ cm}^{-1}$  –  $\nu_3$  asymmetric stretching mode of  $\text{PO}_4^{3-}$  [5] (figure 5b).

FTIR-analysis showed that chemical composition of the coating in both cases is the same as the chemical composition of the target and confirmed that using different targets allows varying the elemental composition.

**Results.** The modification of the polymer layer was carried by laser ablation with the use of two different by composition calcium-phosphate targets. It was shown that the formed coatings have vivid, grained, homogeneous surface and the average diameters are close to each other by value so their morphology differs insignificantly. It was shown that the chemical composition contain all the elements of the initial target when using laser ablation. It was also found out that forming calcium-phosphate coatings by laser ablation with the use of different targets allows varying elemental composition of forming coatings.

#### List of references

1. S.I. Tverdohlebov, E.V., Shesterikov, A.I. Malchykhina, Features of the formation of calcium-phosphate coatings by RF magnetron sputtering on implants, Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. 320(2) (2012) 73-79
2. Yoshiaki Suda, Hiroharu Kawasaki, Tamiko Ohshima, Shouta Nakashima, Syuichi Kawazoe, Tetsuya Toma, Hydroxyapatite coatings on titanium dioxide thin films repared by pulsed laser deposition method, Thin Solid Films 506– 507 (2006) 115 – 119
3. L. Medvecky, T. Sopcaka, V. Girman, J. Briancin , Amorphous calcium phosphates synthesized by precipitation from calcium D-gluconate solutions, Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 417 (2013) 191– 200
4. Deepak K. Pattanayak, Divya P, Sujal Upadhyay, R. C. Prasad, B. T. Rao and T. R. Rama Mohan, Synthesis and Evaluation of Hydroxyapatite Ceramics, Trends Biomater. Artif. Organs, Vol 18 (2), January 2005
5. F. Miculescu, G. E. Stan, L. T. Ciocan, M. Miculescu, A. Berbecaru, I. Antoniac, Cortical Bone as resource for producing biomimetic materials for clinical use, Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures Vol. 7, No. 4, October-December 2012, p. 1667-1677

# LED RADIATION WITH DIFFERENT SPECTRA INFLUENCE ON PLANTS DEVELOPMENT AT DIFFERENT STAGES OF VEGETATION

D.V. Starodubtseva, S.B. Turanov, A.N. Yakovlev, I.N. Kozyreva  
darjanka3000@gmail.com

*Scientific adviser: Turanov S.B., TPU*

## Introduction

In spite of numerous research, concerning the influence of radiation with different spectra on photosynthesis [1,2,3,4,5,6], the narrow-band radiation influence on plants at different stages of vegetation is studied insufficiently. The research is topical due to the absence of systematic data on condition of the plant photosynthetic system under LED radiation. At the same time resource efficiency acquires a special place in competitiveness and development of agricultural enterprises.

The aim of the research is to study the influence of radiation spectrum and intensity on lettuce crop growth and development.

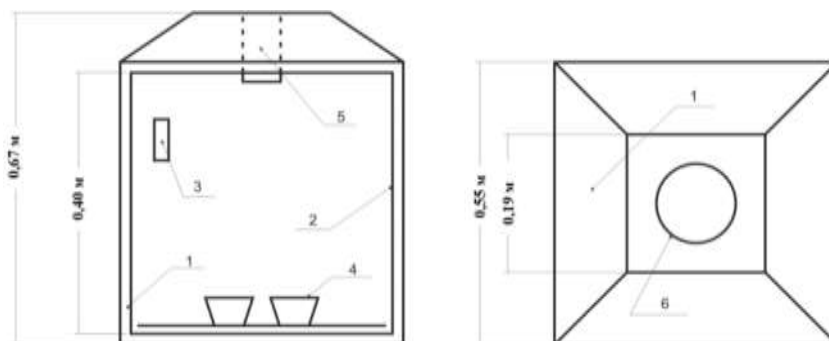
## Materials and methods

The experiment was held in the period from May 22 to June 6, 2013. Lettuce «Moscow greenhouse» was chosen as an object of research. Duration of daily photoperiod was 12 h continuously during the experiment. A mechanical timer-plug was used for turning on and off the lighting system. Experimental samples were grown in 3 phytotron models (Fig. 1).



*Fig. 1. Physical configuration of phytotron models*

The front wall of phytotron model was converted to the audit window (Fig.2). The thermometer was fixed on the inner wall for temperature control (3). The radiation source (5) was fixed on the top (6). Lettuce seeds were sowed into the containers (4) with universal nutritious soil «Terra Vita» placed on the bottom of a phytotron model.



*Fig. 2. Phytotron model scheme*

*1 – shell; 2 – audit window; 3 – thermometer; 4 – containers with soil;  
5 – radiation source; 6 – top-holder of radiation source.*

Different LED modules were used for irradiation of the plants in each phytotron: red LED module with dominating wavelength  $\lambda_d = 620\text{--}630\text{ nm}$ , green LED module ( $\lambda_d = 520\text{--}535\text{ nm}$ ), blue LED module ( $\lambda_d = 450\text{--}465\text{ nm}$ ).

LED modules based on RGBW LED Cree XLamp MC-E (pic.3)  $3 \times 4\text{ cm}$  were used. A power supply was provided by the driver IPS 30-350T in nominal conditions ( $I = 0,35\text{ A}$ ).



Fig.3. LED module:  
1 – PCB; 2 – LED; 3 – radiator;  
4 – power connector.

Specification of the radiation sources is shown in Table 1.

Table 1 – Characteristics and nomenclature of the radiation sources.

Source	Power capacity, W	Luminous flux, lm	Dominant wavelength $\lambda_d$ , nm / Color temperature, K
LED module (red)	10,5	529,2	620–630 nm
LED module (green)	15,4	651	520–535 nm
LED module (blue)	14,7	310,53	450–465 nm

Radiation spectra of sources were measured with the spectrophotometer AvaSpec-2048 USB2, the monochromator MDR-206. Luminous flux of the sources was determined, using a photometric integrating sphere.

The following parameters were measured: number of leaves, height of sprout, width of leaf.

### Results

Values of measured parameters are presented in pictures 4–6.

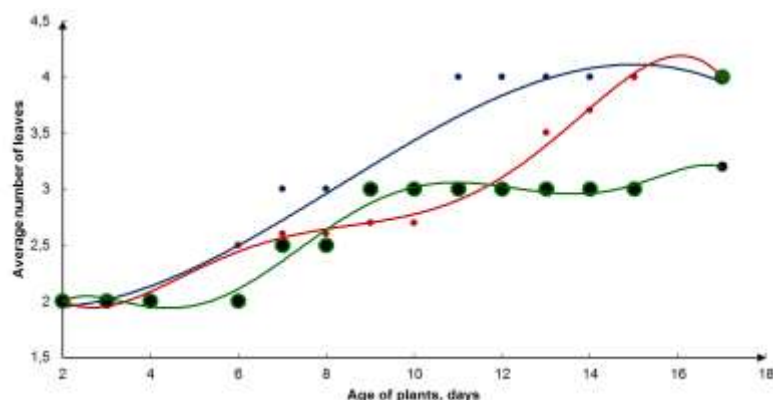
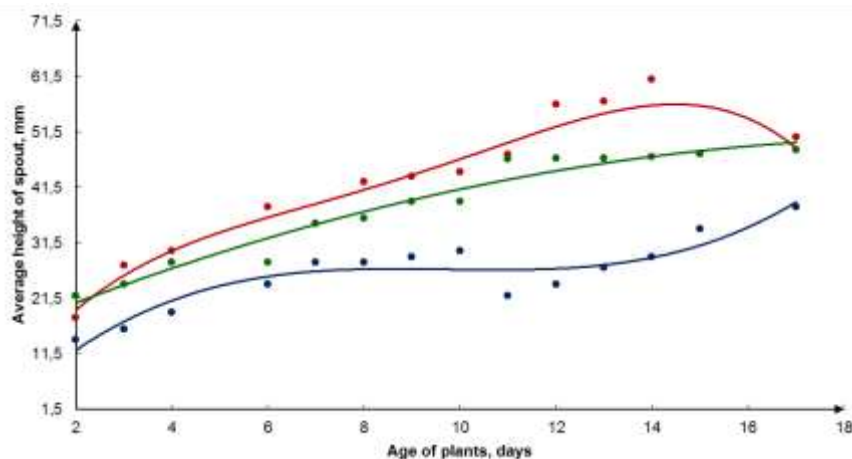
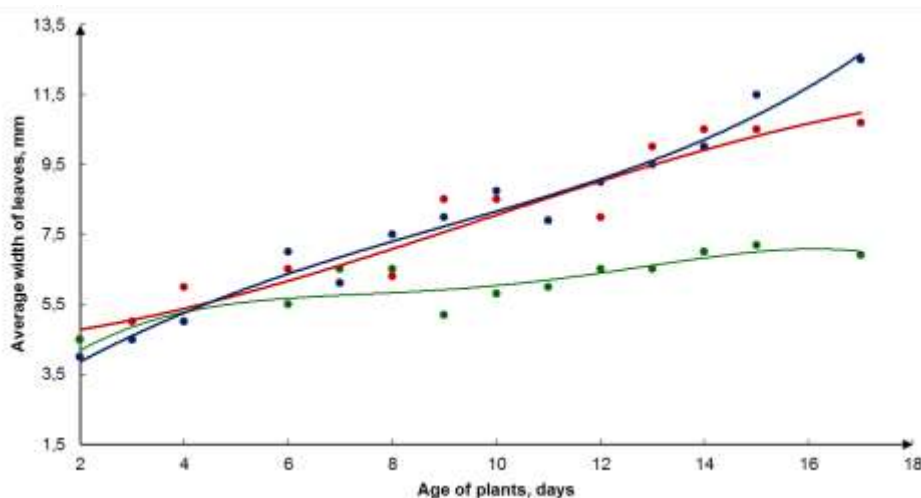


Fig. 4. Average number of lettuce leaves variations



*Fig. 5. Height of lettuce sprout variations*



*Fig. 6. Width of lettuce leaves variations*

Most of the plants had 4 leaves after 17 days of experiment. In 11 days the fourth leaf was found in phytotrone with the blue LED module (the first among other phytotrones), as average time of the fourth leaf growth was 15 days. So, the conclusion can be made that the blue part of the spectrum facilitates development of crown. Samples that grew under the green LED module radiation had the maximum height of a sprout; samples under the blue LED module had the minimum height. So, we can conclude that green spectrum promotes growth in height.

Lettuce that grew under the blue LED module radiation had the maximum width of a leaf. These leaves developed more actively, they were deep green colored and carved at the end of experiment. The samples in other phytotrones did not have these features. The sample under the green LED module had leaves of the untypical form and pale green color, in spite of their large width.

### Conclusion

The results of the study confirm topicality of the questions of spectrum regulation as far as its influence on plants growth and development is great. Required processes can be activated by radiation with different spectra at every stage of vegetation.

Usage of LED based modules is very prospective due to the possibility of their spectrum control. Methods of control are the following:

- variation amperage of RGBW LED components;
- turning off same parts of the LED module;
- spectrum correction by remote phosphor.

### References

1. Протасова Н.Н., Уеллс Дж. М., Добровольский М.В., Цоглин Л.Н. Спектральные характеристики источников света и особенности роста растений в условиях искусственного освещения // Физиология растений. – 1990. – Т. 37, вып. 2. – С. 386–396.
2. Аверчева О.В., Беркович Ю.А., Ерохин А.Н., Жигалова Т.В., Погосян С.И., Смолянина С.О. Особенности роста и фотосинтеза растений китайской капусты при выращивании под светодиодными светильниками // Физиология растений. – 2009. – Т. 56. – № 1. – С. 17–26.
3. Астафурова Т., Лукаш В., Гончаров А., Юрченко В. Фитотрон для светодиодной досветки растений в теплицах и на дому // Полупроводниковая светотехника. – 2010. – Т. 3. – № 5. – С. 36–38.
4. Бахарев И., Прокофьев А., Туркин А., Яковлев А. Применение светодиодных светильников для освещения теплиц: реальность и перспективы // Современные технологии автоматизации. – 2010. – № 2. – С. 76–82.
5. Bell G. D. H., Bauer A. B. Experiments on growing sugar beet under continuous illumination // The Journal of Agricultural Science. – Volume 32. – Issue 01. – January 1942. – PP. 112–141.
6. Ichiro Terashima, Takashi Fujita, Takeshi Inoue, Wah Soon Chow, Riichi Oguchi Green Light Drives Leaf Photosynthesis More Efficiently than Red Light in Strong White Light: Revisiting the Enigmatic Question of Why Leaves are Green // Plant and cell physiology. – 2009. – 50(4). – P.684–697.

## IMPROVING THE MANAGEMENT SYSTEM BASED ON THE PROCESS APPROACH

O.O. Bugayova

E-mail: bugayovaolya@gmail.com

*Research supervisor: L.A. Redko, Associate Professor, Ph.D*

*Supervisor: G.V. Shvalova, Senior Lecturer*

Since contemporary business environment has become more dynamic and uncertainty, most companies are experiencing a fundamental shift in the rules of competition. The old, dominant business logic focusing on stability seeking and uncertainty avoidance may be inadequate for firms to respond to this rapidly changing environment [1]. Indeed, this fast growing economics calls for a strategy based on three intertwined elements: low cost, high quality and fast and flexible response to customer needs [2]. Thus, only firms possessing the capability of being aligned and efficient in their management of today's business demands while simultaneously adaptive to changes in the environment are more likely to success [3].

