

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

РЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ –  
ЭНЕРГИЮ И ЭНТУЗИАЗМ МОЛОДЫХ

Сборник научных трудов  
VI Всероссийской конференции

22-24 апреля 2015 г.

ТОМСК 2015



ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



УДК 62.001.5(063)

ББК 30.600л0

Р443

**Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых:** сборник научных трудов VI Всероссийской конференции; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015 – 311 с.

УДК 62.001.5(063)

ББК 30.600л0

### Организационный комитет

Боровиков Ю.С.	д.т.н., профессор, проректор по ОД ТПУ, председатель оргкомитета
Соловьев М.А.	к.т.н., доцент, зам. проректора по ОД ТПУ, сопредседатель оргкомитета
Замятина О.М.	к.т.н., доцент, ректор ТОИПКРО, сопредседатель
Харламов С.Н.	д.ф.-м.н., профессор каф. ТХНГ ИПР председатель секции № 1
Гладков Е.А.	к.г.-м.н., доцент каф. ГРНМ ИПР ТПУ, сопредседатель секции № 1
Ливенцов С.Н.	д.т.н., профессор, каф. ЭАФУ ФТИ, председатель секции № 2
Горюнов А.Г.	к.т.н., доцент, зав. каф. ЭАФУ ФТИ, сопредседатель секции № 2
Пичугин В.Ф.	д.ф.-м.н., профессор, зав. каф. ТиЭФ ФТИ, председатель секции № 3
Дитц А.А.	к.т.н., доцент каф. ТСН ИФВТ, сопредседатель секции № 3
Гергет О.М.	к.т.н., зав. каф. ПМ ИК, председатель секции № 4
Аксёнов С.В.	к.т.н., доцент каф. ОСУ ИК, сопредседатель секции № 4
Гольдштейн А.Е.	Д.т.н. , зав. каф. ИИТ ИНК председатель секции № 5
Мойзес Б.Б.	К.т.н., доцент каф. ФМПК ИНК сопредседатель секции № 5
Синицын Е.А.	к.ф.-м.н., доцент каф. ТиЭФ ФТИ, председатель секции № 6
Чернов А.В.	ст. преподаватель каф. ТиЭФ ФТИ, сопредседатель секции № 6
Мозгалева П.И.	ассистент каф. ОСУ ИК ТПУ, председатель секции № 7
Шамина О.Б.	к.т.н., доцент кафедры ТАМП, сопредседатель секции № 7
Серебрякова Е.Н.	директор IQ Group, сопредседатель секции № 7
Рожкова С.В.	д.ф.-м.н., профессор каф. ВМ ФТИ, председатель секции №8
Пахомова Е.Г.	к.ф.-м.н., доцент каф. ВМ ФТИ, сопредседатель секции №8
Мирошниченко Е.А.	к.т.н., доцент каф. ВТ ИК, председатель секции №9
Морозов В.С.	ст. преподаватель кафедры ИЯ ИК, сопредседатель секции № 9
Дмитриева А.Д.	Педагог-организатор Центра управления контингентом студентов, председатель секции № 10
Погребняк М.В.	эксперт центра организации НИОКР ТПУ, сопредседатель секции №10

## **СЕКЦИЯ №1. РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ГЛУБОКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ**

### **Рациональное природопользование в нефтяной промышленности**

**Дудихин Д.В.**

dudihin.diman@mail.ru

*Научный руководитель: аспирант Бабакова Е.В., Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета*

На сегодняшний день основным ресурсом потребления транспорта, промышленности, сельского хозяйства и энергетики считается горючее. Особое значение топливо имеет в нефтяной промышленности, которая связана со всеми ветвями этнического хозяйства и представляет собой ценность для экономики государства. На данном этапе развития нефть не заменима и имеются предпосылки для развития нефтедобывающей индустрии.

При исследовании особенностей функционирования нефтедобычи нужно принимать во внимание охрану природы и осмысленное применение природных ресурсов, в масштабах всего мира.

Создание приемлемой системы управления природными ресурсами значительно осложняется большого количества критериев оптимизации. К ним относятся: получение предельных объемов сырья, снижение производственных расходов, сбережение природных ландшафтов, гарантировать чистоту природы и сбережения стабильного функционирования экосистемы в целом [1].

При сгорании нефтепродуктов в атмосферу в огромных объемах выбрасывается углекислый газ, всевозможные сернистые соединения, оксид азота и т.д. Благодаря сжиганию горючего содержание углекислого газа в атмосфере ежегодно увеличивается.

Сокращение объемов кислорода и увеличение количества углекислого газа оказывают воздействие на перемену климата. При помощи молекул углекислого газа у коротковолнового солнечного излучения появляется возможность просачиваться через атмосферу и тормозят инфракрасное излучение, испускаемое земной поверхностью. Появляется парниковый эффект, и средняя температура планеты увеличивается.

На данный момент автотранспорт считается главным источником вредоносного влияния на атмосферу, формируя зоны с большими концентрациями углекислого газа, оказывая плохое влияние на самочувствие людей.

Не считая атмосферы нефть и нефтепродукты считаются опасными загрязнителями водных ресурсов. При попадании в водную среду они образуют пленку, плавающую на поверхности воды.

Сточные воды нефтехимической индустрии содержат углеводороды, аммиак, кислоты смолы и т.д. Их неблагоприятное воздействие выражается в снижении в воде содержания кислорода.

Попавшая в воду нефть в последствии улетучивается и подвергается разложению под воздействием аэробных бактерий до безвредных веществ. При необходимом количестве кислорода и температуре свыше 10 °С происходит самоочищение. Этот процесс продолжается месяцами, в последствии остаточные продукты разложения образуют частицы битума которые затем плавают по поверхности океана [4].

Одним из более многообещающих путей избавления среды от загрязнения считается создание автоматизации процессов хранения, перевозки и добычи нефти. В первые эта система для нашей страны была введена в 70-х гг. и использована в районах Западной Сибири. Понадобилось внедрить новейшую инновационную технологию добычи нефти. Для того чтобы попутный газ и нефть перевозить вместе по единой системе строились особые нефтяные и газовые коммуникации с многообразием объектов, разбросанных на огромные площади. Промыслы состояли из большого числа объектов, при этом в каждом районе их возводили по собственной технологии, это не давало связать их единой системой телеуправления. При таких способах добычи и перевозки добытое сырье терялось за счет утечки и испарения. Используя глубинные насосы специалистам удалось обеспечить подачу нефти на центральные нефтесборным пункты на прямую и количество промысловых объектов сократилось в 12–15 раз [3].

Из сказанного ясно, что использование нефти и нефтепродуктов должно быть продуманным и аккуратным.

Продолжая эксплуатировать месторождения в таких темпах, при этом теряя сырье при перевозке и нерациональной нефтепереработки, то будущее нефтяной промышленности стоит под вопросом. Уже сейчас снижение темпов производства составляет в среднем 12–15 % в год, что может вызвать развал отрасли.

Нефтяную промышленность необходимо реформировать, иначе экстенсивное развитие ее уже не представляется возможным.

Для этого необходимо:

1. Снизить налоги в сфере нефтяной промышленности и ввести повышенные штрафы за нерациональное использование природных ресурсов и загрязнение окружающей среды;
2. Ввести продуманную программу вложений в нефтяную индустрию;
3. Организовать единую систему нефтедобычи государства, которая будет заниматься добычей, переработкой, транспортировкой, хранением и продажей нефтепродуктов, что позволит осуществлять полный контроль над данной сферой деятельности;
4. Утвердить систему законодательные статьи, которые обеспечат правовую базу для работы с зарубежными партнерами по совместной добыче нефти на территориях тяжело разрабатываемых месторождений.
5. Для восполнения запасов стабилизировать объемы геологоразведочных работ [2].

Осуществление предлагаемых мер позволит развить не только нефтяную промышленность, но и отрасли машиностроения, металлургии, нефтехимической и химической промышленности.

До настоящего момента допускалось потеря добытой нефти естественным путем при перевозке и хранении до 5 %, которая в последующем становится источником загрязнения морей и океанов.

Получается, что в среднем в год в окружающую среду попадает до 150 млн. т нефти, без учета катастроф, связанных с танкерами или нефтепроводами. Для



природы это непоправимый ущерб, который ничем уже не восполнить, это может привести нас на грань экологической катастрофы.

Рассматриваемая проблема обязана стать государственной по всему миру. Рациональное использование природных и минеральных ресурсов, бережное отношение к природе – единственно выход из данной ситуации.

Кардинальное решение рассмотренных проблем в короткие сроки и их осознание является основной задачей человечества на сегодняшний день.

#### **Список литературы:**

1. А.И. Быков. Экономическое сотрудничество в рамках ШОС. Основные направления и перспективы развития. – М.: Флинта, 2011. – 232 с.;
2. Гирусова Э.В., Лопатина В.Н. Экология и экономика природопользования: Учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002, 519 с.;
3. Т.А. Хван, М.В. Шинкина. Экология. Основы рационального природопользования. – М.: Юрайт, 2012. – 320 с.;
4. И.А. Шилов. Экология. – М.: Высшая школа, 2009. – 512 с.;
5. В.М. Константинов, В.М. Галушин, И.А. Жигарев, Ю.Б. Челидзе. Рациональное использование природных ресурсов и охрана природы. – М.: Академия, 2009. – 272 с.

#### **Удаление пленки нефти с поверхности воды березовым листовым опадом при различных температурах**

Алексеева А.А., Прохорова С.В.  
annank90@mail.ru

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Степанова С.В.,  
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»*

Нефть – ценнейшее сырье, без использования которого невозможна современная цивилизация. Однако процессы добычи, транспортировки, хранения и переработки нефти и нефтепродуктов очень часто становятся источниками загрязнения [1]. Образующаяся при авариях нефтяная пленка, представляет собой серьезную экологическую опасность и ликвидация ее – задача не из самых легких, из-за чего данная проблема остается актуальной и в целях снижения возможных негативных последствий требует особого внимания к изучению способов локализации, ликвидации и к разработке комплекса необходимых мероприятий.[2]. Так попадая в водоемы и растекаясь по поверхности воды образует пленку в несколько микрон, которая препятствует доступу воздуха, в частности кислорода в воду, это убивает микроорганизмы и флору в водоемах.

Для сбора нефти и нефтепродуктов применяют сорбцию. Она позволяет не только концентрировать, но и разделять смеси веществ, а также не требует сложной аппаратуры [3]. В работе исследуется возможность использования листового опада деревьев для удаления нефтяных загрязнений с поверхности воды, т.к. данный материал является отходом при уборке городских территорий и позволит не только

извлекать загрязнения, но и решить проблему утилизации смета с городских территорий.

В исследовательской работе в качестве сорбента рассматривался лиственный опад березы, сорбатом является девонская нефть Тумутукского месторождения. В выполненных ранее работах приведены их основные характеристики [4]. В связи с тем, что разливы нефти происходят в различных погодных условиях, исследовалась зависимость сорбционной емкости от температуры. Кроме того изменяли время контакта загрязнителя с сорбционным материалом, с целью построения кинетических кривых. Для этого проводили следующий эксперимент: стакан с нефтью (200 мл) помещали в водяную баню при определенной температуре (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 °C), опускали навеску сорбционного материала массой 1 г в латунном коробе и выдерживали 5, 10, 15, 30, 45, 60 минут. После, насыщенный нефтью образец взвешивали на лабораторных весах, и строили график зависимости, который представлен на рисунке 1.

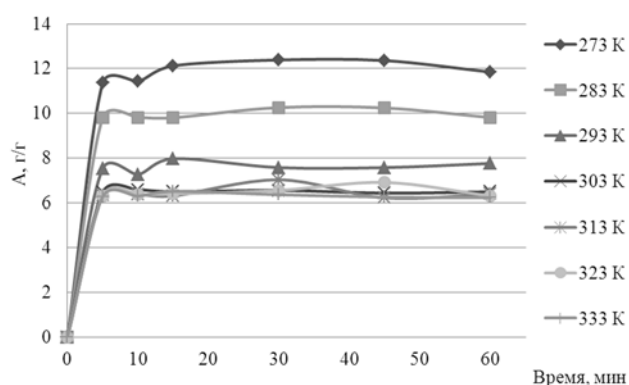
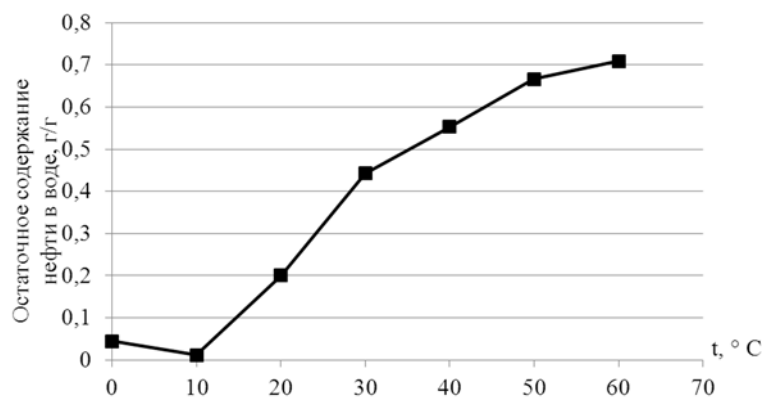


Рисунок 1 - Кинетическая зависимость поглощения нефти березовым листовым опадом

Сорбционная способность материала снижается с повышением температуры. Физико-химические свойства нефти, зависят от параметров окружающей среды, в частности от температуры, которая увеличивает вязкость загрязнителя и изменяет структуру углеводородного пятна на поверхности воды: с повышением температуры происходит уменьшение толщины пленки и увеличение площади распространения поллюанта. Это значительно усложняет сбор нефтепродуктов, т.к. на одинаковый объем разлитой нефти, требуется больше сорбционного материала.

Затем определили остаточное содержание нефти в воде методом экстракции[5]. Зависимость остаточного содержания нефти в воде после сорбции представлена на рисунке 2.



*Рисунок 2 – Зависимость остаточного содержания нефти в воде от температуры*

Как видно из рисунка 1 наилучшая нефтеемкость наблюдается при  $t=0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при этом наименьшее остаточное содержание нефти в воде оказывается при  $t=10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При температурах  $20\text{--}60\text{ }^{\circ}\text{C}$  сорбционная емкость практически одинакова, но остаточное содержание нефти заметно увеличивается. Это связано увеличением растворимости нефти в воде при повышении температуры. Наибольшая эффективность очистки наблюдается при  $t=10\text{ }^{\circ}\text{C}$  – 99,8%, наименьшая при  $t=60\text{ }^{\circ}\text{C}$  – 87,4%. Проведенные исследования показывают не только возможность использования березового опада в качестве нефтесорбента, но и высокую эффективность очистки поверхностных вод при различных температурных условиях, что на данный момент особенно актуально при стремительном расширении территорий добычи и транспортировки нефти.

#### **Список литературы:**

1. Другов Ю.С. Экологический анализ при разливах нефти и нефтепродуктов / Ю.С. Другов, А.А. Родин. – С.-Пб., 2000 – 250 с
2. Аварийные разливы нефти: средства локализации и методы ликвидации. Электронный ресурс. URL: [http://www.secuteck.ru/articles2/prom\\_sec/avariynie\\_razlivi](http://www.secuteck.ru/articles2/prom_sec/avariynie_razlivi) (дата обращения 24.03.2015)
3. Торочешников Н.С., Родионов А.И., Н.В.Кельцев. Техника защиты окружающей среды: Учебное пособие для вузов. – М.: Химия, 1981. – 368 с..
4. Алексеева А.А.. Применение листового опада для удаления пленки нефти с поверхности воды/А.А.Алексеева, С.В. Степанова///Вестник Казан. технол. ун-та. -2014. -№ 22, -с. 304-306
5. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод/Ю.Ю. Лурье. - М.: Химия, 1984. -448 с.

#### **Гидродинамические особенности транспорта углеводородных сред в поле действия высокополимерных присадок в трубопроводах**

Дедеев П.О.  
dedeyev@mail.ru

*Научный руководитель: д.ф.-м.н., проф., Харламов С.Н., Каф. ТХНГ ИПР НИ ТПУ*

В настоящий момент распространенной практикой [9,10] является использование транспортирующими организациями полимерных материалов для наращивания пропускной способности трубопроводных систем, что вызвано тенденцией к увеличению добычи нефти и газа, загружающей ТП системы возрастающим количеством перекачиваемого сырья. Применение антитурбулентных присадок (АТП) позволяет увеличить пропускную способность без критических изменений структуры системы, причем отличительными особенностями настоящей технологии являются высокая эффективность и простота добавочных конструкций наряду со сравнительно быстрым монтажом, что обуславливает **актуальность** настоящей работы.

Несмотря на широкое использование АТП в сфере транспорта углеводородных жидкостей, нет единого взгляда на процессы, вызывающие увеличение пропускной

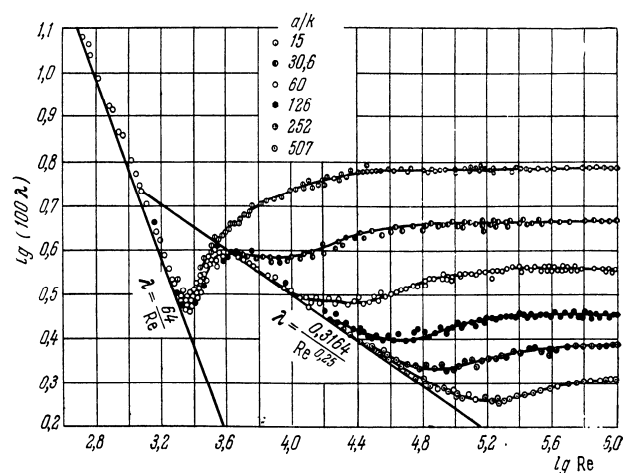
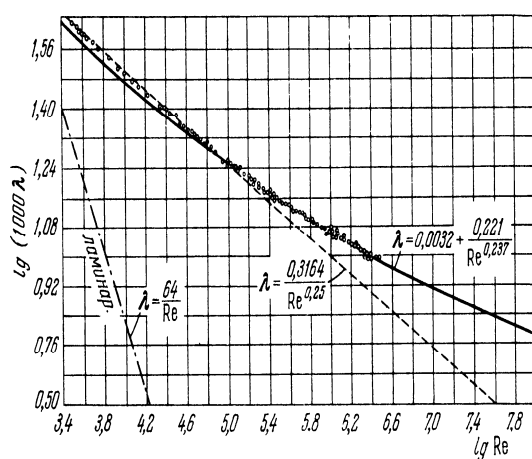
способности канала, что требует комплексного математического, физического и химического подхода, который позволит минимизировать потери энергии, а также приведёт к уяснению механизмов генерации и диссипации энергии в вихрях в вязких смесях с полимерами. Однако прежде чем касаться вопроса описания и моделирования таких “тонких” характеристик, хотелось бы внести некоторую ясность в вопрос о снижении гидравлического трения.

В связи с этим, **цель работы** состоит в: систематизации данных о снижении коэффициента гидравлического сопротивления и разработке математической модели течений углеводородов с присадками во внутренних системах.

## 2 Проблемы моделирования гидравлического сопротивления в гладких и шероховатых трубах

Интерес к применению АТП стимулируется необходимостью аккуратного применения энергии, потребляемой при транспортировке УВ в больших количествах. Эксплуатирующие организации ищут способы снижения трения на стенке ТП не только для увеличения пропускной способности, но и для недопущения образования отложений парафинов и механических частиц. Хорошо известно [1-4,6-7], что придать потоку ламинарные свойства в ТП можно в результате добавления высокомолекулярных полимерных добавок (присадок). Открытый в 1948 году эффект Томса нашел широкое применение в различных областях техники, но, несмотря на свои широкие возможности в приложениях, физико-математическая основа явления до сих пор не ясна и требуются детальные исследования течений с неоднородной анизотропной турбулентностью во внутренних системах с произвольной конфигурацией поверхности стенки. Среди спектра сопутствующих задач особое внимание следует уделить задаче о моделировании коэффициента гидравлического сопротивления в ТП.

В практических расчетах существует большое количество формул, с успехом применяемых в гидравлике для расчета и строительства ТП, определения числа насосных станций и расстановки их по трассе линейной части, и т.д. Хотелось бы обратить внимание на следующие известные формулы.



**Рисунок 1. Экспериментальные и теоретические зависимости коэффициента гидравлического сопротивления  $\lambda$  для гладких труб. Re – критерий Рейнольдса. Построено на основании данных [8].**

**Рисунок 2. Экспериментальные и теоретические зависимости коэффициента гидравлического сопротивления  $\lambda$  для шероховатых труб. Re – критерий Рейнольдса;  $a$  – радиус трубы, мм;  $k$  – шероховатость трубы, мм. Построено на основании данных [8].**

Принято считать, что для гладких труб достаточной является формула (1), которая в явном виде достаточно успешно может быть заменена на (2), в то время как для шероховатых труб удовлетворительной считается неявная зависимость (3). Обозначения общепринятые. Зависимости на Рисунке 1 показывают более чем удовлетворительную точность формулы (2), а на Рисунке 2 продемонстрирована взаимосвязь экспериментальных данных о течениях в шероховатых трубах с известными в гидравлике формулами.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg(\text{Re} \sqrt{\lambda}) - 0,8 \quad (1)$$

$$\lambda = 0,0032 + \frac{0,221}{\text{Re}^{0,237}} \quad (2)$$

$$3,75 + \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{\lambda}} - 5,75 \lg \frac{a}{k} = \Phi \left( \frac{k \cdot v_*}{\nu} \right) \quad (3)$$

Применение формул (1) – (3) для описания движения смеси вязкой углеводородной среды-растворителя и полимерной АТП является неудовлетворительной ввиду отсутствия учета эффекта влияния АТП на трение у стенки ТП. В настоящей работе проведена попытка нахождения подходящей зависимости.

### **3 Описание гидравлического трения при движении природного сырья с введённой полимерной присадкой в ТП**

При выборе модели к прогнозу снижения трения в смесях: полимер-среда следует учесть следующие предпосылки:

- АТП при добавлении в транспортируемую жидкость выступает как химически инертное вещество и не провоцирует химическую реакцию;
- Добавление АТП в принятых в промышленности концентрациях не ведёт к существенному изменению реологии транспортируемой среды;
- Процессами теплообмена можно пренебречь в результате совпадения температур перекачиваемой среды и АТП.

Настоящие предпосылки позволяют при модификации уравнения (1) опираться лишь на зависимости от концентрации и параметры самой присадки. Но ввиду того, что экспериментальные данные, полученные при промышленном испытании присадки FLO-X, не содержат сведений об изменении коэффициента гидравлического трения в зависимости от вариаций молекулярной массы, упругости и других параметров АТП, расчеты проводятся лишь на основе влияния концентрации.

Предполагая, что функциональное выражение, определяющее взаимосвязь концентрации и гидравлического трения, может выражаться достаточно большим количеством способов, модифицируем уравнение (1) путём введения некоторой зависимости  $\psi(C)$ , где  $C$  – концентрация присадки.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg e \cdot \psi(C) \ln(\text{Re} \sqrt{\lambda}) - 0,8 \quad (5)$$

Данные с промышленных испытаний присадки FLO-X [1] позволили вычислить  $\psi(C)$  для шести значений концентрации, что отображено в Табл.1.

Таблица 1: значения  $\psi(C)$  в зависимости от концентрации присадки FLO-X

$C$ , ml/m <sup>3</sup>	0	5,2	11,3	19	28,8	37,5	50
$\Psi(C)$	0,979	1,018	1,140	1,32	1,49	1,64	1,84

В силу того, что уравнение (4) задано неявным образом, вычисление функциональных зависимостей производилось с помощью численных методов решения, а именно с помощью метода Ньютона. Математическая обработка результатов вычислений производилась в прикладных пакетах Mathcad и Maple. Полученные зависимости с вычисленными величинами достоверности аппроксимации и коэффициентами корреляции приведены в Табл.2.

Таблица 2: различные функциональные описания  $\Psi(C)$  и оценка достоверности полученных результатов

Функциональное описание $\Psi(C)$	Формульное описание	Величина достоверности аппроксимации и $R^2$	Коэффициент корреляции
Линейное	$\Psi(C) = 0,0184 \cdot C + 0,9429$	0,997	0,998
Экспоненциальное первого типа	$\Psi(C) = 0,989 \cdot \exp(0,0131 \cdot C)$	0,978	0,989
Экспоненциальное второго типа	$\Psi(C) = 1 - \exp\left(\frac{-18,525}{C}\right)$	0,972	0,979
Логарифмическое	$\Psi(C) = 0,357 \cdot \ln(C) + 0,343$	0,935	0,967
Степенное	$\Psi(C) = 0,631 \cdot C^{0,262}$	0,969	0,985

Функциональное описание $\Psi(C)$	Формульное описание	Величина достоверности аппроксимации $R^2$	Коэффициент корреляции
Полиноминое	$\Psi(C) = 1,86 \cdot 10^{-6} \cdot C^3 - 2,37 \cdot 10^{-4} \cdot C^2 + 2,64 \cdot 10^{-2} \cdot C + 0,8820$	0,999	0,996

С учетом вышесказанного помимо детального описания особенностей гидравлического сопротивления совершенно очевидна необходимость формулировки связи между параметрами турбулентных присадок с "тонкими" параметрами перекачиваемой среды и ее реологическими свойствами в математических моделях. В то же время задача о нахождении таких связей остаётся нерешённой. Соотношения, описывающие поведение зависимости  $\psi(C)$ , являются лишь частными практическими выражениями, так как не имеют под собою детальной экспериментальной базы.

#### 4 Отдельные результаты и выводы

Несмотря на экспериментальную "узость" полученных зависимостей, на их основе можно привести некоторые результаты и сделать выводы о взаимодействии АТП с перекачиваемой средой. Как можно заметить из Рис.3, наибольшую точность имеют линейная и экспоненциальная (I типа) зависимости, что подтверждается вычисленными коэффициентами корреляции (0,998 и 0,989) и достоверностью аппроксимации (0,997 и 0,978). Однако в пределе при концентрации АТП, стремящейся к нулю, экспоненциальная зависимость демонстрирует более плавный переход к случаю течения, описываемому уравнением (1), что не позволяет отбросить эту зависимость как менее значимую.

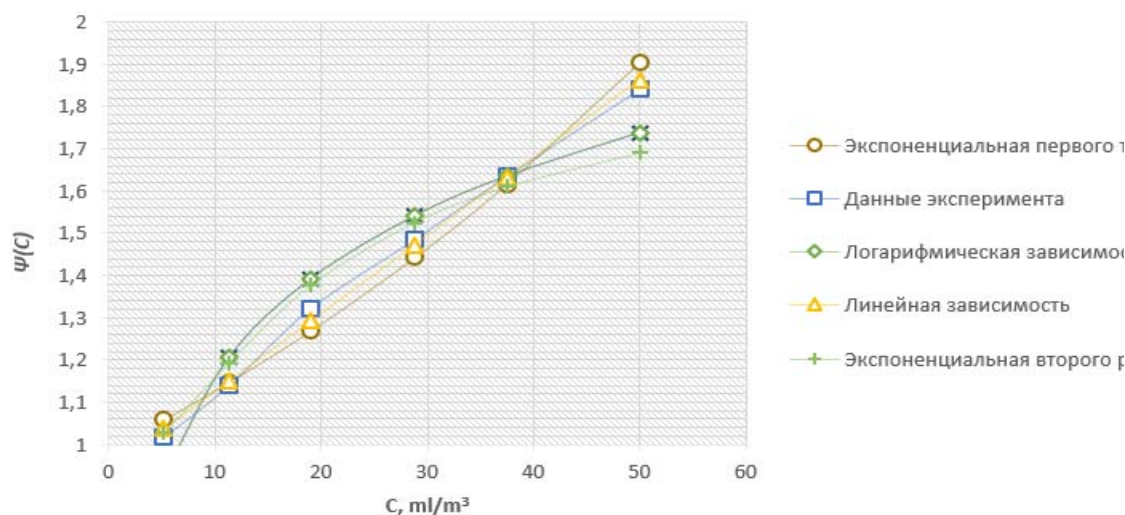
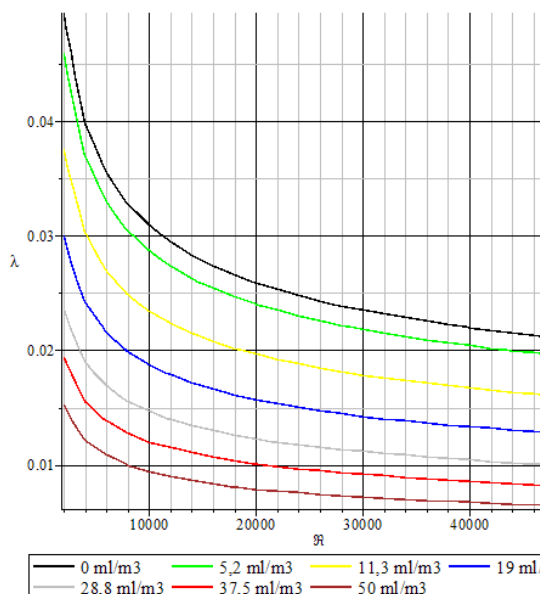
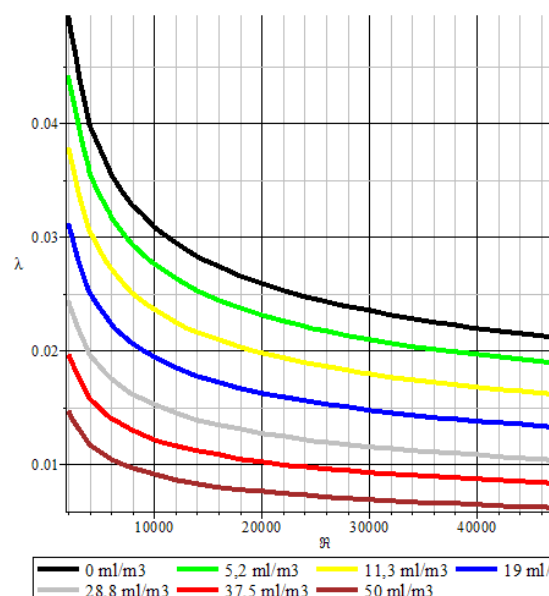


Рисунок 3. Опытные данные промышленных экспериментов, проведенных с присадкой FLO-X [1], а также зависимости, полученные в настоящей работе и описывающие  $\psi(C)$  для случая гладких труб.





**Рисунок 4. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления  $\lambda$  от числа  $Re$  и концентраций АТФ FLO-X для случая описания  $\psi(C)$  линейной зависимостью**



**Рисунок 5. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления  $\lambda$  от числа  $Re$  и концентраций АТФ FLO-X для случая описания  $\psi(C)$  экспоненциальной зависимостью I типа**

Полученные зависимости демонстрируют хорошую динамику в области гидравлически гладких труб, что было изначально заложено в основу в результате выбора уравнения (1) в качестве базисного. В диапазоне чисел  $Re$  более 30000 необходим учет относительной шероховатости стенки трубопровода для более корректного описания течения.

Несмотря на ряд успехов в прогнозе переходов от турбулентной структуры к ламинарной во внутренних течениях [5], до настоящего времени не ясна полная картина процессов, происходящих в смесях вязких сред с высокомолекулярными полимерными растворами слабой концентрации. Подавляющее большинство экспериментальных исследований концентрируются на интегральных параметрах потока, игнорируя измерения таких характеристик как турбулентная вязкость, частоты пульсаций турбулентных вихрей и т.д. Совершенно очевидна необходимость проведения экспериментов с фиксацией вышеупомянутых параметров. С другой стороны, описание зависимостей коэффициента гидравлического сопротивления также требует внимания, ведь качественная функциональная зависимость позволит получить распределения профиля скорости. В связи с этим обстоятельством необходимы детальные исследования эволюции динамической структуры сдвигового потока в зависимости от изменения параметров АТФ: молекулярной массы полимера, эффективной длины полимерной цепочки, упругости молекулы и её способности к демпфированию.

**Список литературы:**

1. Bogdevičius Marijonas, Janutėnienė Jolanta, Didžiokas Rimantas and others/ Mathematical modeling of oil transportation by pipelines using anti-turbulent additives // Journal of Vibroengineering; Mar2013, Vol. 15 Issue 1, p419.
2. Lumley J.F. Drag reduction by additives / J.F. Lumley // J. Fluid Mech. – 1969. – P. 367–384.
3. Toms B.A. Some observations on the flow of linear polymer solutions through straight tubes at large Reynolds numbers / B.A. Toms // In Proceedings of the 1st International Congress on Rheology. V. 2. North Holland, 1949. – P. 135–141.
4. Богдевич В.Г., Кобец Г.Ф. и др. Некоторые вопросы управления пристенными течениями // Журнал прикладной механики и технической физики. № 5, 1980. - стр. 99 – 109.
5. Бубенчиков А.М., Харламов С.Н. «Математические модели неоднородной анизотропной турбулентности во внутренних течениях». Томск: Изд-во ТГУ, 2001. 440 с.
6. Воскобойник В.А., Гринченков В.Т., Макаренко А.П. Снижение гидродинамических шумов растворами высокомолекулярных полимеров // Акустический вестник (Акустичний вісник, укр.), 10, № 2, с. 33-42 (2007).
7. Корнилов В.И. Проблемы снижения турбулентного трения активными и пассивными методами (обзор) // Теплофизика и аэромеханика, 2005, №2, стр.183-208.
8. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: Учеб. для вузов. – 7-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.
9. Рахматуллин Ш.И. О турбулентном течении слабоконцентрированных растворов полимеров в трубопроводах / Ш.И. Рахматуллин, М.М. Гареев, Д.П. Ким // Нефтегазовое дело. – 2005. – [Электронный журнал]. – Режим доступа: [http://www.ogbus.ru/authors/Rahmatullin/Rahmatullin\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Rahmatullin/Rahmatullin_1.pdf) – Загл. с экрана.
10. Тарасов М.Ю., Южаков И.С., Классен В.В. Промысловые исследования антитурбулентных присадок для повышения пропускной способности нефтепроводов, транспортирующих тяжелые нефти/ Нефтяное хозяйство, трубопроводный транспорт нефти: 10/2011, стр.117-119.

**Минералого-петрогеохимические черты мафит-ультрамафитовых массивов  
нижнедебинского комплекса Восточного Саяна как критерии их  
формационной принадлежности и металлогенической специализации**

Дудко А.А.  
tomasstik@yandex.ru

*Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент Черкасова Т.Ю., Национальный  
исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

**Введение.** Актуальность и необходимость исследований мафит-ультрамафитовых комплексов, являющихся одним из основных источников добычи платиновых металлов, а также концентрирующих в себе широкий спектр полезных ископаемых, главным образом, никеля и меди, определяется необходимостью познания особенностей их структурной и вещественной организации. Тела ультрамафитов

отличаются разнообразием форм, петрографическим и химическим составом, и лишь некоторые массивы обогащены рудными компонентами до промышленно-значимых концентраций. Геологическое положение интрузивов не позволяет определить их формационную принадлежность и разделить их на рудоносные и безрудные, поэтому оценку потенциальной рудоносности следует давать на основе петролого-геохимических особенностей пород, слагающих массивы, а также изучения их внутреннего состава и строения. На территории Дербинской площади (Восточного Саяна) при проведении ранее геолого-съёмочных и прогнозно-металлогенических работ были выявлены многочисленные тела ультрамафитовых и мафит-ультрамафитовых интрузий, в которых неоднократно отмечалась рудная минерализация меди, никеля и благородных металлов [1]. Однако к настоящему времени выявленные мафит-ультрамафитовые массивы остаются слабо изученными и их формационная принадлежность требует доизучения.

Т.Я. Корневым, А.П. Романовым и др. массивы нижнедербинского комплекса рассматриваются как офиолиты позднеархейского интрузивного магматизма, проявившегося в Кузеевском зеленокаменном поясе [2]. А.Э. Изохом, Р.А. Шелепаевым и др. [3] породы комплекса считаются производными габбро-монцодиоритового магматизма Алтае-Саянской складчатой области (АССО). С.С. Сердком, А.И. Зверевым и др. не исключается факт присутствия одновременно позднерифейских и ордовикских габброидов в составе нижнедербинского комплекса [4]. *Дискуссии по принципиально важным вопросам структурной позиции, генезиса и металлогении массивов продолжаются до настоящего времени.*

**Объекты исследования.** В качестве объектов исследования выступают мафит-ультрамафитовые массивы нижнедербинского комплекса потенциально рудоносные на медь, никель, платину. Район расположения массивов находится в северо-западной части Восточного Саяна, в левобережье Красноярского водохранилища в междуречье рек Сисим, Кижарт, Дербина и Тубиль. Массивы комплекса приурочены к зоне Восточно-Саянского и Восточно-Кузбасского разломов и интродуцируют дербинскую и урманскую свиты раннего протерозоя и позднего рифея. Нижнедербинский интрузивный комплекс объединяет мафит-ультрамафитовые массивы, которые прослеживаются в виде широтного пояса протяженностью около 40 км в 100 км к югу от г. Красноярска.

**Экспериментальная часть.** С целью исследования вещественного состава пород Бурлакского и Нижнедербинского массивов, расположенных в центральной части нижнедербинского комплекса проведена диагностика минерального состава с помощью оптических, минералогических, химических и др. методов исследования. Для выделения породных групп проведена детальная петрографическая характеристика пород. Выявлены основные петрографические разновидности с уточнением состава главных породообразующих минералов (оливина, пироксенов, плагиоклазов). С целью проведения реконструкции термодинамических и тектонических условий формирования исследуемых массивов проведен петроструктурный анализ главных породообразующих минералов. Создан банк конкретных геохимических данных по породам изучаемых интрузий. Установлен формационный тип породных групп исследуемых массивов на основе интерпретации петрохимических данных. Определены типы рудной минерализации и формы

концентрирования полезных компонентов, позволяющих выделить и обосновать основные этапы рудогенеза и индикаторы металлоносности массивов.