As enterprises are increasingly recognizing the strategic importance of quality management [4] and information technology [5], process-based management practice has become very popular throughout these years [6]. Consequently, a number of studies interesting in process's role in business value creation have appeared - especially in the context of IT-enabled business value [7]. It has been widely accepted that business process management (BPM) can contribute a lot to improve manufacturing efficiency [8] and much of literatures on BPR also embraced this "seek efficiency" view to achieve the value of BPM [2]. However, as business competitive environment has become more intensive, the need for dual capabilities also arises in the context of focusing on BPM.

Business process management (BPM) has been referred to as a "holistic management" approach to aligning an organization's business processes with the wants and needs of clients. BPM uses a systematic approach in an attempt to continuously improve business effectiveness and efficiency while striving for innovation, flexibility, and integration with technology. Process management is the application of knowledge, skills, tools, techniques and systems to define, visualize, measure, control, report and improve processes with the goal to meet customer requirements profitably.

So, the article is aimed to provide analysis of Process Management in organizations nowadays. The issue of Process Management presented in articles by M. Kohlbacher, R. Xie, H. Ling and Ch. Zhang and our Russian authors O.L. Vishnyakov and N.E. Rybchenko.

M. Kohlbacher writes about process-orientated organizations. A process-oriented organization is also often referred to as "horizontal organization", "process centered organization" [9], "process enterprise" [10],

“process focused organization” [11] or simply “process organization” [12]. A process-oriented organization comprehensively applies the concept of business process management (BPM). A firm which adopted the process-view of its organization, regardless of whether it has already run through business process reengineering (BPR) and/or process improvement projects or not, is concerned with the management of its business processes [13].

The main opportunities and advantages which allow obtaining process orientation can be:

- better transparency: the organization and/or business processes became more transparent and understandable. This leads to better identification of organizational problems and their causes. In particular, by applying process performance measurement, arising problems can be identified and counter measures can be initiated very quickly.

- clear responsibilities: the process owner role terminating many unclarities caused by fragmented and/or blurry accountability.

- efficiency/productivity: non value-adding activities are better identified and can be called into question.

- clear structure, tidiness, and clear organizational interfaces.

- improvement of product quality.

- process speed improvements.

- better customer orientation, since the firm's business processes are aligned with the needs of the internal and/or external customer.

- cross-departmental thinking, better collaboration between departments.

- improvement of financial performance.

- higher customer satisfaction [14].

Another view has scientists from Chinese Fudan University: Dong Xie, Hong Ling and Cheng Zhang. They consider the effect of business process management on firm performance: an ambidexterity perspective.

Organizational ambidexterity refers to an organization's ability to be efficient in its management of today's business and also adaptable for coping with tomorrow's changing demand. Just as being ambidextrous means being able to use both the left and right hand equally, organizational ambidexterity requires the organizations to use both exploration and exploitation techniques to be successful.

The scientists expect a firm can generate better business value when reaching a balance between efficiency-orientation and flexibility-orientation in business process management practices. Therefore they have the following proposition:

- Proposition 1. A higher level of business process ambidexterity will lead to a higher level of organizational competitive performance.

- Proposition 2. A higher level of organizational IT capability in business process management will lead to a higher level of business process ambidexterity.

- Proposition 3. A higher level of business process goals management capability will lead to a higher level of business process ambidexterity.

- Proposition 4. A higher level of business process rules management capability will lead to a higher level of business process ambidexterity.

This model provides a starting point for future research on how firms can outperform their competitors with process management approach both in the short and long run [15].

Russian authors O.L. Vishnyakov and N.E. Rybchenko provide a comparison between functional and process approach to management.

The company's management system, as a rule, still has a strong functional orientation that which often leads to a number of problems. For example, the transition from one stage of development to another may be accompanied by serious organizational, managerial and technological challenges, such as: partial loss of control over the business owners, reducing the efficiency of the organization, conflict of interest and the intersection of the spheres of influence of businesses and the integrated companies.

Dynamics of changes in the external environment of the organization suggests that in modern conditions companies should pay great attention to the introduction of mechanisms of own development to the effective use of external environment and internal resources and structures.

Traditional functional approach to management based on the fact that the activity of the company is considering a combination of actions of individual elements of linear functional hierarchy.



Process approach considers the activity of Firms as a set of business processes, "penetrating" the elements of the organizational structure.

Improving the management system based on the process approach is the formulation of the company within the regular management control mechanism based on the system representation of the organization as a set of business processes. Is the detuning of the organization and its interaction with the external environment in order to maximize the use of new opportunities and threats on the one hand and effective use of internal resources of the organization - on the other [16].

Improve management system of the company is a large and profound transformation of its operations as a single complex. Effective restructuring of the management system, as a rule, leads to a significant increase in the Company's adaptability to changes in the external environment, effective use of the opportunities, prevent threats, improve coordination and efficiency of the overall activities of the company in both the short and the long term (in the case of introducing a mechanism to improve the system of management) perspective.

In conclusion one must depict the above presented material will be used for future research diploma work, for further scientific development

#### References:

- [1] Ilinitch, A. Y., D'Aveni, R. A., Lewin, A. Y. 1996. New Organizational Forms and Strategies for Managing in Hypercompetitive Environments. *Organization Science* 7(3): 211-220.
- [2] Venkatraman, N. 1994. IT-Enabled Business Transformation: From Automation to Business Scope Redefinition. *Sloan Management Review* 35(2):73-87.
- [3] Ostroff F., *The Horizontal Organization*. New York, NY: Oxford University Press, 1999.
- [4] Dean, J. W., Jr., Bowen, D. E. 1994. Management Theory and Total Quality: Improving Research and Practice through Theory Development. *Academy of Management Review* 19: 392-418.
- [5] Henderson, J. C., Venkatraman, N. 1993. Strategic Alignment: Leveraging Information Technology for Transforming Organizations. *IBM Systems Journal* 32(1):4-16.
- [6] Hammer, M., Champy, J. 1993. *Business Process Reengineering: A Manifesto for Business Revolution*, Harper Business, New York.
- [7] Melville, N., Kraemer, K., & Gurbaxani, V. 2004. Review: information technology and organizational performance: an integrative model of IT business value. *MIS Quarterly* 28(2):283-322.
- [8] Benner, M. J., Tushman, M. L. 2003. Exploitation, Exploration, and Process Management: the Productivity Dilemma Revisited. *Academy of Management Review* 28(2):238-256.
- [9] Hammer M., *Beyond Reengineering*. London: Harper Collins, 1996.
- [10] Hammer M. and Stanton S., "How process enterprises really work," *Harvard Business Review*, vol. 77, pp. 108-118, November-December 1999.
- [11] Gardner R. A., *The Process-Focused Organization*. Milwaukee, WI: Quality Press, 2004.
- [12] Osterloh M. and Frost J., *Prozessmanagement als Kernkompetenz*. Wiesbaden: Gabler, 2006.
- [13] Armistead C. and Machin S., "Business process management: implications for productivity in multi-stage service networks," *International Journal of Service Industry Management*, vol. 9, pp. 323-336, 1998.
- [14]. Kohlbacher M. The Perceived Effects of Business Process Management. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/icp.jsp?arnumber=5444467>
- [15]. Ling H., Xie R., Zhang Ch. Effect of Business Process Management on Firm Performance: An Ambidexterity Perspective. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/icp.jsp?arnumber=5920464>
- [16] Rybchenko N.E., Vishnyakov O.L. Improving The Management System Based On The Process Approach. URL: <http://pmteam.ru/upload/image/article15.pdf>

# AUTOMATION OF SEGMENTATION OF TOMOGRAPHIC IMAGES

A.V. Vlasov, I.V. Tsapko  
andark.postbox@mail.ru

*Scientific supervisor: associate professor, I.V. Tsapko, TPU IC ACS*

## Introduction

Today computer vision technology is used in many areas of modern industry. As a scientific discipline, computer vision is concerned with the theory and technology of artificial intelligent systems that obtain information from images. Applying of systems with computer vision can be divided into several groups [1]:

- Controlling processes (e.g., an industrial robot);
- Interacting (e.g., as an input to a device for computer-human interaction);
- Detecting events (e.g., for visual surveillance or people counting);
- Organizing information (e.g., for indexing databases of images and image sequences);
- Modeling objects or environments (e.g., medical image analysis or topographical modeling);
- Navigating (e.g., by an autonomous vehicle or mobile robot);
- Automatic inspecting (e.g., in manufacturing applications).

This paper is concerned with processing tomographic images received from the Institute for Photon Science and Synchrotron Radiation (IPS) of Karlsruhe Institute of Technology (KIT) in Karlsruhe, Germany. The main task given by partners from KIT was developing of an algorithm capable of identifying an object in a given image and determining its position in relation to the center of that image.

## Segmentation algorithm

There are many algorithms for image segmentation. To solve the problem, the following algorithms have been considered:

- > Heapsort segmentation;
- > Segmentation based on graphs;
- > Hough transform;
- > Wave algorithm;
- > Threshold filtering;
- > Cluster analysis;
- > Canny algorithm.

The Canny algorithm was chosen as optimal to achieve the goal with regards to the following criteria: detection, localization, number of responses. These criteria are the most significant issues to consider for the given task. With Canny's mathematical formulation of these criteria, the Canny Edge Detector is optimal for a certain class of edges (known as step edges) [1].

Segmentation using the Canny algorithm refers to a process of partitioning a digital image into regions (subsets of pixels) using defined characteristics. The result of image segmentation is a set of segments that together cover the entire image, or a set of contours allocated from the image. Implementation of this algorithm can be divided into five basic steps [2, 3]:

- 1) Smoothing the image with a Gaussian filter to reduce noise and unwanted details and textures;
- 2) Computing gradients using any of the gradient operators (Roberts, Sobel, Prewitt, etc.);
- 3) Suppressing non-maxima pixels in the edges to thin the edge ridges;
- 4) Thresholding the previous result by two different thresholds and obtaining two binary images;
- 5) Linking edges' segments to form continuous edges; tracing each segment to its end and then searching its neighbors to find any edge segment to bridge the gap until reaching another edge segment.

## Preprocessing

To automate the process of segmentation and exclude a human factor from this process a special approach is required. This approach should determine characteristics of an image and threshold limits before using the main algorithm. Different values of threshold limits are needed due to sensitivity of the Canny algorithm to even small changes between a large quantity of images. Difference in limits is caused by a great variety of intensity and the number of pixels of certain brightness across the image.

A preliminary estimation can include histogram normalization in order to set necessary values of threshold limits. To make a histogram it is necessary to translate the image into a gray scale. Then goes obtaining of distribution of image gray tones, where a horizontal axis shows brightness and a vertical axis shows a relative number of pixels for a given brightness. Behavior of the histogram specifies the image type.

In addition, a histogram can be normalized to avoid inaccuracy. Coefficients for the threshold are chosen according to a normalized histogram. After preliminary estimation, the main algorithm can be executed with received coefficients [4].

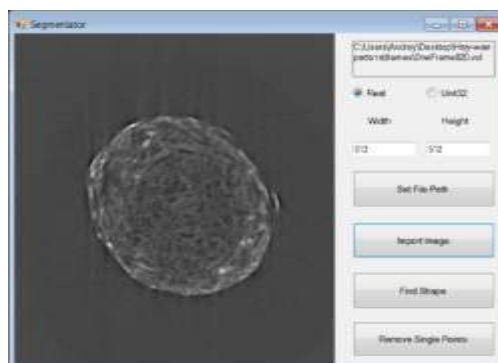
### Image processing

The special software program, which is based on the Canny algorithm of segmentation, was developed for working with the given images. Researches were carried out by using that software with the given set of tomographic images of a match and other objects. These ones represent slices of that match from bottom to top.

Various convolution masks had being tried for smoothing the set of given images: the Gaussian matrix, an identity matrix and a matrix with central coefficients increased relatively to the entire matrix. Convolution mask is a small matrix that moves across an image and changes a value of underlying pixels according to the defined rule. The Gaussian mask of 3x3 was chosen with the best combination of size, smoothing effect and speed of image processing [5].

The results of image processing are shown in the following pictures. The basic image before processing is shown in picture 1 to enable comparison with the result of applying a small (3x3) Gaussian mask that is demonstrated in picture 2. An additional layer contains yellow dots indicating the found differences in brightness between pixels in the base image. The shape of the object is rather clear and there are no extra dots around.

The chosen algorithm yields good results, but is time-consuming. If an image source is a digital camera and it supplies images in real time, the time of image processing will exceed the time of existence of an image stream frame. The time of processing should be reduced.