**Результаты и обсуждение.** Бурлакский массив сложен ультрамафитами и гарброидами, в Нижнедербинском массиве встречаются только ультрамафиты. Ультрамафиты представлены преимущественно верлитами, вебстеритами и клинопироксенитами, при подчиненной роли аподунитовых и апогарцбургитовых серпентинитов. Вебстериты, клинопироксениты и верлиты между собой имеют постепенные переходы. Они сложены, главным образом, клинопироксеном, при небольших содержаниях оливина, ортопироксена и реже роговой обманки, количественные вариации между которыми определяют их различия. Формирование полосчатой серии ультрамафитов, очевидно, связано с фракционной кристаллизацией расплава в стационарной камере. Наличие в верхних горизонтах разреза роговообманковых пироксенитов и горнблендитов, в которых роговая обманка является первично магматическим минералом, свидетельствует о достаточно высокой водонасыщенности магматического расплава (превышающей 3%) на позднемагматической стадии кристаллизации. Верлиты и пироксениты обычно сохраняют свежий облик. В них вторичные изменения связаны обычно с замещением пироксенов тремолитом, актинолитом, либо уралитом, иногда с образованием псевдоморфоз. Оливин в них замещается петельчатым лизардитом. Дуниты и гарцбургиты в условиях формирования интрузии оказались неустойчивыми и полностью серпентинизированы, очевидно, в процессе автометасоматических процессов. Габброиды Бурлакского массива представлены преимущественно неизмененными лейкократовыми габброноритами и частично оливиновым габбро. Для них характерна офитовая, реже габбровая структура и трахитоидная текстура. Они претерпели интенсивные пластические деформации, что находит отражение в изгибе длиннопризматических кристаллов плагиоклаза, их рекристаллизации по краям и нередко дезинтеграции на отдельные субблоки.

Оливины из верлитов Бурлакского и Нижнедербинского массивов по своему составу соответствуют высокомагнезиальным хризолитам. В них с увеличением железистости возрастает содержание NiO. Близкая тенденция отмечается для оливинов из ультрамафитов Кингашского массива, расположенного восточнее в Канском зеленокаменном поясе. Значимые отличия наблюдаются для оливинов из исследуемых интрузий и метаморфических ультрамафитов Оспинского массива (офиолитовый комплекс ЮВ Восточного Саяна), в последних существенно ниже железистость при постоянно высоких содержаниях NiO. Подобная зависимость элементов в оливинах характерна для магматических пород, сформировавшихся в результате кристаллизационной дифференциации. Интересной особенностью клинопироксена в массивах нижнедербинского комплекса является тот факт, что он образует идиоморфные зерна на фоне остальных ксеноморфных минералов, в частности оливина. В верлитах, вебстеритах и клинопироксенитах по химическому составу он соответствует авгиту и диопсиду. Ортопироксен имеет широкие вариации по химическому составу: в ультрамафитах он отвечает бронзиту, а в габброноритах соответствует гиперстену, что в целом согласуется с процессами магматической дифференциации вещества.

По оптическим свойствам (углу симметричного погасания) и химическим свойствам плагиоклаз соответствует лабрадору и андезину. Зерна плагиоклаза иногда

слабо серицитизированы и пелитизированы. По трещинам в них наблюдаются буровато-желтые гидроокислы железа, зеленовато-желтые чешуйки хлорита и мелкие зерна карбонатов. Плагноклаз образует как крупные ленточные индивиды в габброноритах, формируя порфировидную структуру, так и мелкие зерна. Роговая обманка обнаруживает явный ксеноморфизм по отношению к индивидам оливина и клинопироксена и выполняют промежутки между ними. По химическому составу она, соответствует эденитовой роговой обманке, для которой характерны повышенная магнезиальность и щелочность. В Нижнедербинском массиве мономинеральные породы, сложенные магматической роговой обманкой венчают разрез расслоенной интрузии. *Присутствие* магматических горнблендитов повышенной щелочности, производных остаточного, пересыщенного флюидом пикробазальтовой расплава нередко отмечалось и для других расслоенных мафит-ультрамафитовых массивов. Полученные результаты петрографического изучения подтверждают принадлежность Бурлакского и Нижнедербинского массивов к расслоенным мафит-ультрамафитовым интрузиям. Обязательным геологическим признаком, подтверждающим реститовую природу офиолитовых комплексов (реликтовых фрагментов древней океанической коры) являются их тектонические контакты с вмещающими породами, линзовидно-полосчатое и полосчатое строение с преобладающей дунит-гарцбургитовой породной ассоциацией. Напротив, в правом борту ручья Фадеева (левый приток р. Дербины) А.Э. Изохом [5] отмечены интрузивные контакты Бурлакского массива с вмещающими породами, где обнажаются такситовые неравнозернистые габброиды с крупными порфировыми выделениями плагноклаза, среди которых наблюдаются мелкие ксенолиты роговиков. Контакт Нижнедербинского массива со сланцами урманской свиты вскрывался канавой в районе ручья Безымянного. В непосредственном контакте сланцы оказались ороговикоманы [5]. По химическому составу породы нижнедербинского комплекса разделяются на три группы: ультрамафитовую (дуниты, верлиты), субультрамафитовую (клинопироксениты, вебстериты) и мафитовую (габбронориты, габбро) [6].

**Выводы.** Структурное изучение пород Бурлакского и Нижнедербинского массивов свидетельствует об активной динамической обстановке формирования массивов на завершающей стадии их формирования с образованием последовательно образовавшихся структурных элементов, синформных с породами обрамления. При этом отмечается, что наибольшему пластическому течению подвержены габброиды Бурлакского массива.

Установлено два типа рудной Cu-Ni-минерализации массивов: ранний (*первично-магматический*) и поздний (эпигенетический). Особенности химического состава рудных минералов (троилит, гексагональный пирротин, малоникелистый пентландит (Ni 33,2-34,7 мас. %), тетрагональный халькопирит) ранней ассоциации из перидотитов Бурлакского массива, отражают высокотемпературный низкосернистый характер ее формирования, что позволяет установить на современном уровне эрозионного среза средние горизонты интрузии. При этом, эпигенетический тип рудной минерализации, представленный преимущественно самородными фазами Fe, Ni и их сплавами, является более перспективным и экономически выгодным как с целью извлечения Ni из этих руд, так и возможном обнаружении платиноидов [7].

Таким образом, минералого-петрографические особенности пород исследуемых массивов позволяют предположить, что разнообразие вещественного состава этих массивов обусловлено процессами внутрикамерной магматической дифференциацией вещества. Петрохимические особенности пород отражают общую направленность эволюции магматического расплава от ультрамафитов к габброноритам. Породы Бурлакского и Нижнедербинского массивов по совокупности геологических, минералогических, петрографических и петрогеохимических данных являются производными единой магнезиальной системы, родоначальным расплавом для которой являлась высокомагнезиальная магма базальтового состава, очевидно, образовавшаяся при высокой степени частичного плавления метасоматизированной водой надсубдукционной мантии. В соответствии с этими выводами металлогеническая специализация массивов имеет медно-никелевый уклон.

#### **Список литературы:**

1. Еханин А.Г. Особенности геологического строения и рудоносности Бурлакского ультрабазит-базитового массива (Восточный Саян) / Филиппов Г.В., Аникеева А.Н. // Известия вузов. Сер. Геология и разведка. – 1991. Т. 9. – № 1 – С. 72–78.
2. Корнев Т.Я., Романов А.П., Еханин А.Г., Князев В.Н., Шарифулин С.К. Платиноносность зеленокаменных поясов Восточного Саяна и Енисейского кряжа // Платина России. – №5. – Москва. – 2004. – С 358-380.
3. Изох А.Э., Шелепаев Р.А., Лавренчук А.В., Бородин Е.В., Егорова В.В., Васюкова Е.А., Гладкочуб Д.П. Разнообразие кембро-ордовикских ультрабазит-базитовых ассоциаций Центрально-Азиатского складчатого пояса как отражение процессов взаимодействия плюма и литосферной мантии // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы научного совещания по Программе фундаментальных исследований. Иркутск. – 2005. – Т.1. – С.106-108.
4. Геология и перспективы сульфидного Pt-Cu-Ni оруденения Восточной части Алтае-Саянской складчатой области // С.С.Сердюк, В.А. Кирилко, Г.Р. Ломаева, В.Е. Бабушкин, А.В. Тарасов, А.И. Зверев. Отв. редактор С.С. Сердюк. – Красноярск: Издательство «Город», 2010 – 184с.
5. Изох А.Э., Каргополов С.А., Шелепаев Р.А., Травин В.А., Егорова В.В. Базитовый магматизм кембро-ордовикского этапа Алтае-Саянской складчатой области и связь с ним метаморфизма высоких температур и низких давлений // Актуальные вопросы геологии и минерализации юга Сибири: Материалы науч.-практ. конф. 31 окт.- 2 нояб. 2001 г. пос. Елань, Кемеровской обл., Новосибирск. Изд-во ИГиЛ СО РАН. 2001. С.68-72.
6. Черкасова Т.Ю., Чернышов А.И. Петрохимические особенности расслоенных мафит-ультрамафитовых массивов нижнедербинского комплекса (СЗ Восточного Саяна) // Вестник Томского государственного университета – Томск, ТГУ, Науки о земле. – № 324. – 2009. – С 390-394.
7. Черкасова Т.Ю., Мазуров А.К., Чернышов А.И. Потенциальная рудоносность расслоенных мафит-ультрамафитовых массивов нижнедербинского комплекса (СЗ Восточного Саяна) // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т.317, № 1: науки о Земле. С 20-27.

## Исследование отходов стекла для синтеза тоберморита

А.А. Кобякова  
*alinka\_kobyakova@mail.ru*

*Научный руководитель: д.т.н., профессор О.В. Казьмина,  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050,  
г. Томск, пр. Ленина, 30*

В настоящее время во всех развитых странах остро стоит вопрос утилизации твердых бытовых отходов, среди которых стекло занимает особое место, в силу того, что представляет собой неразлагающийся отход. В связи с экологическими проблемами и необходимостью экономии топливно-энергетических ресурсов внимание исследователей привлекают новые направления использования отходов стекла. Научная идея работы заключается в получении эффективного сорбента в форме тоберморита на основе отходов стекла различного состава. Принципиальная возможность синтеза сорбента с использованием стеклобоя была установлена в работе [1]. Особенность структуры тоберморита, позволяющая использовать его в качестве ионообменного материала, заключается в слоистом строении и наличии пространства между слоями. Благодаря этому он способен извлекать ионы тяжелых металлов из сточных вод [2]. Отсутствие разделения мусора в нашей стране затрудняет процесс синтеза минерала из отходов только лампового стекла. Совместное использование различных видов стекла является более экономичным методом относительно поставки основного компонента и более экологичным относительно утилизации уже существующих отходов.

**Цель работы** – синтез тоберморита на основе отходов смеси различного стекла, пригодного для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

- провести сравнительный анализ образцов, синтезированных на основе различных видов стекла;
- изучить физико-химические характеристики синтезированных образцов;

**Материалы и методы исследования.** Содержание основных компонентов исходных шихт для синтеза тоберморита рассчитывалось с учетом стехиометрической формулы тоберморита и химического состава самих компонентов. В качестве основных компонентов для синтеза тоберморита в работе использованы следующие материалы: стеклобой лампового стекла (марка СЛ-96) и стекла листового (ГОСТ 111-2001), известь (ГОСТ 9179–77) и едкий натр (ГОСТ 2263–79). Теоретическими предпосылками выбора данных материалов явились следующие факторы. Наиболее распространенным видом вторичного стеклобоя являются силикатные стекла, имеющие в качестве основного стеклообразующего оксида – кремнезем. Источником оксида кальция, входящего в состав тоберморита, выбрана гашеная известь, которая также является распространенным сырьем, широко



применяемым в производстве различных вяжущих веществ. Гидроксид натрия выбран как реагент, непосредственно разрушающий кремнекислородный каркас стекла [3].

Основными методами исследования являлись рентгенофазовый анализ (РФА) с помощью которого определялось наличие низкоосновных гидросиликатов кальция, являющихся продуктом синтеза.

**Практическая часть.** Было синтезировано несколько образцов, имеющих различный состав исходной сырьевой смеси [4]. Выбор образца, имеющего в составе 58,1 % стеклобоя, 38,5 % гашеной извести и 3,4 % гидроксида натрия, был обусловлен следующими факторами. Результаты дифференциально-термического анализа указали на наиболее полное протекание синтеза тоберморита (рис. 1). На термограмме образца наблюдаются два эндоэффекта, связанные со следующими процессами: 90-113 °С – дегидратация низкоосновных гидросиликатов кальция; 670-714 °С – разложение мелкодисперсного  $\text{CaCO}_3$ , но практически отсутствует пик 440-455 °С – разложение  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Это указывает на то, что весь гидроксид кальция вступил во взаимодействие с образованием гидросиликатов кальция, что подтверждается данными РФА. Также наблюдается экзоэффект 700-750 °С, указывающий на кристаллизацию волластонита из тоберморита.

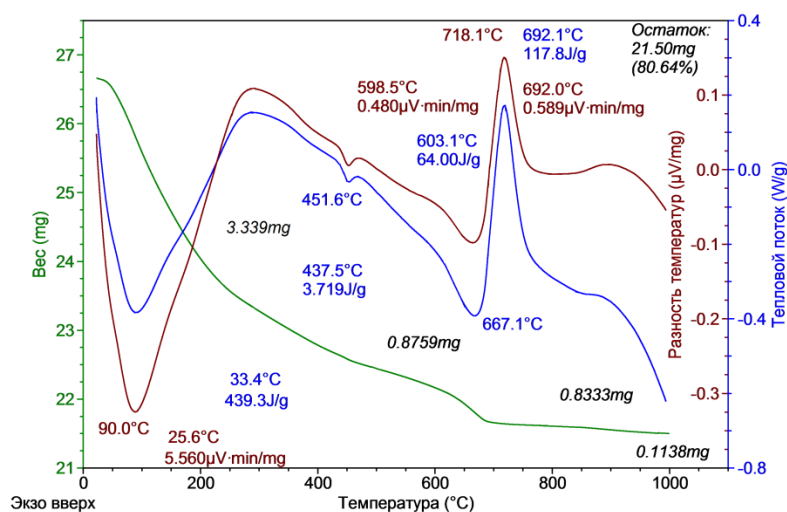


Рис. 1. Термограмма образца тоберморита, полученного из лампового стекла

По результатам ранее проведенного исследования сорбционных свойств сорбентов установлено, что степень очистки воды от ионов тяжелых металлов (Cu, Zn, Ni) составила 71,8- 99,9 %. Исходя из полученных результатов, был выбран указанный состав исходной шихты для синтеза низкоосновных гидросиликатов кальция, включающий ламповое или листовое стекло.

Для наиболее полного протекания реакций необходимо, чтобы исходные материалы имели высокую степень дисперсности, поэтому смесь предварительно измельчалась в шаровой мельнице до порошкообразного состояния с последующим прессованием образцов в виде таблеток ( $d=32,5$  мм). Далее образцы подвергались термообработке в автоклаве при температуре 190 °С, давлении 10 атм. в течение 5 ч. Готовые образцы просушивались в течение суток в вытяжном шкафу для удаления химически несвязанной воды и отправлялись на исследование с помощью РФА.

На дифрактограммах образцов обнаружены дифракционные максимумы, принадлежащие минералам тоберморитовой группы ( $5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), кальциту ( $\text{CaCO}_3$ ) и портландиту ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Это указывает на высокую степень протекания синтеза, подтверждение который было необходимо для дальнейшего исследования в данной области. Помимо РФА, подтверждение протекания синтеза было выявлено при проведении ДТА (рис.2).

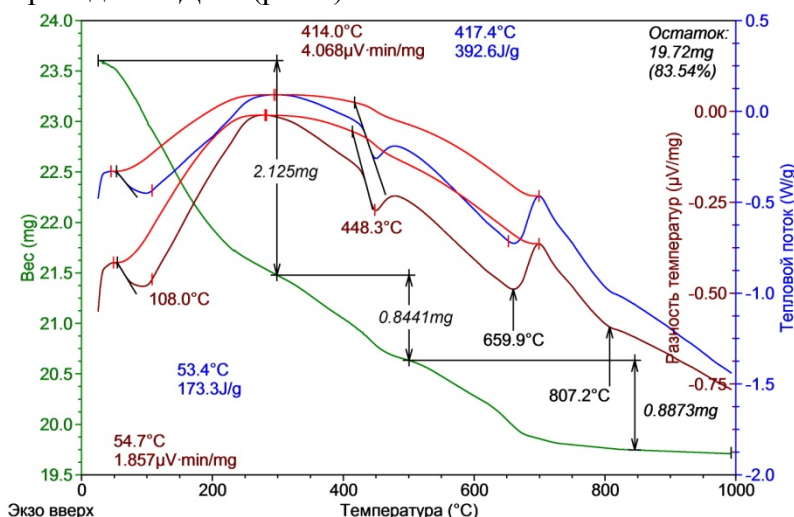


Рис. 2. Термограмма образца тоберморита, полученного из листового стекла

#### Выводы:

- Установлена принципиальная возможность получения из отходов листового стекла тоберморитовых сорбентов пригодных для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов
- Установлена возможность синтеза тоберморита из смеси вторичного лампового и листового стеклобоя, благодаря их схожему составу, что упрощает проведение синтеза с использованием отходов стекла

#### Список литературы:

1. Nichola J. Coleman. International Journal of Environment and Waste Management. 2011. Vol. 8, Нью 3 - 4. Р. 366-382.
2. Либау Ф. Структурная химия силикатов. М.: Мир, 1988. 412с.
3. Лебедева Е.Ю., Казьмина О.В. Синтез тоберморита на основе промышленного стеклобоя. Перспективы развития фундаментальных наук: Труды IX Междунар. конф. студентов и молодых учёных. – Томск, 2012. – С. 420–422.
4. Лебедева Е.Ю., Кобякова А.А., Усова Н.Т., Казьмина О.В. Синтез тоберморитового адсорбента для очистки воды // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Том 324, № 3. с.137–141.

#### Гидродинамика стационарных устойчивых течений углеводородных сред в трубопроводах сложной формы

Куделин Н.С.  
kudelin@tpu.ru

*Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор, Харламов С.Н., Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет*

В настоящее время вопросам прогнозирования процессов, возникающих в трубопроводных системах, теплоэнергетических установках, работающих в условиях интенсивной нагрузки, уделяется большое внимание. Для оптимизации проектирования систем транспорта нефти и газа широко применяются методы численного моделирования, позволяющие получить детальную информацию о картине течения, эволюции процессов перераспределения энергии и массы в трубопроводе. Использование современных компьютерных технологий позволяет получить универсальный и эффективный инструмент при проектировании и экспериментальных исследованиях. Однако для достоверности результатов численного моделирования требуется их анализ на основе существующих законов физики и экспериментов. Вопросам, связанным со структурой течения, посвящено множество экспериментальных [1, 2] и расчетных работ [3-5].

Цель исследования заключается в: построении модели течения и расчете гидродинамики в сложных трубопроводах; уяснении особенностей течения в зонах отрыва и присоединения потока, выявлении проблем прогноза течений в пристеночных зонах ламинарного или турбулентного режимов течения; оценке достоинств RNG  $k-\varepsilon$  в сравнении с другими моделями турбулентности; выдаче рекомендаций в практику расчета гидравлического сопротивления с учетом деталей моделирования течения в условиях развития конвективно-диффузионных процессов.

В работе исследованы стационарные слабо сжимаемые изотермические ламинарные и турбулентные потоки в Т-образных соединениях трубопроводов. Предполагается, что поток отвечает условиям осевой симметрии во входном патрубке при отсутствии внешних сил (например, силы тяжести). Поток представляет собой химически инертную однородную капельную среду, эффект переменности теплофизических свойств опускается, так как температурный переход несущественен.

В данном случае система замыкающих уравнений для описания гидродинамики включает в себя следующие уравнения: неразрывности (1), Навье-Стокса (2, 3), энергии, представленное в форме Фурье-Остроградского (4) и состояния (5), и в цилиндрических координатах имеет следующий вид [4-6]:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(rv) = 0; \quad (1)$$

$$\rho(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial r}) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x}(\mu \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(\mu r \frac{\partial u}{\partial r}); \quad (2)$$

$$\rho(u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial r}) = -\frac{\partial p}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial x}(\mu \frac{\partial v}{\partial x}) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(\mu r \frac{\partial v}{\partial r}); \quad (3)$$

$$\rho c_p(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial r}) = \frac{\partial}{\partial x}(\lambda \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(r \lambda \frac{\partial T}{\partial r}) + \mu \Phi_v, \quad (4)$$

где  $\Phi_v$  представляет собой диссипативную функцию Релея, остальные обозначения являются общепринятыми и подробно описаны в [4].

Стоит отметить, что при моделировании турбулентных потоков уравнения (1)-(4) представляют собой аналоги, усредненные по Рейнольдсу. Кроме того, в расчете

используется популярная двухпараметрическая RNG  $k - \varepsilon$  модель, позволяющая рассчитывать новые переменные (турбулентные потоки тепла  $\rho c_p \overline{u'_i t'}$  и напряжения Рейнольдса  $\overline{\rho u'_i u'_j}$ ). В частности, используемая RNG  $k - \varepsilon$  модель турбулентности представляется в индексной форме следующим образом [7]:

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j}[(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k}) \frac{\partial k}{\partial x_j}] + P_k - \rho \varepsilon, \quad (5)$$

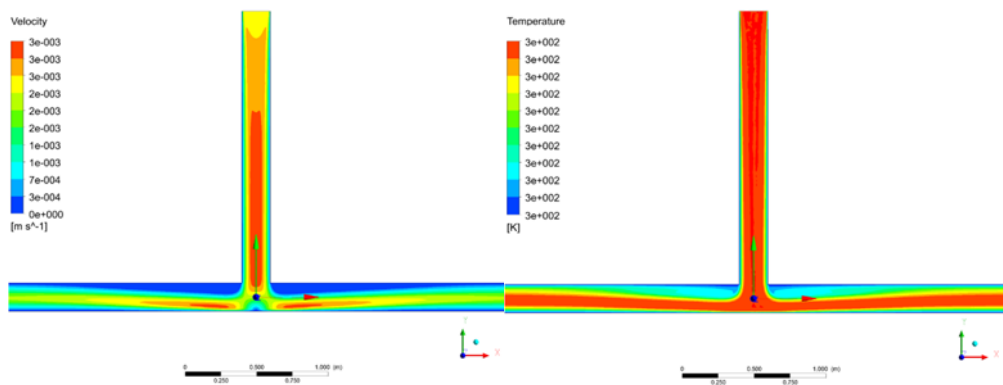
$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j}[(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j}] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} P_k - C_{2\varepsilon}^* \rho \frac{\varepsilon^2}{k}, \quad (6)$$

где  $\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$ ,  $C_{2\varepsilon}^* = C_{2\varepsilon} + \frac{C_\mu \eta^3 (1 - \eta / \eta_0)}{1 + \beta \eta^3}$ ,  $\eta = S \frac{k}{\varepsilon}$  and  $S = (2 S_{ij} S_{ij})^{1/2}$ .

Численное интегрирование системы замыкающих уравнений (1) – (6) модели турбулентности было осуществлено с помощью коммерческого пакета для вычислительной гидродинамики «Ansys FLUENT 16» (используя метод контрольного объема, алгоритм SIMPLE для расчета поля давления) [8]. Граничные условия для интегрирования уравнений (1) – (6) следующие: входной патрубок – известные параметры определяемых величин ( $u, v, T, k, \varepsilon$ ); выходной патрубок – “мягкие” граничные условия; на стенке – условие прилипания для скорости, граничные условия первого рода ( $T_w = const$ ) для температуры.

Расчет был осуществлен в следующих диапазонах характеристик:  $D_i = 0,1 \div 0,4$ , м; где  $i = 1, 2, 3$  - номер входного патрубка (1), выходного патрубка слева (2) и справа (3) в тройнике;  $x_i = (30 \div 160) D_i$ , м – длина участка трубы;  $Re = 50 \div 50000$ ;  $\Delta T \approx T_w - T_0$  - около 10 К,  $T_0 = 300$  К. Параметры турбулентности задавались  $Tu = 0,1 \div 10\%$ , где  $Tu$  - интенсивность турбулентности.

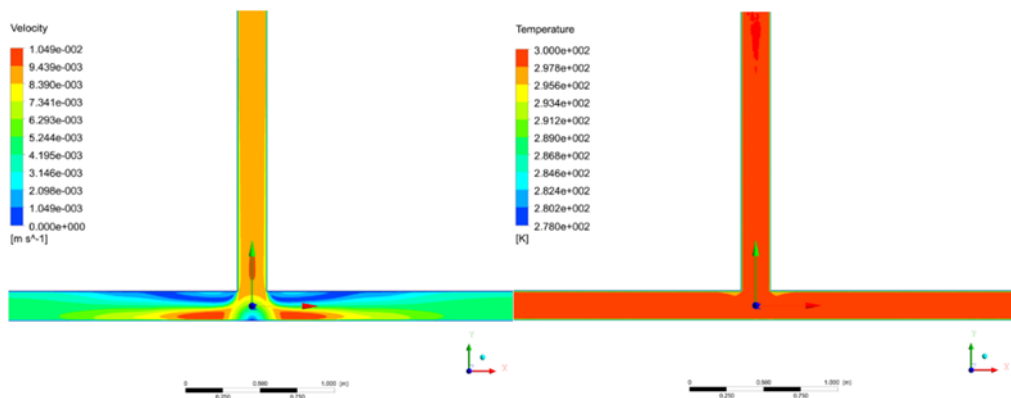
Детальные расчеты локальной скорости и температуры в трубопроводе с тройником приведены на рис. 1 (для ламинарного режима течения) и на рис. 2 (турбулентный режим). Результаты показывают, что эффекты перераспределения энергии оказывают существенное влияние на динамику потока. Приобретенный опыт моделирования гидродинамики и теплообмена соответствует результатам [9, 10].



а)

б)

Рисунок 1. а) Спектр поля скорости, б) спектр температуры для воды ( $Re=500$ )



а)

б)

Рисунок 2. а) Спектр поля скорости, б) спектр температуры для воды ( $Re=50000$ )

Зоны интенсивной рециркуляции потока, размеры которых зависят от деталей входящего потока, влияющие на интегральные параметры, обнаружены [11]. В частности, как видно из рисунка 2а, существует зона с рециркуляционным потоком в зоне разделения, что приводит к специфическим распределениям  $c_f$ . На рисунке 3 представлено распределение коэффициента трения Фаннинга на нижней стенке тройника для ламинарного и турбулентного режимов течения. Стоит заметить, что течение стабилизируется в боковых патрубках к существующим закономерностям [12].

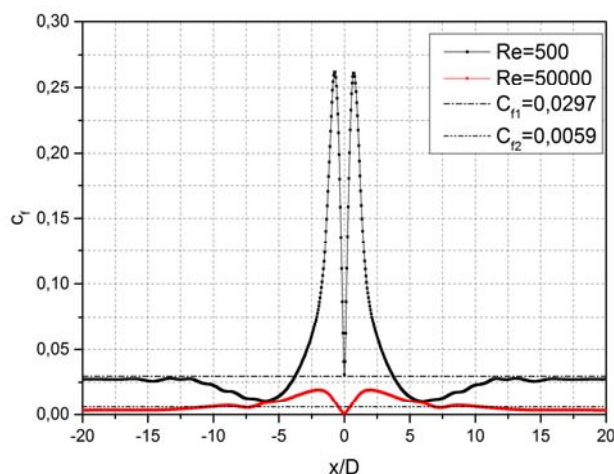


Рисунок 3. Коэффициент трения Фаннинга на нижней стенке тройника

В заключение необходимо отметить, что движению потоков в сложных соединениях трубопроводов сопутствует значительно неоднородные изменения пульсационной скорости потока. Наш опыт показывает, что модели турбулентности с транспортными уравнениями для тензора напряжений Рейнольдса могли бы быть более гибким инструментом для прогнозирования изменений структуры потока [9, 11].

#### Список литературы:

1. Poole R.J., Escudier M.P. Turbulent flow of viscoelastic liquids through an axisymmetric sudden expansion // *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*. 2004. Vol. 117. № 1. P. 25–46.
2. Al-Wahaibi T. и др. Experimental investigation on flow patterns and pressure gradient through two pipe diameters in horizontal oil–water flows // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2014. Vol. 122. P. 266–273.
3. Kharlamov S. Actual Problems of Hydrodynamics at Internal Not-Isothermal Flows in Fields of Mass Forces // *Hydrodynamics: Theory and Model*, Intech-Open, Rijeka, Croatia, 2012. P. 183–223.
4. Bornschlegell A.S. et al. Thermal optimization of a single inlet T-junction // *International Journal of Thermal Sciences*. 2012. Vol. 53. P. 108–118.
5. Marusic I. et al. Wall-bounded turbulent flows at high Reynolds numbers: Recent advances and key issues // *Physics of Fluids (1994-present)*. 2010. Vol. 22, № 6. P. 065103.
6. El Gharbi N., Absi R., Benzaoui A. Numerical investigation toward improving heat-transfer predictions in a turbulent channel flow // *International Journal of Thermal Sciences*. 2013. Vol. 70. P. 10–16.
7. Yakhot V. et al. Development of turbulence models for shear flows by a double expansion technique // *Physics of Fluids A: Fluid Dynamics (1989-1993)*. 1992. Vol. 4, № 7. P. 1510–1520.
8. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. М.: Энергоатомиздат, 1984. Vol. 152.
9. Kharlamov S. N., Alginov R. A., Specific Aspects of Turbulent Flow Separation in Nods and Junctions of Pipelines // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2014. Vol. 21, № 1. P. 012038.

10. Matos H. M., Oliveira P. J., Steady flows of constant-viscosity viscoelastic fluids in a planar T-junction // Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, 2014. Vol. 213, P. 15–26.
11. Kharlamov S.N., Kudelin N.S., Dedeyev P.O. Hydrodynamic, Heat and Acoustic Processes Modelling in Transport of Rheologically Complex Viscous Media Technology in Pipelines // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2014. Vol. 21, № 1. P. 012040.
12. Ismail L. S., Velraj R., Studies on Fanning Friction (f) and Colburn (j) Factors of Offset and Wavy Fins Compact Plate Fin Heat Exchanger—A CFD Approach // Numerical Heat Transfer, Part A: Applications, 2009. Vol. 56 № 12, P. 987–1005.

### **Очистка модельных вод от ионов никеля термически обработанной шелухой пшеницы**

Назаренко А.А.  
alesia1509@mail.ru

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, Степанова С.В., федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», кафедра «Инженерная экология»*

Соединения никеля в водные объекты поступают со сточными водами цехов никелирования, заводов синтетического каучука, никелевых обогатительных фабрик. Значительные выбросы никеля сопровождают сжигание ископаемого топлива. Никель принадлежит к числу канцерогенных элементов и способен вызывать респираторные заболевания. Считается, что свободные ионы никеля ( $\text{Ni}^{2+}$ ) примерно в два раза более токсичны, чем его комплексные соединения [1]. Попадая в окружающую среду, никель существенно влияет на численность, видовой состав и жизнедеятельность почвенной микробиоты. Он ингибирует процессы минерализации и синтеза различных веществ в почве, подавляет дыхание почвенных микроорганизмов, способствует появлению мутагенных свойств [2].

Для удаления ионов никеля из растворов используют такие методы, как реагентная обработка, ионный обмен, физико-химические методы, мембранные методы. Но наиболее простыми, менее дорогостоящими, доступными и эффективными являются сорбционные методы очистки [3]. Сорбционное извлечение металлов из сточных вод получило широкое распространение вследствие высокой эффективности и отсутствия вторичных загрязнений. Сорбционные материалы поглощают из водных растворов металлы практически до любых остаточных концентраций. В связи с этим встает вопрос о поиске новых эффективных экологических сорбентов с низкой стоимостью на рынке [4]. Наиболее часто для доочистки воды и глубокой очистки от ионов металлов используются активированные угли различных марок. Они являются наиболее удобными для сорбционной очистки, так как легко крошатся на очень мелкие кусочки, которые не ядовиты и безвредны для здоровья человека [5]. Активированные угли особо эффективны за счет своей структуры: в них присутствуют микропоры и субмикропоры, величина которых зависит от того, какой тип сырья выбран, а также от процесса активации [6]. В настоящее время уделяется большое внимание производству угля из дешевого, практически бросового,



материала: торфа, бурого угля и растительных отходов (в том числе из косточек фруктов). Кроме того, оборудование для производства активированного угля несложно, просто в пользовании и, соответственно, недорого.

Особо приоритетным является получение сравнительно дешевых сорбционных материалов на базе отходов промышленности, поскольку при этом отходы используются вторично. С этой целью можно использовать отходы от переработки растительного сырья, лиственной опад, шелуху [4]. Для увеличения сорбционных свойств сорбентов проводят термообработку.

Целью работы является исследование возможности очистки модельных вод (МВ), содержащих ионы никеля (II), с помощью термообработанной шелухи пшеницы.

Термообработку шелухи используют для увеличения её сорбционных свойств. Проводят процесс в специальной стальной форме, которая обеспечивает ограниченный доступ кислорода, что позволяет получать материалы с пористой структурой и добиться появления сажеграфитовых композиций. На поверхности термообработанных сорбентов формировался слой с высокими сорбционными свойствами [7].

Объекты исследования:

- 1) термообработанная шелуха пшеницы (ТШП);
- 2) модельные воды (МВ) – растворы солей  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  с исходной концентрацией ионов  $\text{Ni}^{2+}$  50 мг/дм<sup>3</sup>

Для очистки МВ от ионов никеля использовались образцы ШП, термическая обработка которых проводилась при температуре 150-160 °С в течение 15 мин.

Процесс очистки проводился следующим образом: в 5 мерных цилиндров приливалось 200 см<sup>3</sup> раствора, содержащего ионы  $\text{Ni}^{2+}$  концентрацией 50 мг/дм<sup>3</sup>, добавлялся 1 г. полученного образца. Содержимое перемешивалось в аппарате PSU-20i в течение 5; 30; 60; 90; 120 минут. Содержание  $\text{Ni}^{2+}$  отфильтровывалось и измерялось с помощью фотометрического метода определения ионов никеля в соответствии с «Руководством по эксплуатации и методикой проверки» КТЖГ.201111 РЭ [8]. Параллельно проводился эксперимент с активированным углем.

В результате проведенных экспериментов построены изотермы сорбции ионов  $\text{Ni}^{2+}$  активированным углем и образцами ТШП (рис. 1).

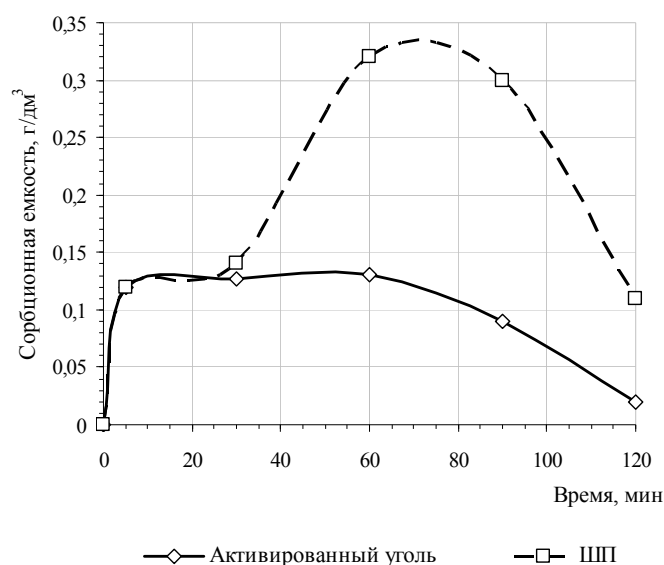


Рисунок 1. Изотерма сорбции ионов  $Ni^{2+}$

Как видно из рисунка 1, сорбционное равновесие для обоих исследованных материалов достигается через 60 минут. Изотерма сорбции для активированного угля принадлежит к I типу согласно классификации Брунауэра, Эммета и Теллера, что говорит о наличии микропор, а для образцов ТШП – к IVб типу – это переходно-пористый сорбент. Наибольшая сорбционная способность по отношению к ионам  $Ni^{2+}$  наблюдается для ТШП.

Таким образом, можно рекомендовать ТШП для доочистки вод, содержащих ионы никеля (II).

#### Список литературы:

1. Фазлиахметова, Р. Р. Очистка модельных вод от ионов никеля реагентом, полученным из шелухи ячменя/ Р. Р. Фазлиахметова, Э. Ф. Магизова, С. В. Степанова //Экология и рациональное природопользование агропромышленных регионов – Белгород, 2014 - С. 273.
2. Святохина, В. П. Исследование реагентного метода очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов/ Специальность 03.00.16 - Экология – Уфа, 2002. – С. 3.
3. Сорбенты на основе рисовой шелухи для удаления ионов  $Fe(II)$ ,  $Cu(II)$ ,  $Cd(II)$ ,  $Pb(II)$  из растворов / И. В. Шевелева, А. Н. Холомейдик, А. В. Войт, Л. А. Земнухова // Химия растительного сырья. – Владивосток, 2009. – С. 171.
4. Алексеева, А. А. Исследование эффективности плазменной обработки растительных сорбентов по отношению к ионам железа (II) / А. А. Алексеева, А. Ш. Шаймарданова, С. В. Степанова // Журнал ЭиПБ, №1-2. – Казань, 2014. - С. 12.
5. Как уголь может очистить воду [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ochistivodu.ru/tekhnologiya-ochistki/ochistka-vody-uglem> (дата обращения: 27.03.15)
6. Сорбционная очистка воды [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ecoz.ru/articles/sorbcionnaya-ochistka-vody> (дата обращения: 27.03.15)

7. Собгайда, Н. А. Влияние природы связующего материала на сорбционные свойства сорбентов, изготовленных из отходов агропромышленного комплекса // Журнал: Вестник Саратовского государственного технического университета, № 1, том 1. - Саратов, 2011. - С. 117.
8. ООО «Эконикс-Эксперт» Руководство по эксплуатации и методика проверки. Фотометр. Эксперт-003 / Федеральное агенство по техническому регулированию и метрологии. – Москва, 2011. - С. 31.