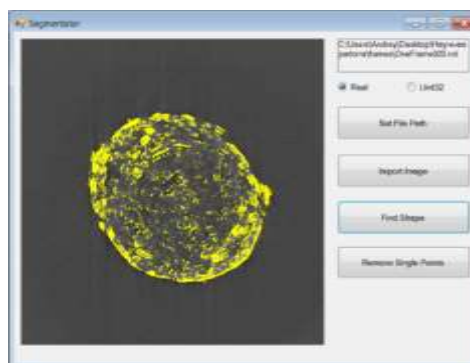


Picture. 1. Basic image (match slice)

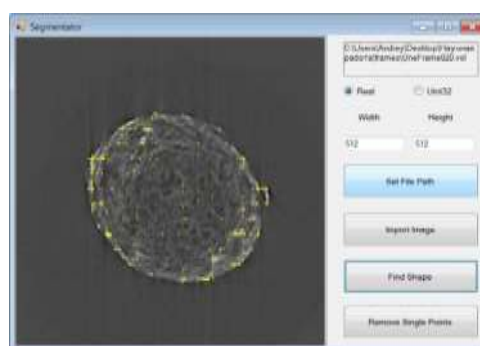
To reduce the processing time the Canny algorithm can be used with a grid-pass image processing type. Due to skipping some rows and columns of pixels while passing the image, the time of segmenting is greatly reduced. In comparison with the full-pass type of algorithm, the grid-pass type is performed almost 5 times faster for big objects. The result of using the grid-pass algorithm is shown in picture 3.

The algorithm acceleration depends on the grid-pass's step. The larger the step, the more acceleration it will give, but a step with a value larger than an object dimensions may cause its omission. If an object is predictably big, the step can be set to a quarter of the object's width or height. If the object has irregular shape the steps in horizontal and vertical directions can be different.

Approximate object positioning can narrow the searching area. The modified Canny algorithm allows quick and accurate determination of the position of an object relative to the image boundaries, so the grid-pass algorithm is applied to the whole image on the first search and only after that the full-pass algorithm is applied to the chosen area that is a small part of the whole image. Such combination requires less time than the basic Canny algorithm.



Picture. 2. Image with the additional layer after using the modified Canny algorithm



Picture. 3. Result of using a grid-pass algorithm

## Conclusion

Canny algorithm with a Gaussian mask (size 3x3) assures a very high accuracy of finding borders of an object in an image. If border currency is not obligatory and only a position and dimensions of an object are needed, a grid-pass type of the algorithm is very effective. In this case the time of processing is reduced up to 1 second. This time allows real-time processing of images taken from a camera situated in a tomograph. If an object moves aside, its position in the camera will change and the tomograph can automatically readjust and center the object. Automated tomograph adjusting is also appropriate for changing target objects without human intervention.

## References

1. Canny Edge Detection in C# [Electronic resource], Dr. Vinayak Ashok Bharadi — Access mode [free]: [http://www.codeproject.com/KB/cs/Canny\\_Edge\\_Detection.aspx](http://www.codeproject.com/KB/cs/Canny_Edge_Detection.aspx);
2. Алгоритм выделения контуров CANNY [Electronic resource], Билл Грин — Access mode [free]: <http://masters.donntu.edu.ua/2010/fknt/chudovskaja/library/article4.htm>;
3. Детектор границ Канни [Electronic resource] — Access mode [free]: [http://habrahabr.ru/blogs/image\\_processing/114589/](http://habrahabr.ru/blogs/image_processing/114589/);
4. Компьютерное зрение и программирование. Выравнивание гистограммы яркости [Electronic resource] — Access mode [free]: <http://cv-dev.ru/выравнивание-гистограммы-яркости/>;
5. Как работают фильтры размытия [Electronic resource], Петр Каньковски — Access mode [free]: <http://www.computerra.ru/print/35934/>.

# SIMULATION OF WATER FLOW OVER VARYING BOTTOM USING GRAPHICAL PROCESSING UNITS (GPUs)

M.N. Rud, V.R. Duseev  
E-mail: rudmax13@gmail.com

*Language supervisor: Butakova T.I.*  
*Scientific supervisor: Malchukov A.N., Ph.D.*  
*Tomsk polytechnic university, 634050, Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 30*

## Introduction

One of the most complicated and challenging problems for rendering realistically looking terrain is water simulation. Below are some popular methods to perform this task:

1. Procedural water. It simulates the visual effects of water surface, but not the water physics. This approach is suitable for large unbounded surfaces simulation, such as oceans. The most realistic results were obtained by J. Tessendorf in 2004.
2. Smooth particle hydrodynamics. In this method water is represented by set of particles; the approach perfectly fits for simulating spray, splashing, and runnels. It is computationally expensive and not suitable for simulating rivers, lakes and oceans.
3. Height fields. The method represents water surface as a 2D-function  $z = f(x, y)$ . The advantage of this approach is transition from 3D-volume to 2D-surface, and, as a consequence, reduction of computational complexity. However, there is no possibility to simulate breaking waves, because at each point of surface there is only one height value.

The above methods have some advantages and disadvantages; it is necessary for a researcher to make the appropriate choice of the method according to the task, programming, mathematics skills and hardware resources.

## Task

Our task is to develop a water model to be used on Interactive Sandbox, an installation for real-time terrain generating [4]. A good-looking and physically correct liquid model will add realism and functionality to the installation.

For our purpose, we need the water model, which satisfies the conditions below:

1. it provides realistic appearance of water;
2. water interacts with terrain and adapts to its changes in real time;
3. it is computationally as inexpensive as possible.
4. it allows simulating other liquids, for example, volcanic lava.

## Shallow water equations

Shallow water equations (also called Saint Venant equations) are a set of hyperbolic partial differential equations describing the dynamics of a thin fluid surface in terms of its height and flow.

$$\begin{bmatrix} h \\ hu \\ hv \end{bmatrix}_t + \begin{bmatrix} hu \\ hu^2 + \frac{1}{2}gh^2 \end{bmatrix}_x + \begin{bmatrix} hv \\ huv \\ hv^2 + \frac{1}{2}gh^2 \end{bmatrix}_y = \begin{bmatrix} 0 \\ -ghB_x - \kappa(h)u \\ -ghB_y - \kappa(h)v \end{bmatrix}$$

Figure 1. Shallow water equations

Here  $h$  is the water depth,  $hu$  is the discharge along the  $x$ -axis,  $hv$  is the discharge along the  $y$ -axis,  $g$  is the gravitational constant, and  $B$  is the bathymetry (see Figure 1).

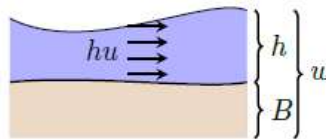


Figure 2. Variables for shallow water equations in 1D

The usage of shallow water equations has some limitations. As mentioned above we cannot simulate breaking waves and splashing particles, however, this method is perfect for modelling water domains whose surface area is much greater than its height. With the help of shallow water equations we can simulate not only small lakes, rivers, puddles, pools and ponds but also large surfaces of water.

### Numerical scheme

We are interested in a simple, accurate, and robust numerical method for the Saint-Venant system. A good numerical method for the system should accurately capture both the steady states and their small perturbations (quasi-steady flows). From practical point of view, one of the most important steady-state solutions is a stationary one (lake at rest):

$$u=0, h+B=Const.$$

Methods having this property are called well balanced.

In addition, the method should handle dry ( $h = 0$ ) or near dry zones (positivity preserving property). In these cases, due to numerical oscillations,  $h$  can become negative and all computations can simply break down.

Such a method which is both well-balanced and positivity preserving was suggested by A. Kurganov and G. Petrova in 2007 [2]. The system of differential equations is discretized on a regular Cartesian grid using the so-called central upwind scheme (Figure 3):

$$\frac{d}{dt} \mathbf{U}_j(t) = - \frac{\mathbf{H}_{j+\frac{1}{2}}(t) - \mathbf{H}_{j-\frac{1}{2}}(t)}{\Delta x} + \mathbf{S}_j(t),$$

Figure 3. Central upwind scheme of discretization

Here  $\mathbf{U}_j(t)$  is a two-component vector of conserved quantities  $w$  and  $hu$  (three-component vector in case of 2D), where  $w$  is a sum of water height and bathymetry height at the point, and  $hu$  is the discharge along the  $x$ -axis.  $\mathbf{S}_j(t)$  is an appropriate discretization of the cell averages of the source term, and  $\mathbf{H}_{j+1/2}(t)$  is a central-upwind numerical flux along the  $x$ -axis.

After obtaining all necessary values, this system can be solved using a second order stability preserving Runge-Kutta method.

$$\begin{aligned} U_j^* &= U_j^n + \Delta t(R(U_j^n)); \\ U_j^{n+1} &= \frac{U_j^n}{2} + \frac{1}{2} \cdot (U_j^* + \Delta t(R(U_j^*))); \end{aligned}$$

where  $R(U_j)$  is the right part of equation in Figure 3.

### Implementation using GPU

Unfortunately, implementation of Kurganov-Petrova scheme on CPU does not give us satisfactory results. Intel Core i5 processor can calculate only 50 vertices in each direction with acceptable frame rate (30 frames per second). This is not enough for two reasons: firstly, the surface is not smooth and does not look good enough, and, secondly, Kinect sensor that is used in Interactive sandbox produces the height map with resolution at least 320 x 240 points, so we need to obtain the appropriate resolution in water calculations.

GPUs have in recent years developed from being hardware accelerators of computer graphics into high-performance computational engines.

In our case we can use computations on GPU to implement Kurganov-Petrova scheme in parallel. We divide the entire algorithm into four stages. At each stage we perform calculations for each vertex independently from others. That is exactly how GPU can be used in non-graphic computations.

To implement the algorithm we use graphics API OpenGL and its feature called Frame buffer object. We use the first program to perform the first stage of algorithm in parallel for each vertex (the program performed on GPU is called *shader*). Then this data is used to fill the texture which can be used at the second stage. After all four stages proceed, we obtain the solution, which includes water height at this point, and use this value to render water surface.

### Visualization

To visualize the liquid surface we use some well-known and not very computationally expensive techniques, which, nevertheless, give very good results.

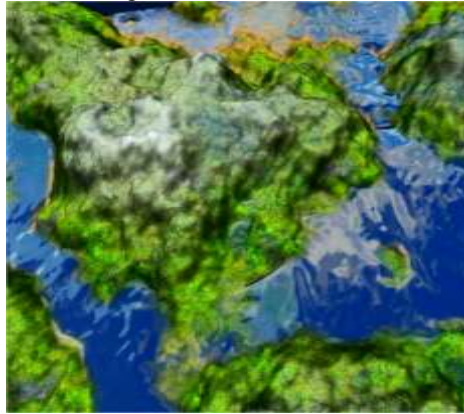
1. To compute lighting we use standard ADS-model (which divides the light into three components – ambient, diffuse and specular);
2. We use skybox texture to simulate the effect of real environment around the scene.
3. For water to look realistically we use reflections of skybox and of terrain part which is above the water surface. To perform this we render the scene with terrain into the texture and then apply this texture to the water to obtain reflection.
4. As in real life, in our implementation water transparency depends on its height.

### Blending liquids

Algorithm allows simulating two or more liquids on terrain simultaneously. Computations for them are performed in parallel, so there is no reduction of a frame rate. We cannot simulate physical interaction of fluids without particle system, but usage of specially computed color blending factor gives good visual results.

### Results

The result of rendering can be seen in Figure 4.



*Figure 4. Final result of rendering*

The water surface has resolution 320 x 240, obtained frame rate was 40 frames per second. The program was tested on the notebook with Intel Core i5 processor and NVIDIA GeForce 640M video card. The developed user interface allows user to add water in certain points with a mouse, change terrain, move lighting source, and tune water visualization to make it more transparent, and etc.

### References

1. A. Kurganov and G. Petrova, “A second-order well-balanced positivity preserving central-upwind scheme for the Saint-Venant system,” Communications in Mathematical Sciences, vol. 5, pp. 133–160, 2007.
2. A. R. Brodtkorb, M. L. Sætra, and M. Altinakar, “Efficient shallow water simulations on GPUs: Implementation, visualization, verification, and validation” 2010.
3. D. Shreiner, M. Woo, J. Neider, and T. Davis, OpenGL Programming Guide: The Official Guide to Learning OpenGL, 6th ed. Addison-Wesley, 2007.
4. Rud M., Duseev V., “Creating interactive visualization system”, TPU, 2013.

## SMS INNOVATIONS

E.T. Sakharova, Y.V. Papina  
sakharovaet@gmail.com, papinayuliya@gmail.com

*Scientific advisor: L.G.Averkieva, Senior Lecturer, Department of Foreign Languages; Institute of Humanities, Social Sciences & Technologies*

We know that everyone has physical needs necessary for life. The food is probably the most important need among all. By the standards of good nutrition a person should consume a certain amount of nutrients, vitamins and minerals daily. Most of them he gets from food. However, the central question of modern dietetics - "How to implement a proper nutrition in our modern life?"

Today, we have paid special attention to the students, because these people will build our world tomorrow. Nutrition of the student in such an intense way of life is a problem of many universities, including the Tomsk Polytechnic University. And the problem is not just in price. Students usually do not have time for lunch because of the small breaks between classes and long lines in canteens. And if a student takes homemade food with him, it can quickly cool down which also does not bring satisfaction.