## **Использование кленового опада для очистки модельных вод от железа (II)**

Силайчева М.В., Гальблауб О.А.  
*silmarina93@mail.ru*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, Степанова С.В., федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», кафедра «Инженерная экология»*

Ионы тяжелых металлов – широко известные промышленные загрязнители. Попадая в водные объекты, они образуют оксиды при взаимодействии с растворенным кислородом, и, кроме того, реагируют с присутствующими в воде ионами – соли. В итоге получаются гидроксиды тяжелых металлов, которые являются неотъемлемым компонентом сточных вод.

Основными источниками поступления ионов тяжелых металлов в водоемы являются сточные воды гальванических цехов, предприятия рудного и шахтного производства, машиностроения и металлообработки, черной и цветной металлургии, химической и нефтехимической промышленности и др. [1].

Тяжелые металлы при попадании в водоемы поглощаются животными и рыбами, которые при этом либо сами погибают, либо служат причиной отравления людей. Попадая в организм человека, данные загрязняющие вещества способны накапливаться в нем, обуславливая выраженные мутагенные и канцерогенные эффекты. В связи с этим проблема очистки промышленных сточных вод является актуальной [2].

Одним из источников соединений железа в водных объектах являются процессы выветривания горных пород. Значительное количество поступает вместе с промышленными стоками предприятий металлургической, металлообрабатывающей, лакокрасочной, текстильной промышленности и с сельскохозяйственными стоками. Поскольку ионы железа (II) являются активным элементом, они обладают способностью влиять на интенсивность развития фитопланктона и качественный состав микрофлоры в водоемах [3].

Токсичное действие ионов железа проявляется в механическом повреждении и асфиксии рыб и икры. В кислой среде ионы железа проникают в ткани и действуют самостоятельно как токсины [4]. При отравлении человека водой, содержащей избыток железа, могут наблюдаться головные боли, появление пигментации кожи, изжога, отложение железа в тканях и органах, печеночная недостаточность, повышается риск развития атеросклероза, болезней печени и сердца [5].

Существует множество способов очистки промышленных стоков от ионов тяжелых металлов. Например, для удаления из сточных вод их солей кислые и щелочные стоки подвергают нейтрализации. При небольшом содержании тяжелых металлов в сточных водах может быть использована биологическая очистка [6].

Содержание железа в воде выше 1-2 мг Fe/л значительно ухудшает органолептические свойства, придавая ей при этом неприятный вяжущий вкус, и делает воду малопригодной для использования в технических целях. ПДКв железа составляет 0,3 мг Fe/дм<sup>3</sup> [3].

Для глубокой очистки сточных вод применяют сорбционные методы (эффективность достигает 80-95 %). Достоинства метода: высокая эффективность, возможность очистки сточных вод, содержащих несколько веществ. В качестве примеров адсорбентов можно привести глины, силикагели, алюмогели, активные угли. Однако недостатком метода является относительно высокая стоимость промышленных адсорбентов, технологическая трудоемкость их изготовления и поиск пути регенерации образующихся отходов. Именно поэтому поиск и разработка новых сорбционных материалов является перспективной задачей экологии [2].

Природными источниками для получения сорбентов могут выступать отходы растениеводства (стебли подсолнечника, кукурузные початки, шелуха ячменя, овса, пшеницы) и производства (опилки, зола, шлаки и т.д.) [7].

В данной исследовательской работе для очистки модельных вод от ионов Fe<sup>2+</sup> в качестве возможного сорбционного материала (СМ) используется кленовый опад. Кроме того, предлагается сравнение предложенного сорбента с катионитом КУ-2.

Преимуществом предлагаемого СМ является доступность, а также возможность ежегодного пополнения его запасов. Кленовый опад относится к целлюлозосодержащему сырью, в состав которого входят также дубильные вещества, маннит, метиламин, изометиламин, флавоноиды, которые способны взаимодействовать с ионами тяжелых металлов [8].

Катиониты представляют собой ионообменные смолы – нерастворимые высокомолекулярные вещества, которые содержат кислотные группы. Поглотительная способность данного адсорбента характеризуется обменной емкостью. Действие катионитов заключается в поглощении положительных ионов и обмене их на другие положительные ионы. В случае необходимости регенерации адсорбент подвергают воздействию раствора кислоты [9].

Эксперимент проводился следующим образом. Исходная концентрация ионов Fe<sup>2+</sup> в модельном растворе составила 100 мг/л. В пять плоскодонных колб, объемом 250 мл каждая, с помощью мерного цилиндра отмеряли по 100 мл модельного раствора. К данным пяти образцам добавляли по 1 г измельченного кленового опада.

В эксперименте сравнения к пяти образцам добавляли по 1 г катионита. Время контактирования модельного раствора с адсорбентом составило 10, 30, 60, 75 и 90 мин. После чего каждый образец отфильтровывался через бумажный фильтр. Остаточное содержание ионов Fe<sup>2+</sup> проводилось фотометрическим методом [10]. По полученным данным строили кривые зависимости остаточной концентрации ионов Fe<sup>2+</sup> и сорбционной емкости от времени контакта.

На рисунке 1 представлена зависимость сорбционной емкости от времени контакта модельного раствора и адсорбента

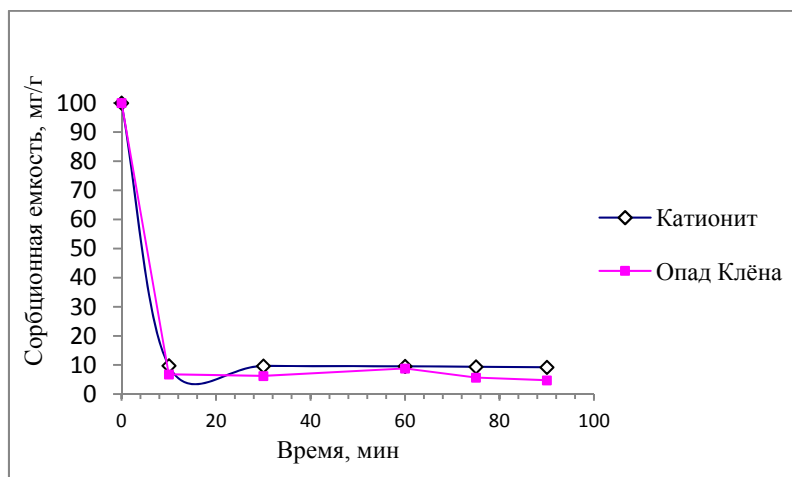


Рисунок 1. График зависимости сорбционной емкости от времени контакта модельного раствора и адсорбента

В ходе эксперимента установлено, что в пробе после 60 мин взаимодействия остаточная концентрация ионов  $\text{Fe}^{2+}$  составила 11,85 мг/дм<sup>3</sup> для кленового опада, 4,52 мг/дм<sup>3</sup> – для катионита.

На основании анализа графических зависимостей можно сделать вывод, что насыщение обоих сорбционных материалов наступило в течение 10 мин. Так как остаточная концентрация ионов  $\text{Fe}^{2+}$  не соответствует значению ПДК<sub>В</sub>=0,3 мг/дм<sup>3</sup>, то кленовый опад может быть использован как адсорбент только на предварительной стадии очистки.

#### Список литературы:

1. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
2. Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2000. – 800 с.
3. Справочник по гидрохимии. Тяжелые металлы. Электронный ресурс. URL: <http://biology.krc.karelia.ru/misc/hydro/mon5.html> (Дата обращения 15.01.2015г.).
4. Центральная научная сельскохозяйственная библиотека Россельхозакадемии. Железо. Электронный ресурс. URL: <http://www.cnsnb.ru/AKDiL/0033a/base/k0090006.shtm> (Дата обращения 10.01.2015г.).
5. Интернет аптека с доставкой Столица-Медикл. Железо. Электронный ресурс. URL: <http://www.smed.ru/guides/193> (Дата обращения 11.01.2015г.).
6. Ласков Ю.М., Воронов Ю.В., Калицун В.И. Примеры расчетов канализационных сооружений: Учеб. пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1987. – 255 с.
7. Экологические проблемы горнопромышленных регионов: сб. докладов Международной молодежной конференции (12-13 сентября 2012 года) / М-во образ. и науки РФ, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2012. – 516 с.
8. Народное лечение травами. Клен остролистный, клен платановидный. Электронный ресурс. URL: <http://fitodoktor.info/content/klen-ostrolistnyi-klen> (Дата обращения 11.01.2015г.).

9. Википедия – свободная энциклопедия. Иониты. Электронный ресурс. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%82%D1%8B> (Дата обращения 20.01.2015г.).
10. ПНД Ф 14.1:2:4.50-96 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации общего железа в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой. – М: ФБУ «ФЦАО», 2011. – 22 с.

### **Исследования вытеснения вязкой жидкости в ячейке Хеле-Шоу**

Степико А. В.  
stepikoa@gmail.com

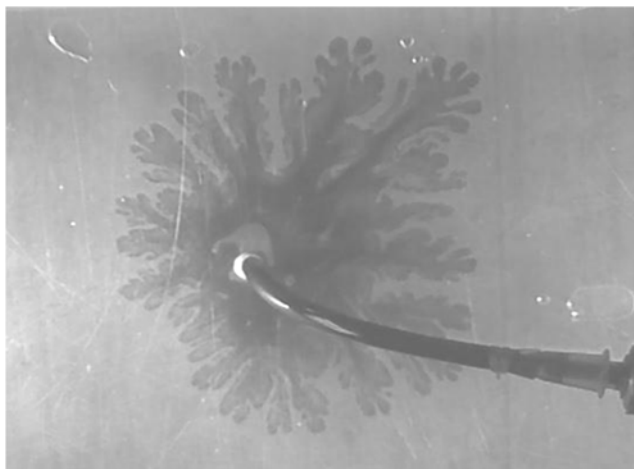
*Научные руководители: доцент, кандидат физико-математических наук Галкин Владислав Михайлович, Томский политехнический университет;  
старший научный сотрудник, кандидат химических наук Кувишинов Владимир Александрович, институт химии нефти;*

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.

#### **Список литературы:**

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.



## Коксование каменных углей и использование продуктов коксования

Титов Р.Э.  
[sk\\_92@inbox.ru](mailto:sk_92@inbox.ru)

*Научный руководитель: ассистент, Федосеев С.Н., Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета*

Стремление найти альтернативные источники энергии при увеличивающихся ценах на нефть не только инициировало разработку и внедрение новых научных технологий, но и обратило интерес к давно используемому и испытанному топливу – углю.

Самым большим спросом пользуется коксующийся уголь, который является основным видом топлива в сфере производства стали и энергетики.

Коксующийся уголь – это уголь, из которого в условиях промышленного коксования получают кокс, который представляет техническую ценность. Для коксования каменных углей следует учитывать их технический состав, коксуемость, спекаемость, а также иные специальные показатели. На территории постсоветского пространства в целях коксования используют следующие угли: К (коксовые), Ж (жирные), ОС (отощено-спекающиеся), Г (газовые) и СС (слабоспекающиеся).[5]

Прежде всего, коксующийся уголь отличается от других видов угля возможностью приобретать пластическое состояние, а в условиях помещения в определенную температуру – спекаться. Коксующийся уголь обладает высшей температурой сгорания, а также характеризуется сравнительно меньшим содержанием примесей. Технология коксования значительно продвинулась в середине двадцатого столетия когда были разработаны новые угольные залежи, а также была создана новая технология коксования. Для коксования преимущественно используют уголь группы Г.[4]

Что же представляет собой процесс коксования угля? Коксование - технологический процесс, имеющих определенные стадии, первой из которых является подготовка к коксованию, представляющая собой измельчение и смешение угля для образования шихты (смеси для коксования). После подготовки производится непосредственно коксование. Коксование производится в камерах коксовой печи с использованием газового нагрева. При коксовании шихту помещают в коксовую печь, где в течение приблизительно 15 часов производится нагревание при температуре около 1000 °С. Результатом этого процесса является получение «коксового пирога». Таким образом, основой коксования являются те процессы, которые происходят в каменном угле при его нагревании.[4]

Из тонны сухой шихты получают 650–750 кг кокса. Он используется, главным образом, в металлургии, а также для газификации, производства карбида кальция, как реагент и топливо в ряде отраслей химической промышленности. Широкое применение кокса в металлургии определяет основные предъявляемые к нему требования. Кокс должен обладать достаточной механической прочностью, т.к. в противном случае он будет разрушаться в металлургических печах под давлением столба шихты, что приведет к увеличению сопротивления движению газов, расстройству хода доменной печи. Кокс должен иметь теплотворную способность

31400- 33500 кДж/кг. Показателями качества кокса является горючесть и реакционная способность. Первый характеризует скорость горения кокса, второй – скорость восстановления им двуокиси углерода. Качество кокса характеризуется также содержанием в нем серы, золы, влаги и выходом летучих веществ.[1]

В процессе коксования так же получают следующие продукты:

1. Коксовый газ получается в количестве 310-340 м<sup>3</sup> на тонну сухого угля. Состав и выход коксового газа определяется температурой коксования. Из камеры, в которой происходит коксование, выходит так называемый прямой коксовый газ, содержащий газообразные продукты, пары каменноугольной смолы, сырого бензола и воды. После удаления из него смолы, сырого бензола, воды и аммиака получается так называемый обратный коксовый газ, который используется как сырье для химического синтеза.[3]

В настоящее время коксовый газ применяется как топливо на металлургических предприятиях, в коммунальном хозяйстве и как химическое сырье.[2]

2. Каменноугольная смола похожа на вязкую черно-бурую жидкость, содержащая около 300 различных веществ. Наиболее ценными компонентами смолы являются ароматические и гетероциклические соединения: бензол, толуол, ксилолы, фенол, нафталин и др. Плотность смолы 1.17-1.20 г/см<sup>3</sup>. Выход смолы составляет 3-4% веса коксуемого газа. Состав смолы зависит от температуры коксования, а выход – от температуры и природы исходных углей. С повышением температуры углубляется пиролиз углеводородов, что снижает выход смолы и увеличивает выход газа. Из каменноугольной смолы выделяют около 60 продуктов различных наименований, куда входят смеси и индивидуальные вещества, служащие сырьем для синтеза красителей, химических волокон, пластмасс и др.[3]

Используется в химической промышленности для переработки в товарные продукты (масла, фракции, пек) и других целей.[2]

3. Сырой бензол – это смесь, состоящая из сероуглерода, бензола, толуола, ксилолов и др. веществ. Выход сырого бензола составляет 1.1% от количества угля. Выход зависит от состава и свойств исходного угля и температурных условий процесса. При разгонке из сырого бензола получают индивидуальные ароматические углеводороды и смеси углеводородов.[3]

Смесь химических (ароматических) соединений (бензол и его гомологи). Предназначается для получения чистых продуктов, используемых в химической промышленности в производствах органического синтеза, пластмасс, растворителей, красителей и т.д.[2]

4. Надсмольная вода представляет собой слабый водный раствор аммиака и аммонийных солей с примесью фенола, пиридиновых оснований и некоторых других продуктов. Из надсмольной воды при ее переработке выделяется аммиак, который совместно с аммиаком коксового газа.

Используется для получения сульфата аммония и концентрированной аммиачной воды.

На сегодняшний день десятая часть всего добываемого в мире каменного угля проходит процесс превращения в кокс, что свидетельствует о востребованности коксующихся углей в промышленности и энергетике.

#### **Список литературы:**

1. Химическая технология: Курс лекций. - Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2007. - 201 с.
2. Химическая продукция. [Электронный ресурс] URL: <http://www.altai-koks.ru/production/chemical/>

3. Большая энциклопедия нефти и газа. [Электронный ресурс] URL: <http://www.ngpedia.ru/id634255p2.html>
4. Угли коксовые вторые. [Электронный ресурс] URL: <http://krasnoyarsk.all.biz/ugli-koksovye-vtorye-g258035#.VQVfpNKsWI8>
5. Продукция. [Электронный ресурс] URL: <http://www.tuvagr.ru/index.php/produksiya>

### **Рациональное использование ПНГ на средних и малых месторождениях (на примере Томской области)**

Учкина К.Ю.  
[uchkinakseniya@mail.ru](mailto:uchkinakseniya@mail.ru)

*Научный руководитель: доктор экономических наук, Боярко Г.Ю., НИ ТПУ*

По данным Министерства природных ресурсов и экологии РФ, ежегодное количество добываемого попутного нефтяного газа (ПНГ) составляет около 55 млрд. м<sup>3</sup> с процентом полезного использования на уровне 76-79%. [1]

Так как ПНГ является побочным продуктом нефтедобычи, то до недавнего времени он просто сжигался на факельных установках в связи с неподготовленностью инфраструктуры и в виду отсутствия массового потребителя.

На сегодняшний день рациональное использование ПНГ достаточно разнообразно, так:

- Для крупных месторождений (30-500 млрд. м<sup>3</sup> газа) [2] наиболее привлекательным вариантом утилизации ПНГ является генерирование электроэнергии на крупной электростанции для последующей оптовой продажи в энергосистему;
- Для средних (5-30 млрд. м<sup>3</sup> газа) – извлечение из ПНГ сжиженного нефтяного газа на газоперерабатывающем заводе (ГПЗ) и продажа его в таком виде или в виде нефтехимической продукции и сухого газа;
- Для малых (1-5 млрд. м<sup>3</sup> газа) – выработка электроэнергии в малых количествах для собственных промысловых нужд и нужд других местных потребителей.

Особенностью нефтедобычи в Томской области является разработка средних и малых месторождений с малыми объемами дебета и низким давлением ПНГ.



Рисунок 1. Динамика добычи и использования ПНГ в Томской области, в млн. м³ [3]

В разрезе компаний, лидирует ОАО «Томскнефть» ВНК с процентом утилизации ПНГ в 90%, ОАО «Томскгазпром» - 87%, Империял Энерджи – 82%, НК «Русснефть» - 71%. [3] Но целевой показатель в 95%, установленный постановлением Правительства РФ, действующий от 01.01.2012 г., на данный момент, так и не достигнут.

Основным направлением утилизации ПНГ томскими нефтегазодобывающими компаниями является сдача попутного газа в магистральный газопровод, что считается одним из самых затратных способов. Использование ПНГ в виде топлива на собственные нужды возможно лишь при выделении значительных и устойчивых объемов газа, что не совсем точно характеризует месторождения Томской области. При таких условиях строительство ГПЗ – нерентабельно.



Рисунок 2. Основные направления использования ПНГ в Томской области [3]

Представленные способы утилизация ПНГ достаточно дорогостоящи. Оптимальный способ решения данной проблемы – переработка ПНГ на месте нефтедобычи в более плотный продукт, а именно в технический углерод (сажу), который легко транспортировать из труднодоступных районов Томской области.

Получение технического углерода из ПНГ возможно несколькими известными способами, например на основе патента № 2174992 – получения сажи методом термического разложения попутного газа или с использованием изобретения, указанного в патенте № 2083614, где для получения сажи необходимо сжигание ПНГ с воздухом и смешение продуктов горения с водяным паром. Но, так как компонентный состав ПНГ может меняться даже в пределах одного месторождения, использование данных способов неидеально и может повлечь за собой выделение вредных веществ при сжигании.

В данном случае необходимо осуществлять «идеальное» сжигание ПНГ, вследствие которого не будет образовываться вредных для экологии и человека веществ.