To solve this problem, our creative team launched a few ideas. The first idea is to create a generic database, which will include nearby cafes and canteens. Any person will be able to register in this database and send a special message to one of the canteens or cafes to order the food (even during the class, with SMS) and after 15-20 minutes (to allow for cooking time) his hot meal will be ready. So, a student should only go to a café and take away his hot tasty launch. Creation of such system will greatly reduce the size of queues in canteens during a break between pairs and make life easier for students and business people.

The second idea is about creating a special container for food equipped with a heating food system with the self-timer, which allows you to heat your food at a convenient time. It seems to be a device such as a mobile container, which tends to be expensive, but our main goal was to create a device that each student could afford.

Operating principle of this container is based on the effect of transcalency - energy transfers from hotter parts to a less heated ones and leads to a uniform temperature throughout the container.

- A plate with high resistivity is used in the container as the heating element which is heated when current passes through them. These plates occupy a large part of the inner space of the container to contact to provide the maximum contact with the product.
- A galvanic cell battery is used as the power source which allows you to make the device completely autonomous.
- Also a remote control system is used in the container. There is a GSM module, which is used for receiving SMS text messages from any cell phone to activate the heating process.

Duration of the heating process in the container is limited by a timer. The working time of this timer is programmed by a computer in advance and you can change it if you want. Initially, the electronic timer is set on 540 seconds after start.



### Smart Meal Shell (SMS)

Weight	370 gr
Volume	400 ml
Maximum temperature	75°c
Duration of heating process	540 sec
Heating elements	Two plates with high resistivity
Power source	Rechargeable batteries (completely autonomous)
Activation of heating process	One SMS
Duration of heating process (limited by a timer)	540 sec
Price	1100 rub



Figure 1. SMS container

Let's see how it works.  
First of all we should press the button to switch it on.

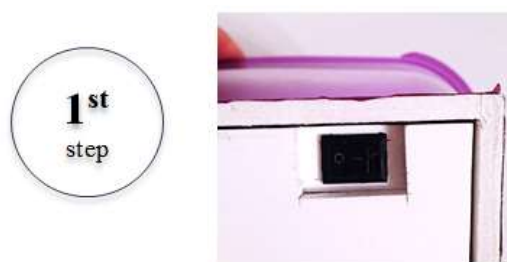


Figure 2. Power button

Then we should look at this small lamp and wait until it turns from red into green. It'll take half a minute. (GSM module should catch a mobile network).



Figure 3. The process of switching the device on

So, we see the lamp is green. And our next step is to send a message with a special code to our container. (It's got its own number!!)



Figure 4. SMS with a special code (to activate the heating process)

As soon as the message is sent, the container starts heating. Also, you can always check the temperature inside the container. You should just send a message to your container and it'll send message with a temperature back to you.



Figure 5. SMS with a temperature (which container sends back to you)

Duration of the heating process in the container is limited by a timer. The working time of this timer is programmed by a computer and you can change it if you want. In this container the electronic timer is set on 540 seconds after start, but you can switched it off sending another SMS (also with a special code).



Figure 6. SMS with a special code (to stop the heating process)

The idea of "smart containers" can gain popularity not only among students but also among people with an active lifestyle, tourists, sportsmen and businessmen. Our team is planning to improve this product by inventing new features and options. So, we want to create a universal product for the modern man.

The implementation of this idea will allow many people discover the world of proper nutrition, eat high-quality hot food, in spite of the limiting factors dictated by time.

#### References:

1. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM. – Эко-Трендз, 2005. – 517 с.
2. Брякин Л. А. Основы схемотехники цифровых устройств. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2005. – 215 с.
3. Карслоу Г. С. Теория теплопроводности. – ОГИЗ, 1947. – 183 с.

## СЕКЦИЯ 10. НАУЧНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

### АЛГОРИТМЫ–РЕШАТЕЛИ НЕКОТОРЫХ СТЕРЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА ЧАСТИ С

Федотов Д.А., Ромадина П.А., 11Б класс

МАОУ СОШ №14 г. Кемерово

Руководитель: Бруй Светлана Николаевна

Мы, Федотов Дмитрий и Ромадина Полина, одни из тех молодых людей, которые окончат школу в самое ближайшее время. А сейчас готовим себя к сдаче единого государственного экзамена, ставя перед собой цель быстро и эффективно повторить теорию и методы решения задач.

Тема нашей работы «Алгоритмы–решатели некоторых стереометрических задач единого государственного экзамена части С». Выбор этой темы не случаен. По статистике последних лет около 30 % выпускников приступало к решению задачи С2 на ЕГЭ 2010-2012 гг. Так в 2010 году процент приступивших к выполнению составил 30%, в 2011 году – 33,1%, а в 2012 году – 29%. Задание С2 оценивается в 2 балла. В 2010 году от 1 до 2 баллов за задачу С2 смогли получить 11,6% участников экзамена, в 2011 – 13,9%, а в 2012 – 5,53%.

Полное решение каждой задачи состоит из теоретической части, заключающейся в обосновании взаимного расположения элементов заданной стереометрической конфигурации, и вычислительной части.

При проверке задачи С2 выставление баллов производится в соответствии со следующими критериями (рис.1).

Содержание критерия	Баллы
Обоснованно получен правильный ответ	2
Решение содержит обоснованный переход к планиметрической задаче, но получен неверный ответ или решение не закончено, или при правильном ответе решение недостаточно обосновано.	1
Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше	0
<b>Максимальный балл</b>	<b>2</b>

Рис.1 Критерии выставления баллов

Задачи части «С» Единого государственного экзамена по стереометрии относятся к задачам, требующих высокого уровня подготовки. По плану экзаменационной работы, составленного нами, на решение задания С2 отводится 15-20 минут. Последнее время большей частью они посвящены вычислению расстояний и углов в пространстве. Поэтому, мы перед собой поставили следующую цель – создание алгоритмов – решателей некоторых стереометрических задач части С единого государственного экзамена, основанных на векторно-координатном методе.

Для достижения этой цели были решены следующие задачи:

- освоить и презентовать векторно-координатный метод для решения стереометрических задач единого государственного экзамена;
- изложить теоретический материал векторно-координатного метода для решения стереометрических задач, который недостаточно подробно рассмотрен в школьных учебниках или даже не изложен в них вовсе;
- прописать алгоритмы: «Расстояние от точки  $M$  до прямой  $AB$ »,  
«Расстояние от точки  $M$  до плоскости  $\alpha$ »,  
«Угол между прямыми  $AB$  и  $CD$ »,

«Угол между прямой  $AB$  и плоскостью  $\alpha$ »,

«Угол между плоскостями  $\alpha$  и  $\beta$ »;

■ подобрать и решить задачи на расчёт расстояний и углов в пространстве, используя прописанные алгоритмы.

Следует отметить, что при решении задачи координатно-векторным методом мы должны получить правильный ответ, и только тогда его решение будет оценено в 2 балла. В противном случае его решение не соответствует приведенным критериям и будет оценено в 0 баллов.

## ВРЕД МИКРОВОЛНОВОЙ ПЕЧИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

Соловей В., 11 класс

*МАОУ Сергеевская СОШ Первомайского района*

### Актуальность проблемы

Всякая хозяйка радуется, если приобретает помощников по хозяйству: холодильник, стиральную машину, электрическую плиту или чайник, утюг. Для многих не является излишеством и миксер, кофеварка, микроволновая печь, компьютер, сотовый телефон. Здорово, что все это у нас есть. Но обратная сторона медали такова: все названные предметы, включенные в розетки, и сами розетки, и даже стены, пронизанные проводами, распространяют электромагнитные поля, отнюдь не безвредные для нашего здоровья. В своем доме каждый человек должен быть уверен, что ничто не угрожает его здоровью. Однако для этого нужно знать, какие именно могут возникнуть опасности и как их избежать.

**Целью исследования является:** изучение проблемы влияния электромагнитного излучения бытовых приборов на экологию окружающей среды, а именно вреда микроволновой печи для здоровья человека в частности.

#### В связи с этим задачи работы:

1. Изучить специальную литературу о влиянии электромагнитного поля бытовых приборов на организм человека,
2. Изучить техногенные воздействия микроволновой печи, установленные германскими и русскими исследователями: канцерогенное; разрушение пищевой ценности разогреваемой пищи; прямое техногенное влияние на человека, оказываемое ЭМИ.
3. Разобраться в работе нейтрона — уникального и не имеющего аналогов средства, дающего гарантированную защиту от воздействия ЭМ-излучения.

#### Микроисследование:

1. Исследовать интенсивность электромагнитных волн от расстояния, на котором находится человек от печи;
2. провести социологический опрос среди учителей и учащихся школы, чтобы узнать, как много людей пользуется микроволновыми печами и что они знают о вреде электромагнитного излучения.

#### Выводы:

1. По мнению специалистов, приготовление пищи в микроволновой печи изменяет питательный состав веществ пищи. По результатам исследований, качество приготовленных продуктов в микроволновых печах существенно отличается.
2. Все микроволновые печи имеют утечки электромагнитного излучения.
3. Микроволновые печи небезопасны для детей.

В заключение хочется сказать, что микроволновая печь, как и любой бытовой прибор, может приносить пользу, а может нанести вред. Главное - внимательно читать инструкцию, следовать рекомендациям производителя, соблюдать рецептуру приготовления блюд.

#### Список использованной литературы:

1. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики, т.3. - М., Наука, с.-133.

2.Материалы интернет - портала «REFERAT.RU» (рефераты, учебные и справочные материалы на данную тему).

3.Электромагнитное поле и здоровье человека. М., Издательство РУДН, 2002,под редакцией Ю.Г.Григорьева. с.- 177.

4.Кудряшов Ю. Б., Перов Ю. Ф. Рубин А. Б. Радиационная биофизика: радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения. Учебник для ВУЗов. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 184 с

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Дудкина Н., 10 класс

*МАОУ Сергеевская СОШ Первомайского района  
Руководитель: Козырева Виктория Викторовна*

### Актуальность проблемы

Неотъемлемой частью глобальных проблем являются энергетические, которые имеют прямую взаимосвязь со всеми сторонами жизни человечества. Отрасли энергетики разнообразны и их можно так охарактеризовать по видам используемых энергоносителей: ядерная, угольная, газовая, мазутная, гидро, альтернативные: ветро, геотермальная, биомассовая, волновая и приливная, градиент-температурная, солнечная.

Можно сопоставлять эти отрасли по нескольким показателям: экономическим, экологическим, ресурсным, а также по показателям безопасности и некоторым другим. Исходя из этого сравнения, можно прийти к выводу, что альтернативная энергетика, как долгосрочная перспектива, имеет одно из первостепенных значений.

Цель: Рассмотреть возможности перехода на альтернативные источники энергии и способы экономии электроэнергии на примере школы, жилого помещения.

Задачи:

- 1.Ознакомится с альтернативными источниками электроэнергии.
- 2.Ознакомиться с данными по потреблению электроэнергии школой.
- 3.Рассмотреть способ обеспечения школы энергией от автономного гидрогенератора.
- 4.Рассмотреть способы экономии электроэнергии на примере школы.

Выводы

В данной работе мы рассматриваем альтернативные источники энергии, и способы получения экологически чистой энергии. Предлагается альтернативный способ решения энергетической проблемы.

В практической части на примере школы и жилого дома рассматривается возможность использования экологически чистых и экономически выгодных источников энергии, что позволит экономить электроэнергию и денежные средства. Альтернативные источники энергии не единственный способ экономии. Прежде всего, мы должны всегда выключать свет и электрические приборы, нельзя оставлять приборы в режиме ожидания т.к. в это время они потребляют энергию.

**В настоящий момент настала ситуация, когда человечество вынуждено обратиться к экологически чистым и возобновляемым источникам энергии.**

Список использованной литературы

- 1.Электронный ресурс: <http://www.sgs-company.de/v/#home>
- 2.Электронный ресурс: <http://human-earth.narod.ru/gidro.htm>
- 3.Электронный ресурс: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Гидроэнергия>
- 4.Большая детская энциклопедия, Москва, Просвещение, 1975г.
- 5.О.Г. Хинн, Детская энциклопедия «Я познаю мир», Москва, АСТ,1998г

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ МОДЕЛЕЙ КОТЛА И ТУРБИНЫ

Крошев А.

*Лицей при ТПУ*

Сегодня тепловые электростанции (ЭСТ), работающие на угле или газе – самые распространенные в мире, именно они вырабатывают не менее 85 % всей электрической энергии на планете. И уголь, и газ относятся к не возобновляемым ресурсам планеты, поэтому вполне вероятно, что в будущем человечество будет вынуждено отказаться от тепловых ЭСТ и получать энергию, например, за счет космических солнечных ЭСТ или термоядерного синтеза. Однако можно ожидать, что в ближайшие десятилетия тепловые ЭСТ сохранят свои лидирующие позиции. Это означает, что изучение технологической схемы производства электрической энергии и конструкции оборудования тепловых ЭСТ необходимо каждому инженеру-энергетику. Автор связывает свою будущую профессиональную деятельность именно с энергетикой, поэтому выбор темы не случаен.

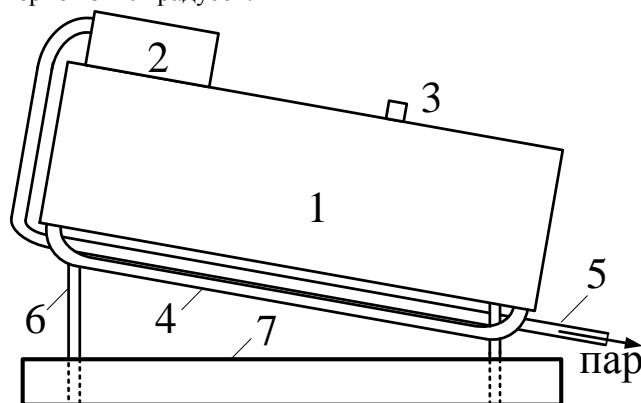
Цель работы – конструирование и изготовление действующих моделей котла и турбины, в которых реализованы основные принципиальные конструктивные решения их реальных прототипов (в дальнейшем реальное оборудование ЭСТ будем называть соответственно котлоагрегат и турбоагрегат). Разработанные модели демонстрируют все этапы преобразования химической энергии топлива в кинетическую энергию движения ротора турбины.

Назначение котлоагрегата – производить пар с большим давлением (150–200 атм.) и температурой (500–600<sup>0</sup> С), который вращает ротор турбины, которая в свою очередь вращает ротор генератора. Размеры котлоагрегата соизмеримы с размерами девятиэтажного дома.

Технологический цикл производства пара начинается с топлива. В котлоагрегат через специальные отверстия подается (вдувается) воздух и специальным образом подготовленное топливо (угольная пыль или газ). Топливо поджигается горелками. Обеспечить горение топлива внутри модели котла очень сложно, поэтому было решено разместить топливо (а именно горелку) снаружи.

Воду в котлоагрегате нагревают не в емкости, а в трубах небольшого диаметра. Они проложены по стенкам котла. Причина такого конструктивного решения понятна, таким образом увеличивают площадь поверхности нагрева. В модели реализован тот же принцип. Площадь поверхности нагрева воды обеспечивается за счет трубок, припаянных к дну котла.

Следующая проблема, которую надо было решить при разработке модели, заключалась в необходимости обеспечения циркуляции воды в этих трубках. В котлоагрегате постоянная циркуляция воды в трубах осуществляется за счет специального насоса. Он так и называется – циркуляционный. Работа этого насоса не должна прерываться ни на секунду, иначе вода в трубах внутри котла испарится, трубы перегреются, что приведет к их деформации. В модели та же проблема, если вода в трубках испарится, места спайки деталей перегреются, что приведет к нарушению герметичности котла. Чтобы этого избежать, оказалось достаточно расположить котел наклонно, под углом примерно 15-20 градусов.



*Рис. 1.*

*1 – корпус котла (изготовлен из жести толщиной 0,25 мм), 2 – паросборник, 3 – отверстие для воды, 4 – медные трубки для воды диаметром 5 мм, 5 – трубка для промежуточного перегрева пара, 6 – подставки, 7 – емкость для топлива*

Переходим к рассмотрению следующего конструктивного решения. Очень важно, чтобы пар, попадающий из котла в турбину, был сухим, без капель воды. В котлоагрегате это обеспечивается за счет очень большой температуры и давления пара (указаны выше). В модели, разумеется, обеспечить такие температуры и давление невозможно. Для отделения пара от капель воды в модели предусмотрен паросборник, припаянный сверху корпуса. Пар попадает в паросборник через небольшие отверстия, просверленные в корпусе.

Для обеспечения нужной температуры и давления пара важное значение имеет так называемый промежуточный перегрев: трубу, по которой проходит пар после выхода из котла, еще раз пропускают через пламя, тем самым осуществляя дополнительный подогрев. В модели также осуществляется промежуточный перегрев пара. Пар из паросборника поступает в трубку, которая проходит параллельно днищу котла через пламя.

И последнее. Если диаметр отверстия, из которого пар выходит из котла будет больше, чем нужно, то все усилия пропадут даром. Пар не сможет выполнять никакой работы. Для обеспечения нужного давления пара трубка, из которой выходит пар, сплющена так, чтобы получилось сопло.

Теперь коротко рассмотрим конструкцию современных турбоагрегатов. Колеса турбоагрегатов вращаются со скоростью 3000 об/мин. Чтобы полнее использовать энергию пара, турбины делают с длинными валами – роторами, на которые насажены колеса (рабочие венцы) с лопастями (лопатками). Причем часть рабочих венцов делают неподвижными, укрепленными на внутренних стенках корпуса турбины и не касающимися ротора. Каналы между лопатками неподвижных венцов выполняют роль сопел. Свежий «острый» пар из котла под давлением 150–200 атм проходит между подвижными и неподвижными лопатками постепенно отдавая энергию своего начального давления и превращая ее в скорость движения ротора турбины.

Мне как будущему инженеру было интересно изготовить действующую модель котла и турбины. Основные этапы реализации проекта:

- 1) изучение технологий
- 2) поиск материалов
- 3) изготовление

В ходе изучения различных технологий было принято решение изготавливать котёл из листов меди и паять её высокотемпературным припоем. На металлоломе я нашёл листы меди и трубки, приобрёл припой. Затем из дерева я изготовил матрицу будущего котла и по ней загибал лист меди. Затем я спаял шов и припаял к барабану котла все остальные компоненты. Для того чтобы изготовить турбину я выточил на станке втулки, в которых будет вращаться ось турбины, и выточил обойму, к которой будут крепиться детали от турбины. Затем я заготовил лопасти турбины (алюминий, толщина 1мм), загнул их, вырезал две окружности из текстолита, в них проделал пазы и всё склеил. На этом изготовление паровой машины закончилось.

Модели будут использоваться в Энергетическом институте Томского политехнического университета в качестве учебного оборудования на занятиях по дисциплине «Общая энергетика» (2 курс), а также на занятиях по профориентации для школьников.

Литература:

1. А.П.Баскаков.Теплотехника: Учебник для вузов. 2-е издание, переработанное – М.: Энергостроиздат, 1991. – 224 с.: ил.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБНАЖЕНИЯ В РАЙОНЕ СЕЛА КОРНИЛОВО

Мухортов Д.

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение*

*«Корниловская средняя образовательная школа» 10 класс*

*Томского района*

*Научный руководитель: Микова Наталья Яковлевна, учитель географии*

Данная работа рассматривает особенность строения геологического обнажения, находящегося близ реки Каменка, расположенного в 800 метрах на север от школы в селе Корнилово.

Своей работой мы бы хотели привлечь внимание местной власти, ОГБУ «Облкомприрода» и других заинтересованных организаций, чтобы придать статус этому геологическому обнажению памятника природы местного значения. Нам бы очень хотелось облагородить эту территорию, огородить чистейший ключ, который расположен в восточной части обнажения, убрать не законные и неиспользуемые хозяйственные постройки, и чтобы этот объект стал учебной площадкой для изучения геологического строения Томской области. Мы сделали запрос в ОГБУ "Облкомприрода" о том, имеется ли у них какая либо информация о Корниловском геологическом обнажении. Специалист ОГБУ "Облкомприрода" Черникова Татьяна Юрьевна ответила нам письмом, что информации о нашем обнажении нет. Написала что, "Интересующую нас информацию о геологическом строении Томской области мы можем узнать от профессора кафедры динамической геологии геолого-географического факультета ТГУ Парначева В.П. Рельеф Томской области прошел очень длительный путь развития. В мезозое на месте Томской области было море, в нем обитали древние губки и даже кораллы. Отпечатки этих животных до сих пор находят в глинистых сланцах лагерного сада. Корниловское геологическое обнажение также является свидетелем существования древнего моря на территории Томской области, в котором возможно также сохранились отпечатки, останки обитателей древних морей, а также отпечатки древней субтропической растительности. И это обнажение может также стать объектом изучения геологической истории земли, как для учащихся школы, так и для студентов геологических факультетов.

О далеком прошлом этой местности, где мы теперь живем, рассказывают немые свидетели давно прошедших времен: окаменелые останки животных и растений, отпечатки вымерших организмов, наконец, отложившиеся осадки суши, которые хорошо здесь сохранились. Очевидно, что нынешнее состояние ландшафта неустойчиво, сильно менялось в последние годы, и будет меняться в дальнейшем. Основание обрыва Лагерного сада – глинистые сланцы и алевролиты нижнекаменноугольного возраста. Здесь отмечаются горизонты с морской фауной – брахиоподы, мшанки и мощный пласт железных руд – сидерита. В северной части обнажения имеются мощные дайки "томских диабазов" – долеритов. Здесь же обнаружены такие минералы как пирит, сидерит, гипс, калиевые квасцы, кварц, полевошпатовые жилы с мелкими кристалликами горного хрусталя. На нижнекаменноугольных отложениях залегает мощная толща кайнозойских отложений из песков, суглинков, супесей. В основании этой толщи отмечены линзы бурых углей со стяжениями вивианита. Зона контакта двух толщ – водоносный горизонт, дающий множество обильных родников.

Село Корнилово — расположено на реке Ушайка, в 14 км от г. Томска. Административный центр Корниловского сельского поселения, расположенного в Томском районе Томской области.

Высота Корниловского геологического обнажения составляет около 20 метров на северном склоне. В этом месте хорошо видны выходы пород, слагающих данный объект (фото№2).





*Фото №2. Корниловское геологическое обнажение. Северный склон.*

Эти глинистые сланцы встречаются в Лагерносадской свите, которая вскрывается в коренных обнажениях по правому берегу р. Томи в районе г. Томска, а также по рекам Ушайке, Басандайке и Тугояковке. Свита сложена серыми и темно-серыми алевроито-глинистыми, иногда углисто-глинистыми сланцами с прослоями алевролитов и мелкозернистых песчаников и в единичных случаях глинистых мшанковых известняков. Слои песчаников в Корниловском обнажении смяты в складки, легко разбиваются, размываются тальми водами. Западный и восточный склоны покатые и покрыты лесом. Южный склон уходит в сторону поселения и застроен сельскохозяйственными постройками. Растительный мир обнажения представлен хвойными породами (сибирская сосна и сосна обыкновенная, ель.), кустарниками (акация, рябина, шиповник, черемуха.). В западной части, обнажение с севера на юг вскрыто трактором. Вследствие этого открылась полоса серого цвета, которая привлекла наше внимание и стала объектом нашего исследования.

Обойдя вокруг обнажение нигде больше выхода подобного вещества не было. Далее мы увидели на противоположном краю такую же полосу. Получилось, что геологическое обнажение было разделено трактором на две части. По всей видимости, срезанный рыхлый грунт был использован для отсыпки дамбы на р. Каменка, в результате чего глазу человека открылась с двух сторон западного склона полоса серо-белого цвета. Нас заинтересовало, что же это за вещество. В-первых мы произвели измерительные работы и установили, что протяженность обнаруженного пласта составила 12 метров, его ширина составила от 50 см до 90 см.

Сверху пласт был перекрыт рыхлыми отложениями мощностью. Мы извлекли несколько образцов для химического анализа данного отложения. Проводились опыты на выявление физических и химических свойств образцов взятых с Корниловского геологического обнажения.

**Опыт 1** Небольшой кусочек образца мы растолкли в фарфоровой чашке с помощью фарфорового пестика (Фото№4).



*Фото№4. Исследование физических св-в.*

Материал оказался достаточно хрупким и при малейшем прикосновении рассыпался на частицы. Для сравнения мы взяли простой школьный мел, который также легко растолкли в

порошок. По внешнему виду наблюдались отличия. Образец, взятый в обнажении, имел различные примеси (песок, глина). Школьный мел был чистым.

**Опыт 2** Кусочком образца из обнажения мы легко написали на деревянной доске, но при этом образец сильно крошился (Фото№5). Физические свойства исследуемого образца и мела схожи между собой.



*Фото№5.Исследование физических св-в.*

**Опыт 3** Оба вещества мы высыпали в стеклянные стаканчики и добавили простую воду. Сами вещества не растворялись даже при помешивании стеклянной палочкой, но цвет воды изменился. В стакане №1 вода стала мутной, вещество оседало на дно стаканчика. В итоге второго опыта мы имели во втором стакане чистый, осевший на дно стакана мел, а в первом стакане мы видели четкое расслоение на слои: меловой, силикатный. Вода в стакане №2 стала прозрачной через час, а в стакане №1 спустя сутки. В стакан №2 с размешанным мелом мы опустили горящую спичку, пламя стало ярче, а со стаканом №2 -такого эффекта не было(Фото№6.).

**Опыт 4** На образец взятый в геологическом обнажении мы решили капнуть соляной кислотой- никакой реакции не произошло. **Опыт 5** На оба образца мы покапали уксусную кислоту была слабая реакция шипения с образцом №2 (мел) и ни какой реакции на образце №1.