Рассмотрим утилизацию ПНГ в процессе сжигания с кислородом, на примере основного компонента –  $\text{CH}_4$  (при условии, что в составе ПНГ метан составляет от 80%). При избытке кислорода получим формулу:  $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$  – при этом не получили требуемую сажу, а наоборот, вредный компонент в виде угарного газа. При достаточно рассчитанном количестве требуемого для сжигания  $\text{O}_2$  для определенного состава ПНГ, формулу можно преобразовать –  $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ , тем самым получив технический углерод и абсолютно безвредный компонент – воду.  $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2\text{O}$  при недостатке кислорода. Так же получение сажи возможно при термическом крекинге, где из метана выделится чистый углерод и водород, но этот процесс технически сложен, так как проходит при высоких температурах (свыше  $1000^\circ\text{C}$ ).

Получение технического углерода путем сжигания ПНГ имеет неоспоримые плюсы для средних и малых нефтегазовых месторождений, как Томской области, так и всей России: удобство в хранении и транспортировке, т.к. можно перевозить в обычных цистернах автомобильным транспортом, возможность утилизации ПНГ с малыми дебетами и низким давлением, экологичность, экономичность способа, востребованность сырья.

Таким образом, получение сажи из ПНГ для малых и средних месторождений, как Томской области, так и всей России, может рассматриваться как одно из приоритетных направлений рационального использования ПНГ.

#### **Список литературы:**

1. Статистика газового комплекса // Министерство энергетики Российской Федерации. Электронный ресурс. URL: <http://minenergo.gov.ru/activity/gas/> (Дата обращения 23.03.2015 г.)
2. Классификация запасов и прогнозных ресурсов нефти и горючих газов // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Электронный ресурс. URL: <http://www.mnr.gov.ru/> (Дата обращения 21.03.2015 г.)
3. Итоги деятельности предприятий нефтегазодобывающего комплекса по состоянию на 01.10.2014 // Департамент по недропользованию и развитию нефтегазодобывающего комплекса администрации Томской области. Электронный ресурс. URL: <http://nedra.tomsk.gov.ru/file/it2014.pdf> (Дата обращения 27.03.2015 г.)

## **Полуэмпирические методики в прогнозе развивающихся неизотермических течений углеводородных сред в трубопроводах: преимущество и недостатки интегродифференциальных подходов**

Урустемов Н.Н.  
[seniort-74@yandex.ru](mailto:seniort-74@yandex.ru)

***Научный руководитель: д.ф.-м.н., проф., Харламов С.Н., ИПР НИ ТПУ***

В связи со сложной характеристикой течения вязких сред в трубопроводах в условиях вязкостно-инерционных режимах течения, нестационарных режимах функционирования трубопроводного комплекса, существенного влияния переменных теплофизических свойств, влияния внешних сил на локальную структуру течения теплообмена особый интерес в приложениях имеют методы, позволяющие получить сведения об интегральных и локальных характеристиках и теплообмена в рамках некоторых приближенных моделях процесса, для описания которых, наряду с точными методами, используют, так называемые, полуэмпирические интегро-дифференциальные подходы. Основные проблемы в применении таких методов связаны с необходимостью детального анализа процессов в областях входного гидродинамического, теплового участка, представляющий собой области со сложной характеристикой конвективно-диффузионного переноса импульса тепла. Представленный в работе метод дает возможность достаточно точно описать структуру течения и теплообмен в трубопроводе при схематическом описании процесса двумя зонами (ядра течения и пограничного слоя) при условии, что толщина слоя релаксации возмущения тепловых динамических величин должна быть известна или рассчитана на основе соотношений, полученных с привлечением законов сохранения импульса, энергии для ламинарных потоков. Цель данной работы связана с демонстрацией достоинств интегро-дифференциального метода, первоначально изложенного в работах Петухова Б.С. в прогнозе процессов в трубопроводных системах, ориентированная на транспорт углеводородных сред.

Рассматривая стационарное течение слабосжимаемых газообразных систем и несжимаемых капельных сред в условиях устойчивых вязкостно-инерционных течений в трубопроводе постоянного поперечного сечения, предполагаем, что влияние внешних сил (сил тяжести) пренебрежимо мало, вместе с тем температурный напор достаточен для заметного изменения теплофизических свойств и изменения локальной структуры течения и теплообмена движения потока, учитывающий диссипативный эффект, связанный с преобразованием кинетической энергии в тепловую. Система определяется уравнениями к описанию гидродинамики и теплообмена, включающий в себя уравнение неразрывности движения (уравнение Навье-Стокса), энергии (уравнение в форме Фурье-Остроградского). Изменение теплофизических свойств определяется связями Саттерленда для газообразных и Филонова-Рейнольдса для капельных, причем учитывая, что переменность наиболее заметна в изменении динамических вязкостей для капельных систем и температуропроводность и вязкость для газообразных. Вид уравнения для схемы теплопроводности в термическом начальном участке трубопровода, включающий зоны ядра и пограничного слоя сформулированы в цилиндрических переменных:

$$a \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial t}{\partial r} \right) = w_x \frac{\partial t}{\partial x} + w_r \frac{\partial t}{\partial x} - \frac{\mu}{\rho c_p} \left( \frac{\partial w_x}{\partial r} \right)^2 \quad (1)$$

Интегрирование уравнения выполняется при следующих краевых условиях: на входе используются поле известных параметров течения и теплообмена, представляющий собой однородное распределение; на выходе используются мягкие граничные условия; на стенках условия прилипания для скорости и первого рода для температуры. Построение решения осуществляется в осесимметричной постановке граничных условий, для которой является условия симметрии для исходных величин на оси и равенство нулю радиальной компоненты вектора скорости.

Как показывает анализ работ Петухова алгоритм решения сводится к следующим действиям: необходимо определить численно изменения толщины теплового слоя от приведенной длины, которая связана с уравнением вида:

$$\int_0^k \frac{\left[ B_1 \left( 2 - \frac{T}{R} \right) - B_2 k \left( 3 - \frac{T}{R} \right) \right] \frac{k^2}{2R}}{1 + \frac{1}{2} \pi_1 \frac{k^2}{R^2} (D_1 - 2D_2 k + D_3 k^2)} dk = \frac{X}{Pe} \quad (2)$$

Получено это уравнение с учетом идей Слэзкина-Тарга о построении решения в области пограничного слоя. Данные распределения о решении (локальные поля скорости, температур) имеют вид:

$$\theta = \frac{(1-k)^2 \ln(1-Y) + \left( Y - \frac{Y^2}{2} \right)}{(1-k)^2 \ln(1-k) + \left( k - \frac{k^2}{2} \right)} \quad (3)$$

$$W_x = \begin{cases} \frac{1}{R} \sum_{i=0}^n \frac{b_i}{k^i} \left( \frac{Y^{i+1}}{i+1} - \frac{Y^{i+2}}{i+2} \right) & Y \leq k \\ \frac{1}{R} \left\{ \frac{\mu_c}{\mu_0} \left[ (Y-k) - \frac{1}{2} (Y^2 - k^2) \right] + \sum_{i=0}^n b_i \left( \frac{k}{i+1} - \frac{k^2}{i+2} \right) \right\} & Y \geq k \end{cases} \quad (4)$$

В работе проведены исследования о течении высоковязких и слабовязких углеводородных сред (бензин, керосин, метан) на геометрии трубопровода со следующими данными: число Re входит в диапазон от 50 до 1500, длина участка 50 м., диаметр трубы 500 мм., температура стенки 10 °С, начальная температура 20 °С. Рассмотрена ситуация охлаждения. Некоторые представления о прогнозе гидродинамики и теплообмена можно получить из рисунков 1-6.

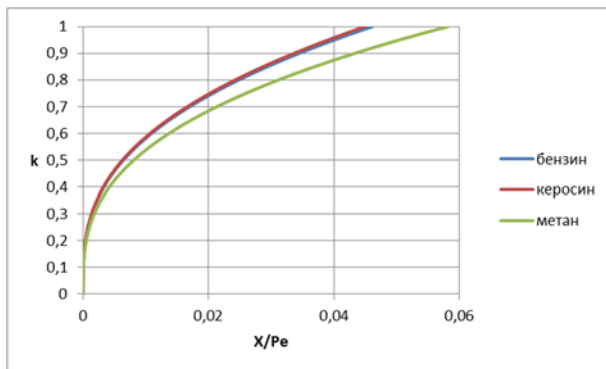


Рис.1 \_ Изменение толщины пограничного слоя

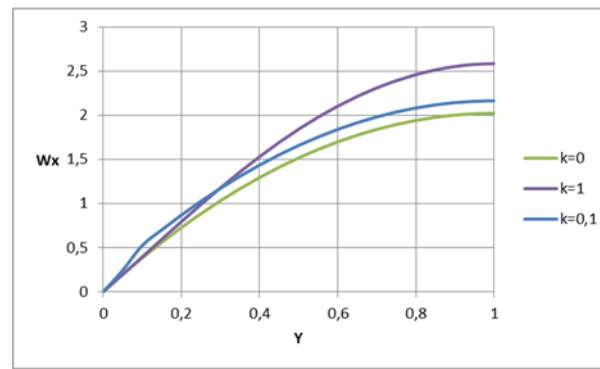


Рис.2 \_ Профиль скорости (бензин)

Где представлены характеристика изменения полей скорости, распределение температуры по длине трубопровода. В частности на рис.1 представлены изменения толщины пограничного слоя в зависимости от расстояния. Из рисунка видно, что при данном напоре смыкание происходит для бензина при  $X/Pe=0,045$ , для керосина при  $X/Pe=0,046$ , для метана при  $X/Pe=0,057$ . Это позволяет получить представление об изменениях интегральных параметров течения и теплообмена. В частности на рис.5 представлены изменения теплообмена. Хорошо видно, что на больших значениях длины трубопровода число  $Nu$  принимает значение  $Nu=3,66$  установившегося ламинарного течения при постоянной температуре стенки.

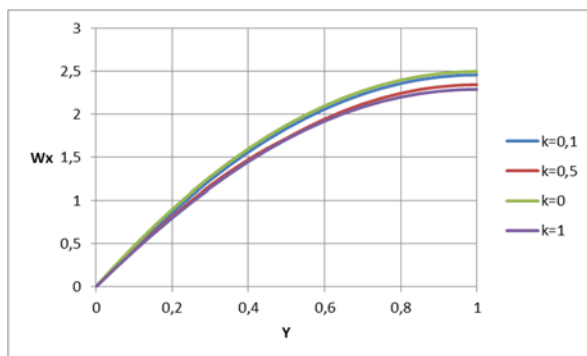


Рис.3 \_ Профиль скорости (керосин)

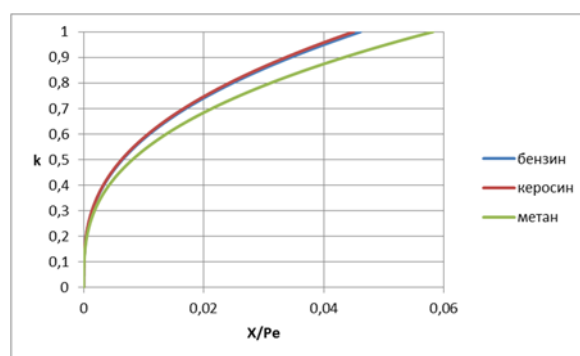


Рис.4 \_ Профиль скорости (метан)

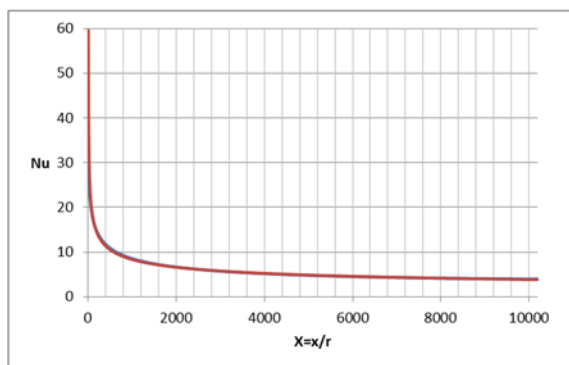


Рис.5 \_ Изменение числа  $Nu$  (бензин)

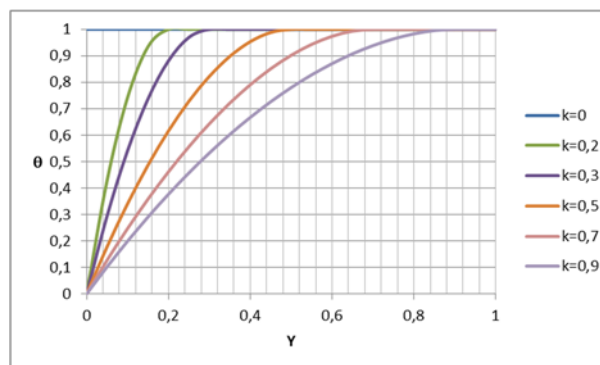


Рис.6 \_ Распределение температур



В работе проведены исследования по изучению диссипативного фактора на изменение поле температур. Расчеты показывают, что не учет потерь в теплообмене дает погрешность числа  $Nu$  не более 11%. Как видим в сравнении с приближенным методом достаточно эффективно и является во многом единственной возможностью в оперативном реагировании в развивающихся процессах, что является основным достоинством полуэмпирической методике. Как показывает расчеты основных значений ( $Nu$ ,  $Wx$ ,  $\theta$ ) является сложный характер формулировки уравнения в развитии толщины слоя при условии отвечающем переходным и турбулентным течениям. В таких условиях необходимо пользоваться численным методом, что может составить предмет будущих исследований по определению теплообмена на участках трубопроводных систем в интенсивных режимах трубопровода.

#### **Список литературы:**

1. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – М.: Наука, 1972. – 720 с.
2. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: Энергоатомиздат, 1984. -152 с.
3. Петухов Б.С. Вопросы теплообмена. –М.: Наука, 1987. -278 с.
4. Харламов С.Н., Рудаченко А.В. Механика многофазных сред и математическое моделирование в трубопроводном транспорте. Учебное пособие. –Томск: Изд - во ТПУ, 2005. -67с.
5. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1974. -713 с.

### **Изменение химического состава подземных вод, при очистке бытовыми фильтрами**

Янкович К.С.

[yankovich.k.s@gmail.com](mailto:yankovich.k.s@gmail.com)

***Научный руководитель: траш. преподаватель ГРПИ ИПР, Янкович Е.П.  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет***

Проблемы загрязнения окружающей среды актуальны в современном мире. Кроме того, важным фактором является воздействие загрязняющих веществ на здоровье человека [1]. Основная часть химических элементов поступает в организм пероральным путем [2]. Население, которое использует для хозяйственно-питьевых нужд воду из нецентрализованного водоснабжения подвергаются риску. Так как добываемая вода часто не соответствует гигиеническим нормам по содержанию ряда химических компонент, для ее очистки используют различные фильтры. Для очистки воды применяют бытовые фильтры.

Цель данной работы – исследование изменения химического состава воды в процессе ее обработки бытовыми фильтрами.

Отбор проб осуществлялся в г. Барнаул, который расположен в южной оконечности Западно-Сибирской платформы на территории Приобского плато [3]. Глубина скважины 105 метров. Анализы проводились в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии НОЦ «Вода» ИПР ТПУ по стандартным методикам.

Природные воды пресные гидрокарбонатные, характеризуются повышенным содержанием железа (формула, табл.).

Формула

$$M_{0,505} \frac{HCO_3 98 Cl SO_4 1}{Ca 52 Mg 36 Na 12} pH 7,4$$

Первоначально в воде обнаружено превышение предельного уровня содержания железа, а так же повышенное содержание магния и кремния (величины данных веществ превышают 0,5\*ПДК).

Очистка воды производилась в два этапа. На первоначальном этапе применялся магистральный угольный фильтр Гейзер[4]. Фильтр очищает воду от механических примесей, устраняет повышенное содержание железа и др. элементов (в зависимости от применяемого картриджа). Использование магистрального фильтра Гейзер (фильтра №1) позволило значительно снизить в воде содержание железа общего, сульфатов, двуокиси углерода, кремния; мутность и пропал запах (табл.).

На втором этапе очистки использовался фильтр для питьевой воды Барьер EXPERT Standard (фильтр 2), имеющий три степени очистки. После фильтра №2 еще снизилось содержание общего железа, кремния, натрия; значение показателя мутности сократилось до нуля. Содержание двуокиси углерода увеличилось в пять раз, на порядок возросла величина фосфатов (табл.).

Таким образом, обработка подземной воды бытовыми фильтрами Гейзер и Барьер EXPERT Standard позволило снизить содержание железа общего, сульфатов, кремния, удалить мутность и запах. Однако, повысилось содержание двуокиси углерода и фосфатов. В целом можно сказать, что применение бытовых фильтров эффективно при децентрализованном использовании подземной воды для хозяйственно-питьевых целей.

Табл. Результаты химического анализа воды

Компонент	ПДК, мг/л	Содержание		
		Исходный состав	После фильтра №1	После фильтра №2
		мг/ л	мг/ л	мг/ л
<b>рН, ед. рН</b>	6,5- 8,5	7,4	7,6	7,26
<i>Удельная электрическая проводимость, мкСм/см</i>	2500	644	644	652
<i>Перманганатная окисляемость, мгО<sub>2</sub> /л</i>	5,0- 7,0	0,99	0,95	1,11
Вкус, балл	2	0	0	0
<b>Запах при 60°C, балл</b>	2	2	0	0
<b>Характер запаха</b>		Землистый	Отсутствует	Отсутствует
<b>Мутность, мг/ л</b>	1,5	17,7	2,8	0
Цветность, °цветн.	20	0	0	0
<i>Двуокись углерода</i>		8,8	2,6	10,5
<b>Аммоний-ион</b>	2	0,26	0,13	0,07
Нитрит-ион	3	<0,02	<0,02	<0,02
Нитрат-ион	45	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Сульфат-ион</b>	500	3,77	1,21	1,66
Хлорид-ион	350	1,39	1,39	1,39
<i>Фосфат-ион</i>	3,5	0,066	0,069	0,2
Кальций		66	66	66
Магний	50	28,06	28,06	28,06
<b>Натрий</b>	200	18	18	15,05
<i>Калий</i>		0,46	0,48	0,55
<b>Железо общее</b>	0,3 (1)	3,43	0,49	0,06
<b>Кремний</b>	10	8,84	8,32	8,1
<b>Минерализация по сумме солей, мг/ л</b>	1000	505	502	491

**Список литературы:**

1. Окружающая среда и здоровье: подходы к оценке риска. / Под редакцией Щербо А.П.. – СПб.: МАПО, 2002. – 370 с.