*Фото№6.Исследование физических св-в.*

Исходя из вышесказанного сначала мы предполагали, что данный образец, взятый из геологического обнажения-это мел. Но во время беседы с профессором Парначевым В.П. мы выяснили, что данный образец мелового возраста, но не происхождения и является ничем иным как корой выветривания, так же мы выяснили, что наше Корниловское отложение и его кора выветривания схоже по своим физическим свойствам с обнажением в Лагерном саду.

Нашел информацию о том, что глинистые сланцы составляющие Корниловское геологическое обнажение сходны с Лагерносадской свитой, которая вскрывается в коренных обнажениях по правому берегу р. Томи в районе г. Томска, а также по рекам Ушайке, Басандайке и Тугояковке, о том, что свита сложена серыми и темно-серыми алеврито-глинистыми, иногда углисто-глинистыми сланцами с прослоями алевролитов и мелкозернистых песчаников и в единичных случаях глинистых мшанковых известняков. Далее провел исследование физических и химических свойств образцов, которые взял в западной части Корниловского геологического обнажения. Мои предположения, что это мел, в результате химических исследований не подтвердились. Я очень благодарен доктору геолого-минералогических наук, профессору, заведующему кафедрой динамической геологии геолого-географического факультета Томского государственного университета Парначев Валерия Петровича за консультацию и помощь в определении того, что данный образец мелового возраста, но не происхождения и является ничем иным как корой выветривания, так же мы выяснили, что наше Корниловское отложение и его кора выветривания схоже по своим физическим свойствам с обнажением в Лагерном саду. Валерий Петрович порекомендовал мне заняться поиском в данном геологическом обнажении отпечатков древней флоры и фауны. Этим я намерен заниматься в весенне-летний период 2014 год. Также обнажение может стать объектом изучения геологической истории земли, как для учащихся школы, так и для студентов геологических факультетов. Также Корниловское геологическое обнажение является свидетелем существования древнего моря на территории Томской области.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Адам А.М., Ревушкин Т.В., Нехорошев О.Г., Бабенко А.С. Особо охраняемые природные территории Томской области. Учебно-справочное пособие. - Томск Изд-во НТЛ 2001.
2. Врублевский В.А., Нагорский М.П., Рубцов А.Ф., Эрвье Ю.Ю. Геологическое строение области сопряжения Кузнецкого Алатау и Колывань-Томской складчатой зоны. - Томск изд-во Том. ун-та, 1987.
3. Евсеева Н.С. География Томской области: Природные условия и ресурсы. - Томск изд-во ТГУ, 2003.
4. Парначев В.П., Парначев С.В. Геология и полезные ископаемые окрестностей города Томска. - Томск, изд-во ТГУ, 2010.
5. Официальный сайт Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области: <http://teguldet.tomsk.gov.ru>

## РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Жданов И.С.

*МБОУ Лицей при ТПУ, Томск*

*Руководитель: Доцент кафедры ЭЭС ЭНИН НИ ТПУ, В.В. Шестакова*

#### Постановка проблемы, цели, задач

**Проблема:** Первоначальная моя цель заключалась: в проектировании и сборки модели для демонстрации основных принципов работы асинхронного электродвигателя, в предварительном расчёте его характеристик. Я сделал ротор. Он представлял собой стальное кольцо с определенным радиусом и массой. Для начала мне нужно было рассчитать вращающий момент для него. Т.е., условно говоря, определить какой должна была быть силы вращающее магнитное поле, чтобы крутить его с определенной частотой вращения. К моему удивлению в курсе физики не было ни одной задачи даже отдаленно напоминающей задачи поставленные мной. После изучения большого количества литературы на эту тему, я пришёл к такому же выводу. Наиболее близкой оказалась задача, представленная в [4], заключающаяся в расчете вращающего момента для диска индукционного реле, помещенного в магнитное поле с известной магнитной индукцией. Вращающий момент, создаваемый полем, пропорционален квадрату тока в обмотке. Пропорционален, но не равен. Знак равенства можно поставить, если учесть некий коэффициент пропорциональности  $K$ , который выбирается по таблицам в зависимости от типа реле. Для разрабатываемой модели электродвигателя указанные коэффициенты, конечно, не подходят. Я предположил, что коэффициент

$K$  для модели зависит от массы, формы и площади поверхности ротора, от числа витков обмоток статора, от их расположения в пространстве друг относительно друга, расстояния между ротором и обмотками и т.д. Эти коэффициенты рассчитываются экспериментально. После более подробного изучения вопроса выяснилось, что я имею дело с так называемой униполярной индукцией, которая заключается в наведении токов в проводящих телах, вращающихся в магнитном поле, и является частным случаем электромагнитной индукции [3]. Впрочем, и там никаких указаний по расчету не было. Я решил, спроектировав модель, вывести формулу для её расчёта, используя знания курса школьной физики и по ней рассчитать нужные характеристики.

**Цель работы:** Разработка алгоритма расчета параметров АД и проверка их правильности на основе собранной модели.

**Задачи:**

1) Путем математического моделирования на базе теории электрических машин разработать конструкцию физической модели, позволяющую наглядно демонстрировать основные принципы работы АД.

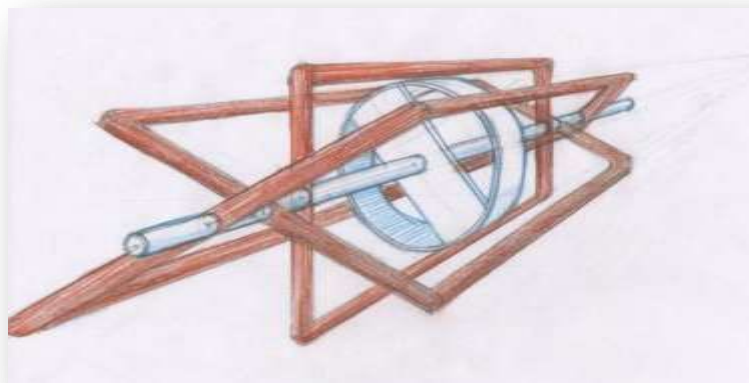
2) Вывести формулу для расчёта характеристик спроектированного двигателя.

3) По полученным приблизительным подсчётам реализовать физическую модель.

4) Проверить достоверность полученной формулы экспериментально.

**Проектирование модели. Разработка конструкции**

Наиболее оптимальным было принято следующее конструктивное решение. Создать магнитное поле тремя обмотками, расположенными на одной оси и сдвинутыми относительно друг друга на 120 градусов. Ротор расположить внутри обмоток на той же оси. Разработка модели была начата с выбора размера и конструкции ротора. Предварительный расчет показал, что ротор, спаянный из медной проволоки большого диаметра (2-3 мм) по типу «беличья клетка», будет иметь массу не менее 15-20 г. Если же уменьшить массу ротора за счет уменьшения сечения проволоки, то такой ротор не будет обладать достаточной механической прочностью. Поэтому было принято решение использовать в качестве ротора тонкостенный цилиндр из жести. Масса такого ротора всего 6 г. Изготовление модели АД в виде уменьшенной копии реального двигателя в принципе возможно, однако требует доступа к металлообрабатывающим станкам и очень хороших слесарных навыков. Я задался вопросом – можно ли изготовить модель АД без стальных сердечников? Возможно ли создать в воздухе достаточно мощное магнитное поле, которое бы «раскрутило» какое-нибудь легкое проводящее тело? В [1] указывается, что без стальных сердечников создать двигатель даже мощностью всего около 1 Вт очень проблематично. Поэтому в проектировании данной модели изначально я не ставил задачу совершения какой-то механической работы. В дальнейшем я сделал рисунок модели (рис.1) по которому я в последствии ориентировался при сборке и выводе формулы.



*Рис.1 Модель*

**Вывод формулы**

$$M = \varepsilon J$$

Я предположил, что, если при правильных математических преобразованиях и выводах, основанных на законах физики, можно получить нужную формулу для расчёта характеристик моей модели. Целесообразно из этой формулы считать угловое ускорение ( $\varepsilon$ ), т.к. оно характеризует частоту вращения тела. В дальнейшем можно будет посчитать его значение экспериментально и через полученную формулу. А момент инерции( $J$ ) определяет массу и радиус тела. Я выделю основные используемые формулы:  $\varepsilon = \frac{M}{J}$  (1);  $M = 2F_a r$  (2);  $F_a = I_p B l \sin \alpha$  (3);

$I_p = \frac{\mathcal{E}_{ДС}}{R}$  (4);  $R = \frac{\rho l}{hK}$  (5);  $\mathcal{E}_{ДС} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  (6);  $\Delta\Phi = BS\Delta \cos \gamma$  (7);  $B = \frac{1,5\mu_c W}{2\pi L}$  (8) После математических преобразований получается формула:

$$\varepsilon = \frac{450\mu^2 I_c^2 W^2 h^2 k}{m\pi L^2},$$

где  $J$ -момент инерции;  $M$ -вращающий момент (момент сил);  $r$ -радиус ротора;  $\varepsilon$ -угловое ускорение;  $I_p$  – индукционный ток ротора(амплитудный);  $R$ -сопротивление ротора;  $F_a$  – Сила ампера, действующая на ротор(амплитудная);  $B$ - магнитная индукция (вращающегося магнитного поля статора);  $S$ - площадь контура пронизываемая магнитным потоком  $\Phi$ ;  $I_c$ -ток статора;  $W$ -число витков каждой обмотке;  $L$ -среднее расстояние от обмоток до ротора;  $\mu$ -магнитная постоянная  $h$ -ширина ротора;  $K$ -толщина стенок ротора;  $l$ -длина окружности ротора.

По этой формуле видно, как зависит величина углового ускорения, а, следовательно, и частота вращения от величин, характеризующих силу тока в обмотках, число витков и т.д. Для расчёта величины  $m$ ,  $\rho$ ,  $h$ ,  $k$  остаются неизменными, т.к. они характеризуют сам ротор. Поэтому, задав определенное значение частоты вращения можно определить нужные значения силы тока статора, числа витков и среднее расстояние от обмоток до ротора.

#### Расчёт характеристик и реализация модели

Для расчёта я взял частоту 45 Гц (т.к. поле вращается с частотой 50 Гц). Подставив в выведенную формулу, я посчитал значения:  $W=120$ (число витков);  $I_c=11,5A$ ; Среднее расстояние от обмоток до ротора 3 мм. По этим данным я реализовал физическую модель трёхфазного асинхронного электродвигателя (Рис.2).

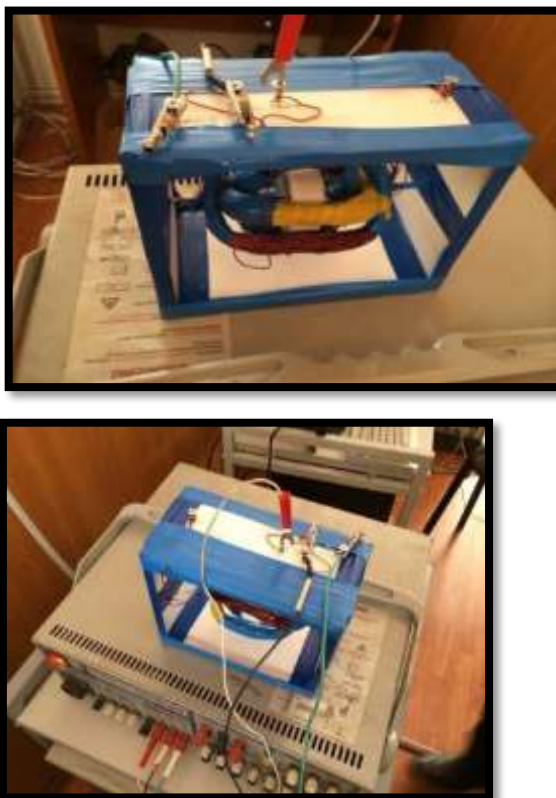


Рис.2 Физическая модель

### Проверка формулы

Мне нужно было посчитать значение углового ускорения экспериментально. Пусковой ток оказался 0.9 А, при этом ротор вращался довольно медленно и можно было засечь число оборотов в минуту, оно приняло значение 150. Дальше я посчитал угловое ускорение по стандартной формуле:  $\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = 39,25 \text{ с}^{-2}$ . Потом нужно было посчитать его через выведенную формулу, чтобы хоть как-то убедиться в её относительной правильности, для этого я подставляю значения силы тока в статоре 0.9 А, при этом по формуле:  $\varepsilon = 37,845 \text{ с}^{-2}$ .

**Вывод:** Разработанная конструкция физически реализована и работает так, как и планировалось. Выведенная формула является довольно точной для данной модели двигателя, т.к. значения, посчитанные экспериментально и теоритически приблизительно совпали. Чтобы подтвердить правильность формулы абсолютно, нужно проводить ещё большее количество опытов и расчётов.

### Литература:

1. Виноградов «Как самому рассчитать и сделать электродвигатель» -156 с.
2. В.А. Касьянов; «Физика» - 429 с.
3. Википедия — свободная энциклопедия [<https://ru.wikipedia.org/>]. Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BD%D0%B8%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BD%D0%B8%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F), свободный (дата обращения 01.03.2014).
4. Беркович М.А., Молчанов В.В., Семенов В.А. Основы техники релейной защиты. – М.: Энергоатомиздат. – 1984. – 320 с.
5. А.А. Пинский, О.Ф. Кабардина; «Физика» - 446 с.

## ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СИЛИКАТ - КАЛЬЦИЕВЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Пуговкина Ю.С.

*МБОУ лицей при ТПУ, 11 класс, г.Томск*

*Руководитель: Кутугин Виктор Александрович, старший преподаватель каф.ТСН,ТПУ*

На текущий момент на рынке строительной и теплоэнергетической изоляции теплоизоляционные и теплостойкие материалы с температурой эксплуатации выше 500°C представлены весьма ограниченно. Из отечественных материалов используются вермикулитовые плиты, минераловатные изделия, перлитовые плиты на неорганическом связующем. Однако они имеют существенные недостатки.

В качестве альтернативы перечисленным материалам можно рассматривать плиты из силиката кальция, выпускаемые, например, датской фирмой Skamol. Данные плиты обладают более высокими характеристиками и их можно использовать до температуры 1100°C. Производства таких материалов в России пока нет, а стоимость импортируемых изделий весьма высока.

В силу того, что для производства силикат кальциевых материалов используется дешевое и распространенное сырье: известь и кремнезем, то данное направление является привлекательным для проведения научных исследований.

Целью данной работы является исследование возможности получения силикат - кальциевых термостойких материалов на основе местного сырья.

Задачи работы:

- исследовать образцы силикат кальциевых материалов датской и китайской компаний для установления их минералогического и фазового состава;
- предложить гипотезу разработки технологии;



- исследовать влияние режимов гидротермальной обработки на состав и свойства синтезируемых силикат кальциевых материалов.

По информации производителя, силикат - кальциевые материалы образуются в результате реакции аморфного кремнезема и негашеной извести в армированной матрице на основе безвредных волокон. Открытая пористость материалов более 90%. Благодаря мелким порам плиты обладают превосходными теплоизоляционными свойствами и могут использоваться в диапазоне температур от -200°C до 1100°C. Компания Skamol использует реакционные способности микрокремнезема и негашеной извести и производят плиты, состоящие из практически чистого ксонотлита.

Таким образом, в качестве отправной точки исследований мы выбрали предположение о том, что подобный материал можно получить при автоклавной обработки шлама, приготовленного совместным помолом кремнезем содержащего компонента и гашеной или негашеной извести.

В таблице 1 приведены данные по сравнению силикат – кальциевых плит и ближайших аналогов.

Таблица 1. Сравнительные характеристики материалов

Наименование	Максимальная температура эксплуатации, °C	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность, Вт/м°C	Максимальная прочность при сжатии, МПа
SKAMOL SUPER_ISOL	1000	225	0,07	2,6
Вермикулитовые плиты	950	650-900	0,17	1,2
Маты МБПЭ [1]	700	50-125	0,04-0,05	-

Для определения фазового состава материалов был использован метод рентгенофазового анализа (РФА). Рентгенограммы образцов представлены на рис.1.

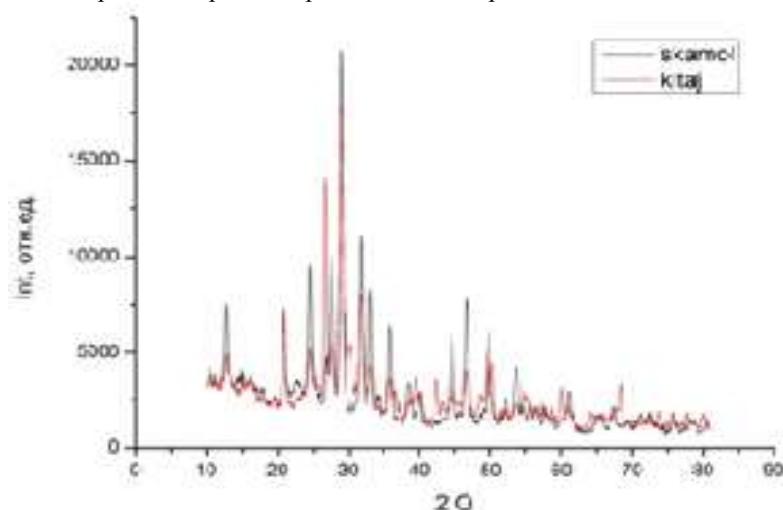


Рис.1 Результаты РФА образцов фирмы Skamol и китайского аналога

Расшифровка данных позволяет сделать вывод, что данные материалы в основном состоят из гидросиликата кальция - ксонотлита ( $\text{Ca}_6[\text{Si}_6\text{O}_{17}](\text{OH})_2$ ). При нагревании до высоких температур (более 800°C) ксонотлит, как и прочие низкоосновные гидросиликаты переходят в волластонит ( $\text{CaSiO}_3$ ). Волластонит является силикатом кальция с температурой плавления выше 1300°C, обладающий высокой химической и термической стойкостью, что позволяет использовать его для службы в условиях высоких температур.

Также образец «Super-Isol» и автоклавный газосиликат «Сибит» подвергались прокаливанию при 1000°C. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. Сравнительная характеристика Сибита и Super-Isol

Образец	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность, Вт/м*с	Изменение температуры	Потери веса, %	Линейная усадка, %
---------	------------------------------	--------------------------	-----------------------	----------------	--------------------

Сибит	610,00	0,168	20	-	-
Super-Isol	224,57	0,076	25	-	-
Сибит 1000°C	581,22	0.164	20	11,2	2,6
Super-Isol 1000°C	205,79	0,075	20	9,6	Нет усадки

На образце автоклавного газосиликата появились трещины и произошло охрупчивание образца, тогда как силикат – кальцевый образец не претерпел никаких изменений и сохранил практически всю прочность.

Ксонотлит содержит один моль воды в своей молекуле и поэтому переход при нагревании из ксонотлита в волластонит происходит без существенного разрушения структуры материала. Нагревание гидросиликатов - тоберморита или CSH-(I) приводит к значительному снижению прочностных характеристик, усадке и часто разрушению изделия.

Из анализа литературных источников [2,3], известно, что синтез ксонотлита из эквимольных количеств кремнезема  $\text{SiO}_2$  и  $\text{CaO}$  возможен при высоком давлении (16 атм.). Визуальный анализ макроструктуры импортных образцов позволяет сделать вывод о том, что в качестве порообразователя в данных материалах используется вода.

Опираясь на предложенную нами гипотезу, использовалась следующая технология эксперимента: шлам готовили из смеси кварцевого песка и негашеной извести с водой в соотношении 1:1:3. После перемешивания полученную смесь измельчали в планетарной лабораторной мельнице в течение 30 минут при 450 об/с до получения продукта сметанообразной консистенции. В часть шлама вводили фибру в количестве 2% от массы сухого, затем заливали в металлические формы (размеры 10\*10\*2,5 см) и подвергали гидротермальной обработке по режимам: 1) 16 атм. 6 часов; 2) 12 атм. 6 часов. Полученные изделия извлекали из форм и сушили. Отбирали образцы для ДСК (дифференциальная сканирующая калориметрия) и РФА, затем образцы прокаливали при температуре 1000°C для определения фазового состава и контроля целостности и прочности материала после прокаливания.

Полученные образцы микропористого силикат - кальцевого материала имели плотность 310 кг/м<sup>3</sup> и 390 кг/м<sup>3</sup>, выдержали прокаливание при 1000°C без разрушения структуры. Анализ графиков РФА показывает, что при гидротермальной обработке при 16 атм. в основном синтезируется ксонотлит, тогда как при 12 атм. синтезируется тоберморит и ксонотлит. Образцы, полученные при 16 атм., существенно прочнее образцов, полученных при 12 атм. Результаты сравнения РФА образца полученного при 16 атм. и образца Super-Isol представлены на рис.4. Отмечается меньшая кристаллическая совершенность полученного образца, но все основные пики присутствуют на рентгенограмме.

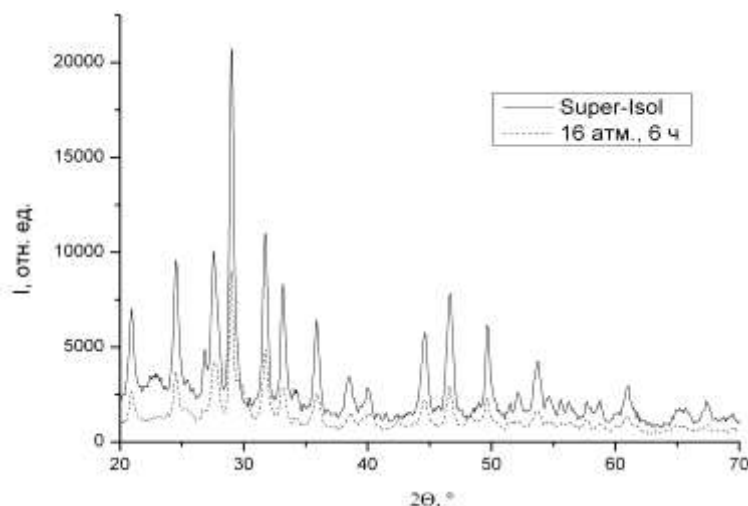


Рис.4 Результаты РФА синтезированного при 16 атм. образца и Super-Isol

Синтезированный материал исследовался методом ДСК на приборе SDT Q600. Дериватограммы образца Super-Isol и полученного материала приведены на рис. 5 и 6 соответственно. Полученные кривые свидетельствуют о протекании одинаковых процессов в промышленном образце и синтезированном лабораторном материале.



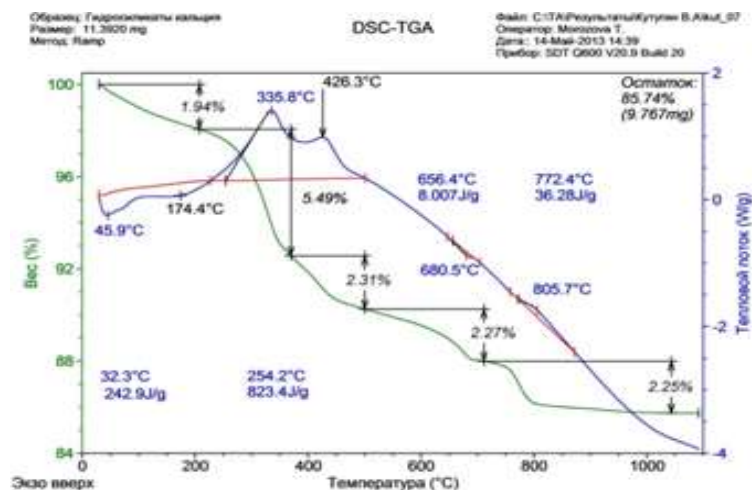


Рис. 5 Результаты Комплексного термического анализа образца «Super-Isol»

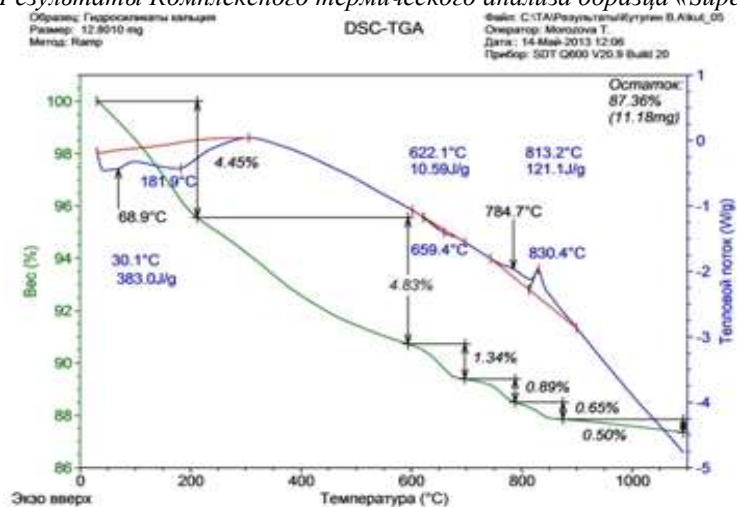


Рис.6 Результаты Комплексного термического анализа образца, синтезированного по режиму 12 атм. 6 ч.

Исследована возможность получения силикат - кальциевых термостойких материалов на основе местного сырья, полученные лабораторные образцы по свойствам близки к импортным материалам, что позволяет утверждать о верности выбранного направления исследовательских работ. Полученные результаты позволяют рассчитывать на развитие технологии жаростойких силикат - кальциевых материалов в России.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНТЕРНЕТ-ИСТОЧНИКОВ

1. Хавкин Л.М., Технология силикатного кирпича, г.Москва, 1982 г;
2. Электронный источник: [http://ztim.ru/maty\\_mbpe](http://ztim.ru/maty_mbpe);
3. Акатьева Л.В. Синтез и физико-химические свойства ксонотлита и волластонита // диссертация на соискание ученой степени к.х.н., Москва, 2003.

## РАЗРАБОТКА МАТРИЦЫ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ РАО МЕТОДОМ СВС

Чурсин С.С.

E-mail: [chursinss@tpu.ru](mailto:chursinss@tpu.ru)

*Научный руководитель: Кузнецов Михаил Сергеевич,  
старший преподаватель кафедры ФЭУ ФТИ*

В настоящее время проблема переработки радиоактивных отходов (РАО) стоит большим вопросом перед человечеством. До тех пор, пока не будет осуществлен замкнутый ядерный топливный цикл, этот вопрос будет иметь огромное значение и представлять одну из главных проблем ядерной энергетики. Но даже при создании замкнутого ядерного топливного цикла, данный вопрос имеет место быть, так как абсолютно безотходное производство при эксплуатации атомных электростанций невозможно.

В настоящее время существует большое количество методов переработки и захоронения РАО. У каждого из них есть большое количество как достоинств, так и недостатков. Однако общей чертой большинства из методов упаковки и утилизации РАО является высокая энергозатратность и сложность технологического процесса.

Одним из альтернативных способов упаковки РАО является СВС-иммобилизация – это упаковывание РАО в матрицы при помощи альтернативной технологии порошковой металлургии – самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).

Сущность метода СВС заключается в том, что локально инициируется высоко экзотермическая реакция окислителя и восстановителя, и затем эта реакция распространяется по всему объему образца за счет внутреннего энергоснабжения. Температура в распространяющейся волне горения значительно превосходит температуру инициирования. За счет этого достигается значительный энергетический выигрыш. С этой точки зрения, данная технология СВС-иммобилизации является достаточно перспективной технологией переработки и захоронения РАО.

Еще одним немало важным преимуществом данной технологии является ее простота практической реализации, а как следствие простота автоматизации процесса. Этот факт следует не забывать при работе с РАО, так как ионизирующее воздействие от РАО весьма губительно для человека, поэтому работать «в ручную» не имеется возможности.

Так же стоит отметить, что, несмотря на высокую температуру протекания процесса синтеза при СВС-иммобилизации (1500-2000°C), которая позволяет получить выход газообразных РАО, вероятность выхода газообразных продуктов минимальна, так как скорость протекания процесса достаточно высока и достигает нескольких миллиметров в секунду.

В качестве матричного материала возможно использование боридов металлов, так как среди них есть соединения, отвечающие заданным свойствам: высокая твердость, высокая коррозионная стойкость, низкая активность взаимодействия с водой, щелочами, кислотами, высокая теплопроводность, стойкость к ионизирующему излучению.

В целевом материале должна присутствовать как легкая составляющая, так и тяжелая. Это необходимо для рассеивания и поглощения остаточного излучения. Так же структура матрицы должна надежно удерживать РАО при любом физико-химическом воздействии.

В настоящее время ведется разработка математических основ иммобилизации методом СВС, а так же ведутся лабораторные работы по получению композита на основе боридов металлов, способных отвечать заданным свойствам и структуре.

### Список литературы:

1. Г. Петров, И. Боровинская, А. Петров, Д. Чадов, Т. Барина, М. Дмитриев, Инновационные энергосберегающие технологии переработки радиоактивных отходов. Издательство: Книжный мир, 304 с.
2. Е. Левашов, А. Рогачев, В. Курбаткина, Ю. Максимов, В. Юхвид, Издательство: Издательский Дом МИСиС, 380 с.
3. Н. Пронкин, Обеспечение безопасности обращения с радиоактивными отходами предприятий ядерного топливного цикла, Издательство: Логос, 420 с.
4. М. Скачек, Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС, Издательство: МЭИ, 488 с.

## Содержание

СЕКЦИЯ 1. РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ГЛУБОКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ.....	3
Оловянишникова Т.Е.....	3
Таскин Н.О. ....	6
Аманбаев Д.Д. ....	10
Дорошенко О.В. ....	13
Куделин Н.С., Дедеев П.О., Урустемов Н.Н. ....	15
Моисеева Ю.А.....	18
Мурзин М.А. ....	22
Прохоренко Б. М.....	25
Свиридова Е.В., Киргина М.В. ....	28
Степико А. В. ....	30
Торопков Н.Е. ....	31
Федюк Р.С. ....	34
Хуснулина А.Л.....	36
СЕКЦИЯ 2. ТРАДИЦИОННАЯ И АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА, АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ .....	39
Грибова Е.В. ....	39
Губина Е.В., Половников В.Ю. ....	42
Кнышев В.В., Плевако М.Н., Храпов Д.А. ....	45
Никифорова А.Ю., Сотников И.Ю., Ельцов П.Н.....	48
Бадлуева Т.В., Хамадаев В.С., Чеснокова А.Н., Ржечицкий А.Э., Сипкина Е.И, Пожидаев Ю.Н., Синев А.Э. ....	51
Сон В.Д.....	55
СЕКЦИЯ 3. НАНОТЕХНОЛОГИИ, ПУЧКОВО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАННЫМИ СВОЙСТВАМИ .....	57
Турушев Н.В., Григорьев М.Г. ....	57
Захарова М.А.....	59
Голянская Е.О. ....	62
Исаев В.В.....	64
Карепина Е.Е. ....	66
Нгуен Тьук Суан, Панин С.В., Корниенко Л.А.....	69
Садченко В.О. ....	71
Сиделёв Д.В.....	73
Станкевич К.С., Мамонтова Е.М.....	76
Сычева А.В.....	80
Чебодаева В.В., Комарова Е.Г. ....	83
Шатрова К.Н. ....	87
Юнда Е.Н., Годымчук А.Ю.....	90
Ажгихин М.И. ....	93

СЕКЦИЯ 4. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ.....	96
Казиев А.Б., Стучков А.В., Тимошин Н.В. ....	96
Котов М.Г., Курганкин В.В. ....	97
Аршинский О.С. ....	99
Арышева К.С. ....	101
Ахмадеева Р.З. ....	104
Волков А.В. ....	107
Гуляева К.В. ....	109
Дусеев В.Р., Рудь М.Н. ....	112
Ковалёв А.В. ....	115
Малахов В. А. ....	117
Муравьев А.С. ....	118
Соломыкин А.А. ....	122
Шеломенцев Е.Е. ....	124
Булуев И. И. ....	127
Бикинеева А.М. ....	129
Стариков Д.П., Рыбаков Е. А., Берчук Д.Ю. ....	131
СЕКЦИЯ 5. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРАХ .....	135
Григорьев М.Г., Турушев Н.В. ....	135
Калашникова Д.А. ....	138
Пашенко А.П. ....	142
Шангараев И.Р., Звездин В.В., Галанина Н.А. ....	145
Малышев Д.Ю., Деев М.А. ....	147
СЕКЦИЯ 6. ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИЕ ПРОЕКТЫ.....	152
Набойченко Д. А., Борщев Е. С., Анучин А. О. ....	152
Сахарова Е. Т., Папина Ю.В. ....	154
Стучков А.В., Волшин М.Е., Солопченко С.А., Горохова Е.С. ....	156
Зайцев Д. А., Николаев М. В., Золотых Д. Е., Паульс А. В., ....	160
Фирсов М.М., Ильясова И.Э., Мамонов Д.В., Усольцев Д.В. ....	161
Старшинов В.С., Найбауэр Д.Ю. ....	164
Шарко К.А., Колотова Е.А., Абдрахманова Д.М. ....	165
Джиликбаев М.Т. ....	167
Ефанов А.А. Мотасов Д.А. ....	169
Корольков Д. П., Кожуховский Р. С., Карманов А. А., Будько А. А. ....	170
Артемьев А.Е., Колтунова Е., Курмашев М. А., Беляев А.С. ....	172
Лужковой Д.С. ....	174
Алексеев И. С., Макаров Д.Е. ....	176
Голянская Е.О., Сухаревский П. В. ....	179
Маслов В. Е, Булуев И. И. ....	182

Миронов А.Г. ....	185
СЕКЦИЯ 7. ИНИЦИАТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ .....	187
Сухарев М.А., Фензель А.Д., Муконина Н.В., Черных Т.М., Брыткова Д.О. ....	187
Баев А.Ю., Бокор В.А. ....	188
Сидельников В.С., Звонарёв А.А., Богрова К.В., Кувыкина М.В., Угай Е.В. ....	190
Белов А.С., Газизов А.Т., Ветров А.А. ....	192
Виноградов К.Г., Мозгалева А.И., Черемнов А.Е. ....	193
Первушина А.Н., Соколова В.В., Курилова А.Д., Новицкий Д.Е., Малюгин А.В. ....	195
Колошин П.Н., Балабенко С.В., Кремлев И.А., Мударисов Т.Р., Горбачева Е.С. ....	196
Колошин П.Н., Балабенко С.В., Кремлев И.А., Горбачева Е.С., Мударисов Т.Р. ....	197
Гуков Н. С., Киль Н.В., Казакивичюс И.С. ....	199
Почуфаров А. О., Капул А. А., Дмитренко П. В., Молдабеков А. С. ....	200
Ракина А.А., Филатова Д.Е., Колесников С.И. ....	201
Волохов Н.А., Григорьев И.В. ....	203
Уколов К.А., Килин И.О., Сидорова С.В., Тепляков А.Б. ....	204
Борзяк Н.О., Генке Е. А., Зубова Е.И., Насибуллин Р.Т. ....	205
Черепов А. А., Леухин В.В., Колодников М.И., Башлыков А.А., Пономарёв И.В. ....	206
Лихачев В.В., Абрамов Т.Ю., Шушеначев Е.П., Камалдинов Н.А. ....	207
Голосов С.Е., Овчинников А.С., Ситников Д.В., Цыденов Е.А. ....	209
Папина Ю.В., Сахарова Е.Т. ....	210
Султаналиева Л.А., Киблер Э.В., Фомичев Н.В., Кулиева А.Т., Сергеева Н.Д. ....	212
Булавинов А.А., Серенко А.А., Фомичев А.К., Кыштымов И. В., Акулов Э. Е. ....	213
Захаркина Д.А., Иванова А.А., Тхорик О.В., Украинец О.А. ....	214
Тимошин Н.В., Шибанов М.Г. ....	216
Шкляренко Е., Белявский С., Лабыкин М., Колядко Д., Троеглазов А., Шикерун К. ....	218
Коврижина А.Р., Бабинская Я.С., Катаева В.А. ....	220
Толмачев С.А., Великосельский К.В. ....	222
Кузнецов Д.А., Семоненко А.А., Касаткин Д.Д., Кызыев Т.Б., Петров И.С., Мельченко С.В. ....	223
Цыганков С.А., Абрамов Е.А., Крюков В.А., Збежнев А.В. ....	224
Адамов Е., Ваганов К., Серебренников М., Тимошин Н., Ярославцева О. ....	225
Пластун С.А. ....	227
Кольцов К.Г., Отбанов Н.А., Фирсанков А.А., Удалов М.А., Селиверстов П.А. ....	228
Айрапетян Д.К. ....	229
СЕКЦИЯ 8. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК: ФИЗИКИ, ХИМИИ, МАТЕМАТИКИ....	232
Мастерова Е.В. ....	232
Прозоров А.А. ....	234
Вьонг Х.Б. ....	237
Гаврась О.В., Заноз А.В. ....	241
Губайдулин И.М., Никифоров М.А. ....	244

Даниленко Н.В., Куксёнок В.Ю. ....	247
Еремина А.Д, Лыхин А.О.....	249
Каракинова А.И. ....	253
Корноухова Е.В.....	256
Кулагин А.Е.....	258
Пискунова Т.А. ....	261
Поданёва Д.С.....	264
Шершнев С.И., Аргунов Г.А. ....	268
Спиридонова Т.И., Туч Е.В., Бакулин А.В. ....	270
СЕКЦИЯ 9. MODERN ISSUES OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES .....	272
I.D. Lenivtceva, E.N. Bolbasov, I.N. Lapin.....	272
D.V. Starodubtseva, S.B. Turanov, A.N. Yakovlev, I.N Kozyreva .....	276
O.O. Bugayova .....	279
A.V. Vlasov, I.V. Tsapko .....	282
M.N. Rud, V.R. Duseev.....	285
E.T. Sakharova, Y.V. Papina .....	288
СЕКЦИЯ 10. НАУЧНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ .....	291
Федотов Д.А., Ромадина П.А. ....	291
Соловей В. ....	292
Дудкина Н.....	293
Крошев А. ....	294
Мухортов Д. ....	296
Жданов И.С. ....	299
Пуговкина Ю.С. ....	302
Чурсин С.С. ....	306

Научное издание

## **РЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ – ЭНЕРГИЮ И ЭНТУЗИАЗМ МОЛОДЫХ**

Сборник научных трудов  
V Всероссийской конференции студентов  
Элитного технического образования

**Издано в авторской редакции**

Компьютерная верстка Т.Ю. Юруткина

*Редакционная коллегия предупреждает, что за содержание  
предоставленной информации ответственность несут авторы*

**ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ ТПУ**

**РАЗМЕЩЕНО НА КОРПОРАТИВНОМ ПОРТАЛЕ ТПУ**

**В ПОЛНОМ СООТВЕТСТВИИ С КАЧЕСТВОМ ПРЕДОСТАВЛЕННОГО ОРИГИНАЛ-МАКЕТА**



Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Система менеджмента качества  
Издательства Томского политехнического университета  
сертифицирована в соответствии с требованиями ISO 9001:2008



. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, [www.tpu.ru](http://www.tpu.ru)