2. Онищенко Г.Г., Новиков Ю.А., Авалмани С.Л., Буштуева К.А. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду Под ред. Рахманина Ю. А., Онищенко Г. Г. Москва, НИИ ЭЧ и ГОС. 2002. – 408 с.
3. Энциклопедия Барнаула / Под ред. Скубневского В. А.. — Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2000.
4. Компания «Гейзер» [Электронный ресурс]: описание продукции компании/ фильтры – Калуга, 2013. – режим доступа: <http://geizer-kaluga.ru> , свободный.
5. СанПиН 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников.- Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 19 марта 2002 г. N 12 «О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил и нормативов «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.1116-02»

### **Автоматизированная установка для отчистки углеводов**

А.А. Юркин, В.А. Бокор, В.Е. Ошлыков, П.С. Харитонов  
[Yurkin0660@mail.ru](mailto:Yurkin0660@mail.ru)

**Научный руководитель: к.х.н., доцент каф. ТХНГ, Чухарева Н.В., ТПУ**

Современное развитие нефтяной отрасли предполагает наличие ресурсоэффективных технологий, которые базируются на технических, экономических и экологических принципах. Нарушение технологических режимов транспортировки углеводов может привести к невосполнимым потерям природных ресурсов и нанести существенный экологический ущерб. Поэтому международные экологические стандарты ИСО 14000 предполагают повышенные виды ответственности к предприятиям, допустившим указанные нарушения [1]. Тем не менее, нефтяные компании ежегодно несут серьезные финансовые затраты, связанные с аварийными или чрезвычайными ситуациями при транспорте нефти и нефтепродуктов [2]. В связи с вышеуказанным, возникает необходимость в совершенствовании существующих и разработке новых эффективных и быстрореализуемых технологий локализации и утилизации нефтяных разливов.

Ежегодный объём, поступающих на утилизацию углеводов с загрязнениями, требует развития высокоэффективных, недорогих и экологически безопасных технологий, которые базируются на различных физико-химических методах разделения.

В настоящее время существуют как зарубежные, так и Российские аналоги по очистке/утилизации нефтезагрязнений или нефтешламов. Проведённый литературный анализ позволил выявить наиболее востребованные технологии, разработанные российскими производителями (ООО ПКФ «Авантаж», [ООО «Спецавтоком»](#), [ЗАО «РусЭкоПроект»](#)) и зарубежными производителями (ООО «Alfa laval», AG «MOG») [3-6].

Как одно из наиболее успешных решений, с точки зрения технической базы и экономической выгоды, была выбрана действующая шведская установка компании

«Alfa laval», её основные характеристики представлены в таблице 1. Все расчёты были выполнены для одного месяца работы при пятидневном графике и обычной рабочей смене (восьмичасовой рабочий день), в расчётах использовались текущие цены на переработку жидкого нефтешлама, который является недорогостоящим для переработки продуктом, с ценой, находящейся в пределах 1250 руб/м<sup>3</sup>.

**Таблица 1**

**Характеристики установки компании «Alfa laval»**

Название компании	Мощность	Цена	Производительность	Методы очистки
ООО «Alfa laval»	45 кВт	13 000 000	9 м <sup>3</sup> /ч	Физ-хим-био.
Цена блока	Цена работы (сеть)	Цена работы (поле)	Полная прибыль	Время окупаемости
	36 956		1 800 000	7,2 мес.

Достоинствами шведского проекта являются высокое качество утилизации любых нефтепродуктов, его соответствие всем современным экологическим стандартам, высокая надежность и гарантированная техническая поддержка от производителя. Тем не менее, имеются недостатки, а именно: невозможность регенерации исходного сырья, что в свою очередь, оправдано высокой производительностью, а также необходимость в расходных материалах (картриджи для фильтров, культивируемые штаммы микроорганизмов и химические реагенты).

Исходя из достоинств проекта компании «Alfa laval», учитывая его недостатки, авторами была предпринята попытка создания технологии импортозамещения (моделирование новой установки), с учётом перечисленных особенностей.

Проведенные расчеты, основанные на затратах при работе новой модельной установки от различных источников питания, показали, что одним из ключевых способов снижения себестоимости утилизации продукта является возможность ведения работы стационарно. В то время как автономная полевая работа будет обходиться предприятию-потребителю в три-четыре раза дороже в зависимости от условий эксплуатации (таблица 2).

**Таблица 2**

**Характеристики предлагаемого авторами решения**

Название компании	Мощность	Цена	Производительность	Методы очистки
ОАО «МЫ»	15 кВт	1 745 200	2 м <sup>3</sup> /ч	физические
Цена блока	Цена работы (сеть)	Цена работы (поле)	Полная прибыль	Время окупаемости
300 000	12 318,75	47 232	400 000	4,4 мес.

Не менее важной особенностью предлагаемой технологии является применение физических методов переработки, что позволит приблизиться к требуемому качеству

исходного сырья без потери его структуры, в отличие от биологических и химических методов очистки [8-10]. Поэтому можно говорить о ресурсоэффективности выбранного метода и возможности частичной регенерации исходного углеводородного сырья для дальнейшего использования. (например, при производстве дорожных покрытий или строительных материалов и т.д.)

В то же время, в перспективе рассматривается возможность совместного применения нескольких методов утилизации, которые позволили бы повысить конкурентоспособность, благодаря увеличению области применения установки. Например, использование в ситуациях, где скорость переработки загрязнителя важнее, чем сохранение исходного углеводородного сырья. Так, литературный анализ показал, что при невозможности сохранения исходных углеводородов, ввиду опасности увеличения площади загрязнения, с точки зрения финансовых затрат и скорости утилизации за единицу времени, наиболее эффективным будет использование биологических методов очистки [7,8,11]. Главное преимущество биологической ремедиации - это возможность утилизации большой площади и объёмов загрязнителя за значительно меньшее время, относительно применения физических методов. С другой стороны, у данной методики есть существенные недостатки, а именно: невозможность регенерации исходного углеводородного сырья, а так же ограничения условий эксплуатации, связанные с температурой, pH среды и качественным составом загрязнителя.

Таким образом, в перспективе, совместное применение нескольких методов регенерации и/или утилизации нефтепродуктов в промышленном образце позволит сделать предлагаемое авторами решение более гибким в эксплуатации, при решении ряда различных технических и экологических задач.

Необходимо отметить, что изменение курса России в развитии производства предполагает использование отечественных компонентов (деталей) в проектировании, как наиболее экономически обоснованных. В результате может значительно снизиться себестоимость проекта при его сборке и цена готового продукта, без существенной потери в качестве, относительно действующих шведских и британских аналогов.

Авторами были проведены технико-экономические расчеты для краткосрочной (3 года) и долгосрочной (10 лет) перспектив использования предлагаемого решения и его шведского аналога. Расчёты были проведены при условии использования только физических методов переработки и работы в одинаковых условиях эксплуатации. Себестоимость одного м<sup>3</sup> продукта составляла 500 руб. Из всех возможных расходов учитывалась только энергия, необходимая для работы от сети, а так же стоимость приобретаемой техники. По сравнению со шведской установкой компании «Alfa laval», предлагаемое авторами решение выигрывает в краткосрочной перспективе, в связи с более низкой стоимостью отечественных компонентов установки. Однако, в долгосрочной перспективе, предлагаемый проект значительно проигрывает шведскому аналогу из-за его большей производительности при одинаковой мощности. (таблица 3).

### ***Таблица 3***

***Сравнение размеров прибыли и объемов работы в краткосрочной и долгосрочной перспективе***

Параметры	Alfa laval (1 установка)	ОАО «Мы» (4 установки)
Производительность установок (м <sup>3</sup> /ч)	9	8
Расходы (установка и энергия, 3 года)	14 304 160 руб.	8 754 700 руб.
Полная прибыль (3 года)	25 920 000 руб.	23 040 000 руб.
Объём переработанного (3 года)	51 840 м <sup>3</sup>	46 080 м <sup>3</sup>
Расходы (установка и энергия, 10 лет)	17 434 750 руб.	12 893 800 руб.
Полная прибыль (10 лет)	86 400 000 руб.	76 800 000 руб.
Объём переработанного (10 лет)	172 800 м <sup>3</sup>	153 600 м <sup>3</sup>

Также хочется отметить, что одной из главных задач, во время проектирования предлагаемого решения, было создание компактной мобильной установки, нежели стационарного комплекса, а значит, что при запланированном режиме работ, более точны будут технико-экономические расчеты для краткосрочной перспективы работы установки.

Таким образом:

- ✓ предлагаемое нами решение обладает низкой стоимостью, относительно европейских аналогов;
- ✓ благодаря мобильности, неприхотливости к продукту переработки и малому числу необходимого обслуживающего персонала на одну установку (до трёх человек, включая оператора) становится возможным ликвидировать последствия разлива на месте методами *in situ*, что позволяет значительно снизить затраты, относительно применяющихся методов *ex situ*;
- ✓ дальнейшая разработка и постановка серийного производства, при необходимом финансировании, позволит дать квалифицированным специалистам новые рабочие места, а также решить проблему небольших локальных разливов, находящихся далеко от крупных нефтеперерабатывающих предприятий;
- ✓ производительность установки достаточна для того, чтобы полностью утилизировать отходы небольшого нефтеперерабатывающего предприятия.

#### Список литературы:

1. Сайт РБК. [Электронный ресурс]: РосБизнесКансалдинг / Электрон. журн. М., 2000. URL:[http://t.rbc.ru/tyumen\\_freeneews/19/11/2014/956527.shtml](http://t.rbc.ru/tyumen_freeneews/19/11/2014/956527.shtml) (дата обращения 27.01.15).
2. Независимая газета. [Электронный ресурс]: Электрон. журн. М., 2000. URL: [http://www.ng.ru/ng\\_energiya/2014-12-09/11\\_vred.html](http://www.ng.ru/ng_energiya/2014-12-09/11_vred.html) (дата обращения 27.01.15).
3. Установка Storm-15. [Электронный ресурс]: Сайт компании «Man oil group» . URL: <http://www.manoilgroup.com/media/storm-15-ru.pdf> (дата обращения 17.09.14).
4. Пат. 94012433 Российская Федерация, МПК Н 04 В 1/38, Н 04 J 13/00. Способ переработки нефтяных шламов и обезвреживания грунтов / Зоркин В.А.,

- Бушуева Н.Н., Побединский Н.А, Безносков В.Н., Чевардова Н.П., Айсин Е.Х., Моисеев П.А., Чалченко В.П.; заявитель и патентообладатель Зоркин В.А., Бушуева Н.Н., Побединский Н.А, Безносков В.Н., Чевардова Н.П., Айсин Е.Х., Моисеев П.А., Чалченко В.П. - № 94012433/26; заявл. 08.04.94; опубл. 20.08.96, Бюл. № 36 (II ч.). – 3 с.
5. Пат. 2434051 Российская Федерация, МПК Н 04 В 1/38, Н 04 J 13/00. Передвижная модульная установка для утилизации нефтешламов и отходов производства нефти и газа / Ильин Р.Ю., Лукьянов А.С., Серегин С.Н., Захарьев Г.Г., Магзанов С.И. Сидоренко В.Н.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество Русэкопроект - № 2000131736/09; заявл. 11.06.10; опубл. 20.11.11, Бюл. № 32 (II ч.). – 3 с.
6. Сайт компании «ОАО Башнефть». [Электронный ресурс]: Техническое обслуживание установки НШУ "Альфа-Лаваль" (установка переработки нефтешлама) /официальный сайт закупок и продаж компаний ОАО АНК Башнефть. URL: <http://zakupki.bashneft.ru/purchase/11028/> (дата обращения 24.10.14).
7. Плешакова Е.В. Автореферат Эколого-функциональные аспекты микробной ремедиации нефтезагрязнённых почв, доктор биол. Наук.-Саратов 2010. – 47 с.
8. Каминский Э.Ф., Хавкин В.А. Глубокая переработка нефти: технологический и экологический аспекты. – М.: Техника, 2001. -383 с.
9. Пиковский Ю.И. Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами // почвоведение. - № 9. -2003.
10. Хафизов А.Р. Утилизация отработанных масел. – М.: Наука, 1996. - 260 с.
11. Ахметов С.А., Ишмияров М.Х., Кауфман А.А. Технология переработки нефти, газа и твёрдых горючих ископаемых. – Санкт-Петербург: Недра, 2009. - 827 с.

## **Рациональное природопользование природных ресурсов**

Журова Е.Ю.  
[katunya412@mail.ru](mailto:katunya412@mail.ru)

### ***Омский государственный технический университет (г. Омск)***

*Экологическая проблема и проблема рационального природопользования на протяжении уже многих лет остаются глобальными проблемами человеческого общества. Эти проблемы остро обострились со второй половины XIX столетия по мере индустриализации нашей планеты.*

**Ключевые слова:** *природопользование, рациональное природопользование, окружающая среда, природные ресурсы, сырье, вторичное сырье.*

С тех пор как человек существует на Земле, он непрерывно взаимодействует с окружающей его природой. Все живые существа рождены «пользователями» тех ресурсов, которые существуют в природе. Природные экосистемы и человек неразрывно связаны между собой, так как экосистемы дают человеку кислород, чистую воду, пищу, сырье для промышленности и строительства.



К сожалению, человечество пошло по пути создания «общества потребления», основной идеологии которого является постоянное увеличение потребления природных ресурсов. Все это приводит к быстрому истощению даже возобновляемых природных ресурсов.

Развитое сознание позволяет человеку использовать такие ресурсы, которые недоступны другим живым существам, преобразовывать природные ресурсы в формы, не существующие в естественных условиях. [1]

Областью взаимодействия производства и окружающей среды является природопользование

Природопользование — это деятельность человеческого общества, направленная на удовлетворение своих потребностей путем использования природных ресурсов. Человек, как высшее творение призван «по уму» — использовать, сберегать, преумножать и распределять эти ресурсы. Вследствие чего появился термин «рациональное природопользование» [1].

Рациональное природопользование — это система природопользования, при которой достаточно полно используются добываемые природные ресурсы, обеспечивается восстановление возобновляемых природных ресурсов, полно и многократно используются отходы производства (т.е. организовано безотходное производство), что позволяет значительно уменьшить загрязнение окружающей среды.

Рациональное природопользование характерно для интенсивного хозяйства, которое развивается на основе научно-технического прогресса и хорошей организации при высокой производительности труда. Примером рационального природопользования может быть безотходное производство, в котором полностью используются отходы, в результате чего снижается расход сырья и сводится к минимуму загрязнение окружающей среды. [2]. Рациональное природопользование становится неременным залогом устойчивого развития стран и регионов.

Рациональное природопользование подразумевает использование природных ресурсов разумно, так как после их переработки образуются вторичные материальные ресурсы (вторичное сырье), для которых имеется реальная возможность и целесообразность использования в производстве. Значение вторичной переработки очень важно: во-первых, ресурсы многих материалов на Земле ограничены и не могут быть восполнены в сроки, сопоставимые со временем существования человеческой цивилизации.

Во-вторых, попав в окружающую среду, материалы обычно становятся загрязнителями.

В-третьих, отходы и закончившие свой жизненный цикл изделия часто (но не всегда) являются более дешевым источником многих веществ и материалов, чем источники природные. [3]

Повышение эффективности использования сырья на основе его глубокой переработки — ключевой вопрос отечественной экономики. Большая часть отходов в производстве, которые образуются в процессе переработки, остается невостребованной. Выбор наиболее эффективного способа их использования зависит от типа производства, его объема, номенклатуры и количества образующихся отходов, а также от транспортирования и сбыта продукции. Одним из значимых условий рентабельности применения отходов в качестве вторичного сырья становится накопление его значительных объемов на тех предприятиях, где предусматривается их переработка. Решение этих вопросов связано как с

укрупнением производства основной продукции, так и с транспортировкой вторичного сырья. [4]

Исходя из всего выше изложенного, природопользование существовало и существует как важнейший аспект жизни человека, включающий в себя совокупность всех форм эксплуатации природно-ресурсного потенциала и мер по его сохранению в процессе общественного производства для удовлетворения материальных и культурных потребностей общества. Вся историю человечества можно рассматривать и как историю природопользования. Развивался человек — расширялась сфера его деятельности по использованию природных ресурсов. Совершенствование природопользования и расширение сферы деятельности человека приводило к развитию, как самого человека, так и человеческих отношений. Без природопользования не было бы самого человека, его развития. Соответственно, без человека не было бы природопользования. «В этом мире есть только две вещи — люди и природные ресурсы» - Г. Пинкхот 1910. [5]

И всегда следует помнить о том, что рациональное природопользование должно осуществляться человеком так, чтобы в первую очередь была «польза» природе и далее себе, как элементу природы.

#### **Список литературы:**

1. Шабанов В.В. Введение в рациональное природопользование : учебное пособие : для студентов высших учебных заведений / В.В. Шабанов ; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Федер. гос. образоват. учреждение высш. проф. образования, Моск. гос. ун-т природообустройства. — М.: РИО МГУП, 2007. — 189 с.
2. <http://www.grandars.ru/shkola/geografiya/racionalnoe-prirodopolzovanie.html>
3. Экономика и организация природопользования: учебник Авторы: Потравный И.М., Лукьянчиков Н.Н. Издательство: Юнити-Дана, 2012 г.
4. Гапонов В.В. Природопользование: Учебное пособие. - Владивосток: ТИДОТ ДВГУ, 2004. - 164 с.
5. Бабышева Л.А. Природопользование и охрана окружающей среды : учеб.-метод. пособие / авт.-сост. Л. А. Бабышева ; Нижнетагил. технол. ин-т (фил.) УГТУ-УПИ. – Нижний Тагил: НТИ (ф). УГТУ-УПИ, 2007. – 60 с.

### **Актуальность освоения запасов гелия газовых месторождений Восточной Сибири**

Д. А. Нечаев, Д. Г. Дубинский  
danil1996prk@yandex.ru

*Научный руководитель: к. х. н., доцент кафедры ТХНГ Н. В. Чухарева*

В наше время природный газ является одним из важнейших видов энергетического сырья. Основную часть его (70–98%) составляет метан и его гомологи. Но, помимо них, в состав природного газа входят и неуглеводородные вещества (водород, азот, диоксид углерода, гелий). Несмотря на потенциальные перспективы применения этих попутных ресурсов, они сжигаются вместе с топливным углеводородным сырьем.

Природный газ является на данный момент единственным источником промышленного получения *гелия*. Это вещество широко распространено в природе,

однако, в свободном виде в недрах оно не встречается, а получение его на воздухоразделительных установках из атмосферы, где содержание гелия равно лишь 0,00052%, неэффективно и нерентабельно.

С развитием новейших инновационных технологий, спрос на гелий в мире растет из года в год, что обусловлено уникальными свойствами данного ресурса и широким спектром областей его применения. Его незаменимость в высокотехнологичных, наукоемких отраслях промышленности (электронике, полупроводниковой индустрии, волоконной оптике, криогенике, медицинской томографии) определяет круг основных потребителей. К ним относятся прежде всего страны Азиатско-Тихоокеанского региона: Япония, Китай, Южная Корея, Тайвань, Сингапур. Например, скоростные поезда на «магнитной подушке» (маглевы), конструкция которых основана на свойстве сверхпроводимости гелия, уже введены в эксплуатацию в Китае (шанхайская ветка длиной 32 км). Использование этого вещества как в «холодном» (0,1–10 К), так и «теплом» (273–6000 К) состоянии в системах охлаждения реакторов повышает безопасность в атомной энергетике, являющейся жизненно необходимым и безальтернативным источником энергии в Японии и Корее и постепенно вытесняющей неэкологичное угольное сырье в Китае. В целом, промышленное потребление гелиевых ресурсов в странах АТР ежегодно возрастает в среднем на 6–7%, происходят также скачки и до 9–10% [5].

В то же время, запасами такого ценного полезного ископаемого обладают немногие государства. Тенденция к их снижению наблюдается во многих традиционных странах-производителях, например, в Нидерландах (с 0,7 до 0,6 млрд м<sup>3</sup>) и в Польше (с 0,8 до 0,3 млрд м<sup>3</sup>). По данным доклада, представленного ОАО НПО «Гелиймаш» на Сибирском энергетическом конгрессе (2005 г., г. Новосибирск), из общемировых 27,8 млрд. м<sup>3</sup> наибольшими объемами гелия располагали Россия (9,1 млрд. м<sup>3</sup>), США (8,9 млрд м<sup>3</sup>), Алжир (3,0 млрд м<sup>3</sup>) и Катар (2,0 млрд. м<sup>3</sup>) [4]. Перспективы развития гелиевого потенциала этих четырех лидеров представлены в таблице 1.

**Таблица 1 [1,4]**

Страна	Запасы на 2005 г., млрд м <sup>3</sup>	Запасы на 2009 г., млрд м <sup>3</sup>	Прогноз производства на 2020 г., млн м <sup>3</sup>	Прогноз производства на 2030 г., млн м <sup>3</sup>
Россия	9,1	16,2	35–75	90–150
США	8,9	8,5	91	78
Алжир	3,0	8,4	33	33
Катар	2,0	10	29	35

США потеряли первенство в начале XX века, оставаясь одним из крупнейших потребителей гелия в масштабах, близких к объемам добычи. В ближайшую перспективу Соединенные Штаты не планируют дальнейшее развитие гелиевой промышленности, причем предполагается сокращение резервного запаса данного ресурса путем более интенсивной распродажи на рынке. В связи с этим, для Катара, Алжира и, в наибольшей степени, для России открываются возможности занятия практически освободившейся экономической ниши.

Начальные запасы основных месторождений гелия в России составляли примерно 9403 млн м<sup>3</sup>. На данный момент объемы добычи и потери газа (считая с начала

разработки) оцениваются приблизительно в 673 млн м<sup>3</sup>. Основные запасы данного неуглеводородного ресурса сосредоточены в нефтегазоносных бассейнах Восточно-Европейской и Сибирской платформ (Сибирский федеральный округ). Здесь находится более 50% (около 4590 млн м<sup>3</sup>) всех запасов России. Значительными ресурсами располагает Дальневосточный ФО (Республика Саха (Якутия) – 3169 млн м<sup>3</sup>), что составляет примерно 35% от общероссийского показателя. На Приволжский ФО (прежде всего на Оренбургскую область) и Южный ФО (главным образом на Астраханскую область) приходится 7% всех запасов в России. Из разведанных месторождений природного газа в качестве источника гелия в настоящее время могут рассматриваться 176 объектов. Стоит отметить, что гелиевые ресурсы в вышеперечисленных регионах не исчерпываются, так как поисковые геолого-разведочные работы продолжаются (например, прогнозные и перспективные запасы в Восточно-Сибирском регионе оцениваются в объеме 34 млрд м<sup>3</sup> и более). Важно подчеркнуть также, что в отличие от североамериканских месторождений Мидконтинента, сырьевая база которых на данный момент в значительной мере исчерпана, большинство российских месторождений (в особенности месторождения Восточно-Сибирского региона) еще практически не начали осваиваться, и их промышленные запасы все также продолжают пополняться [1].

Важным фактором развития России как страны-экспортера гелия является выгодное географическое положение сырьевой базы вблизи основных потребителей – стран Азиатско-Тихоокеанского региона. Уже с 2006 г. Россия поставляет сжиженный гелий Японии в масштабах около 500 т в год. В 2014 году в опытном порядке партия этого неуглеводородного ресурса была отправлена в Корею для компании «Samsung».

В то же время, перед Российской Федерацией открываются перспективы не только ведущего производителя гелия, но и одного из крупнейших его потребителей. На внутреннем рынке данный вид сырья будет активно применяться в эксплуатации космодрома «Восточный», строящегося в 180 км к северу от Благовещенска – конечного пункта первого участка проектируемого газопровода «Сила Сибири». Более того, гелий также используется в строительных работах на самом газопроводе при сварке и резке металлов (в качестве гелиевой и гелий-аргоновой среды, в зависимости от размеров изготавливаемых деталей). Продолжая тему использования ресурсов в нефтегазовой промышленности, стоит отметить расширение масштабов подводных работ на сахалинском шельфе. Гелиево-кислородные дыхательные смеси, которые в 3 раза легче воздуха, увеличивают глубину возможного погружения водолазов с 50 м до 200–300 м, т.е. до уровня континентального шельфа. В связи с этим объем потребления неуглеводородных газов на Сахалине может возрасти. Развитая сеть магистральных газопроводов в регионе облегчает задачу снабжения работ необходимыми ресурсами [5]. Однако нефтегазовая отрасль – далеко не единственный потребитель гелия. Наличие собственных запасов, продаваемых российским научно-исследовательским учреждениям по цене ниже рыночной, сможет стимулировать исследовательские и опытно-конструкторские работы.

Несмотря на вышеуказанные перспективы, в настоящий момент гелий в промышленных масштабах в России извлекается только на Оренбургском газоперерабатывающем заводе, хотя для этих целей планируется также строительство Амурского газоперерабатывающего комплекса. Если не предпринимать активных действий по защите гелиевых запасов, начиная с момента запуска трубопроводной системы «Восточная Сибирь – Тихий океан», ежегодные потери этого газа будут

близки к масштабам его потребления. Для его сохранения необходима защита на государственном уровне. Гелий следует включить в перечень стратегических ресурсов страны, а его добыча и экспорт должны регулироваться специальным законодательством. За основу можно принять опыт США, где подобная программа была успешно реализуема в период 1925–1996 гг.

На данный момент единственный способ сохранения качественных гелиевых ресурсов, который не тормозит газодобычу – его предварительное извлечение из газов в объеме, превышающем спрос на него, и закачка излишков в подземные гелиехранилища в виде гелия-сырца (азотно-гелиевого концентрата). В качестве гелиехранилищ возможно использование малых истощенных газовых месторождений, возврат гелиевого концентрата в один из пластов разрабатываемого месторождения, или использование соляных каверн. Перспективы последнего варианта уже рассмотрены ООО «Подземгазпром», выделившей в ходе исследований три возможных местоположения будущих хранилищ: район п. Балаганск и п. Тыреть (Иркутская обл.), район п. Богучары (Красноярский край), район Чаядинского нефтегазоконденсатного месторождения [2].

Другим важным аспектом развития гелиевой промышленности является транспортировка газа. Единственный в мире промышленный гелиепровод связывает хранилище Клиффсайд (США) с месторождениями Мидконтинента. Тем не менее, этот вид трубопровода – более эффективная альтернатива используемому сейчас автомобильному транспорту сжиженного газа в цистернах. Например, доставка 20 тонн груза по автомобильным дорогам от Ковыктинского месторождения до Владивостока (приблизительно 4000 км) может быть оценена приблизительно в 250–270 тыс. рублей, а грузооборот тары составит примерно 160000 тонно-километров, так как тара перевозится и в обратном направлении. Непрерывная круглосуточная подача гелия по трубопроводу не только обойдется дешевле, но и исключит целый ряд технологических и организационных операций: оформление въезда-выезда транспорта на охраняемую территорию, подключение и отключение гибких металлорукавов, контроль качества тары и готового продукта, проверку безопасности тары [3].

При всем этом гелиепроводный транспорт достаточно экологичен и обладает низкой, практически нулевой, аварийностью. Инертность и негорючесть этого вещества обуславливает возможность строительства газопроводов практически повсеместно: в охранных зонах, в зонах отчуждения железных дорог, вместе с линиями оптоволоконной связи, вдоль автомобильных дорог и магистральных углеводородных трубопроводов. В то же время, потребуется тщательный мониторинг гелиепроводной сети, так как, при малейшем дефекте, в силу своих химических и физических свойств, гелий легко улетучивается, что может привести к большим потерям.

Таким образом, гелий является одним из наиболее перспективных природных ресурсов, спрос на который растет из года в год в связи с его применением в инновационных технологиях. Россия, обладая огромными запасами этого сырья, может реализовать свой потенциал как в общемировых масштабах, так и в собственных ресурсоэффективных проектах. Поэтому, в ближайшей перспективе топливно-энергетическому комплексу России необходимо решить законодательную, технологическую и транспортно-инфраструктурную задачи.

### **Список литературы:**

1. Конторович А. Э. Сырьевая база и перспективы развития гелиевой промышленности России и мира / А. Э. Конторович, А. Г. Коржубаев, Л. В. Эдер // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2006. – № 2. – С. 17–24.
2. Рубан Г. Н. Критерии выбора хранилищ гелиевого концентрата в Восточной Сибири / Г. Н. Рубан, В. Л. Бондарев, В. П. Королева, Д. С. Королев // Георесурсы. – 2010. – № 4 (36). – С. 29–32.
3. Трубопроводный транспорт промышленных газов // Gasworld Россия и СНГ. – 2013. – № 28. – С. 24–25.
4. Удут В. Н. Перспективы гелиевой промышленности в Восточной Сибири и Республике Саха (Якутия) / В. Н. Удут // ЭКО. – 2005. – № 10. – С. 75–81.
5. Якуцени В. П. Традиционные и перспективные области применения гелия / В. П. Якуцени // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2009. – Т. 4, № 1. – С. 1–13.

### **Локальная очистка модельных вод от ионов хрома реагентом, полученным из шелухи овса**

Магизова Э.Ф., Корчева Е.С.

[magizova666@mail.ru](mailto:magizova666@mail.ru)

***Научный руководитель: к.т.н., доцент, Степанова С.В., федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», кафедра «Инженерная экология»***

Соли тяжелых и цветных металлов являются в России одним из основных загрязнителей водных сред, наиболее активно разрушающих здоровье и генофонд нации. Основным источником поступления в водные объекты тяжелых металлов со сточными водами являются гальванические производства.

Ежегодно только при промывке изделий после гальванических и химических покрытий воды металлообрабатывающих заводов выносят, по оценке специалистов, не менее 3300 т цинка, 2400 т никеля, 460 т меди, 500 т хрома. Поэтому вопросы эффективной очистки воды в процессах обработки металлов в настоящее время весьма актуальны.

Помимо эффективности очистки, технологии должны обеспечивать энергосбережение, утилизацию отходов производства с получением на выходе товарного продукта или вторичного сырья [1].

В данной работе авторы пытаются решить сразу две проблемы: утилизации отходов злаковых культур и очистки воды от ионов хрома(VI).

Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов осуществляется путем перевода ионов тяжелых металлов в малорастворимые соединения (гидроксиды) при нейтрализации сточных вод с помощью различных щелочных реагентов.

Достоинства данного метода являются: широкий интервал начальных концентраций ИТМ; универсальность; простота эксплуатации; отсутствует

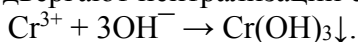
необходимость в разделении промывных вод и концентратов. Недостатки – использование нескольких реагентов требует громоздкого реагентного оборудования; дороговизна; забивание трубопроводного и запорного оборудования в случае применения  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Реагентная очистка сточных вод от шестивалентного хрома состоит из двух стадий:

- 1) восстановление шестивалентного хрома до трехвалентного;
- 2) осаждение трехвалентного хрома в виде гидроксида.

Теоретические дозы реагентов-восстановителей составляют (мг/1мг  $\text{Cr}^{6+}$ ): для сульфита 3,63; бисульфита 3,0; пиросульфита 2,88. Соли сернистой кислоты добавляют к сточным водам в виде 10%-ных водных растворов. Доза восстановителя зависит от исходной концентрации  $\text{Cr}^{6+}$  в сточной воде и величины pH. Скорость и полнота реакций восстановления  $\text{Cr}^{6+}$  до  $\text{Cr}^{3+}$  в большей степени также зависят от величины pH реакционной смеси [2]

После окончания реакции восстановления  $\text{Cr}^{6+}$  в кислой среде сточные воды подвергают нейтрализации с целью осаждения  $\text{Cr}^{3+}$  в виде гидроксида по реакции:



Для достижения наилучших показателей при удалении ИТМ рекомендуется использовать  $\text{NaOH}$ , поскольку последний обладает высокой реакционной способностью; осадки, полученные с его использованием относительно чисты, легче отмываются, перерабатываются и эффективно разделяются при осветлении [3].

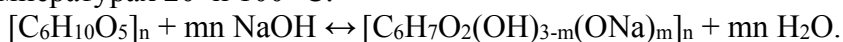
В связи с выше изложенным, поиск дешевых, многофункциональных, эффективных реагентов для очистки вод от ИТМ является актуальной.

Целью данной исследовательской работы является получение реагента из шелухи овса для очистки модельных вод (МВ) от ионов хрома.

Наибольшую группу ежегодно возобновляемого растительного сырья являются отходы сельского хозяйства. В последнее десятилетие наметилась тенденция по использованию данного вида отходов в качестве высокоэффективных сорбентов ионов металлов и нефтепродуктов [4-7], реагентов для очистки воды [8], концентрировании индикаторных количеств радионуклидов [9].

В состав оболочек шелухи овса (ШО) входят: лигнин – 18,40 %, целлюлоза – 38,09 %, Н – 6,01 % и в небольшом количестве N – 3,88 %. Оболочки не представляют пищевой ценности и в процессе переработки удаляются, складываются в течение длительного времени на территории предприятия, служа источником биологического загрязнения окружающей природной среды [10].

Получение раствора реагентов проводилось по следующей реакции при температурах 20 и 100 °С:



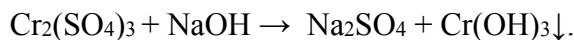
Очистка от ионов  $\text{Cr}^{6+}$  проводилась следующим образом: в 5 плоскодонных колб емкостью 250 см<sup>3</sup> наливалось по 100 см<sup>3</sup> МВ, содержащих ионы  $\text{Cr}^{6+}$  с концентрацией 1; 10; 25; 50 и 100 мг/дм<sup>3</sup>.

Обезвреживание хромосодержащих стоков сульфидными соединениями (восстановления шестивалентного хрома до трехвалентного) проводят в кислой среде (pH = 2-4).

Достигнув pH нужного значения, добавлялся трехкратный избыток 10 % раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  до образования зеленого цвета:



Конечным этапом являлось добавление щелочного реагента и доведения pH до 8,5-9,5.



На основании реакции (1) и (2) подсчитан объем, ушедшего на подкисления, 10 % раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  и щелочного реагента. На основании этих данных добавлялось необходимое количество растворов (таблица 1).

После перемешивания и отстаивания в течение 1 часа очищенные МВ отфильтровывались и взвешивались осадки, а в фильтрате определялись остаточные концентрации ИТМ, pH и ХПК. Результаты очистки представлены в таблице 2.

Таблица 1. Объемы растворов

Концентрация ионов хрома в модельном растворе, мг/дм <sup>3</sup>	Объем $\text{H}_2\text{SO}_4$ , см <sup>3</sup>	Объем $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , см <sup>3</sup>	Объем щелочного реагента, см <sup>3</sup>
100,0	0,060	1,200	1,600
50,0	0,030	0,600	0,800
25,0	0,015	0,300	0,400
10,0	0,010	0,120	0,160
1,0	0,001	0,012	0,020

Таблица 2. Результаты очистки модельных вод

Концентрация ионов хрома в модельном растворе, мг/дм <sup>3</sup>	Реагент 1 ШО (20 °С).				Реагент 2 ШО (100 °С).			
	Остаточная концентрация ионов хрома в растворе $C_{\text{ост}}$ , мг/дм <sup>3</sup>	ХПК, мг $\text{O}_2/\text{дм}^3$	Масса осадка, г/дм <sup>3</sup>	pH	Остаточная концентрация ионов хрома в растворе $C_{\text{ост}}$ , мг/дм <sup>3</sup>	ХПК, мг $\text{O}_2/\text{дм}^3$	Масса осадка, г/дм <sup>3</sup>	pH
100,0	0,60	126,18	0,172	8,94	1,58	567,19	0,265	9,62
50,0	13,95	315,44	0,126	9,02	15,65	746,30	0,126	9,32
25,0	3,50	346,98	0,136	8,99	5,93	806,00	0,251	8,68
10,0	5,11	410,07	0,105	9,48	4,99	835,86	0,114	9,25
1,0	0,73	441,62	0,066	9,34	0,713	895,56	0,053	9,70

Анализируя полученные данные можно сделать следующие выводы: растворы реагентов, полученные путем варки шелухи овса в 10 %-ном растворе NaOH (20 °С),



можно рекомендовать для локальной очистки кислых вод, содержащих ионы  $\text{Cr}^{+6}$  концентрацией  $100 \text{ мг/дм}^3$ , дозировкой  $1,60 \text{ см}^3$ , при этом эффективность очистки составила 99,40 %.

**Список литературы:**

1. Щуклин П.В. Анализ основных направлений очистки производственных сточных от ионов тяжелых металлов / П.В. Щуклин, Е.Ю. Ромаина // Вестник ПГТУ. Урбанистика. 2011. №3
2. Электронный ресурс. URL: <http://vseokraskah.net/ochistka/ochistka-stochnyx-vod-ot-ionov-xroma.html> (Дата обращения 25.03.2015г.)
3. Виноградов С. С. Экологически безопасное гальваническое производство / С. С. Виноградов; под ред. проф. В.Н.Кудрявцева. - 2-е изд., перераб. и доп. М.: Глобус, 2002. 352 с.
4. Собгайда Н. А. Ресурсосберегающие технологии применения сорбентов для очистки сточных вод от нефтепродуктов: монография / Н. А. Собгайда, Л. Н. Ольшанская. Саратов: Наука, 2010. 149 с.
5. Кондаленко О. А. Интенсификация процесса сорбции нефти отходами переработки ячменя с водной поверхности / Сборник по результатам XIII заочной научной конференции Research Journal of International Studies. Meždunarodnyj naučno-issledovatel'skij žurnal №3 (10) 2013 Часть 1 с. 41-42
6. Доможиров В. В. Влияние параметров плазменной обработки на сорбционные свойства плодовых оболочек ячменя / В. В. Доможиров, И. Г. Шайхиев, С. В. Степанова, И. Ш. Абдуллин // «Технологии техносферной безопасности» (электронный журнал) выпуск 3 (43) июнь 2012 .7 с./ <http://ipb.mos.ru/ttb/2012-3>.
7. Степанова С. В. Использование отходов агропромышленного комплекса для удаления ионов железа из модельных вод / С. В. Степанова, И. Г. Шайхиев // Сб. докл. V Международной научно-практ. конференции «Экология: образование, наука, промышленность и здоровье», 14-16 ноября 2013 г. Белгород: Изд-во БГТУ. 2013. С. 45-47.
8. Киселева Н. В. Реагентная очистка сточных вод гальванических производств от ионов тяжелых металлов с использованием экстракта из лузги гречихи: дис. ... канд. техн. наук / Казан. гос. технол. ун-т; Н. В. Киселева. – Казань: КГТУ 1999. – 113 с.
9. Величко Б. А. Дезактивация сточных вод душевых и спецпрачечных фитосорбентами 754 и 761 / Б. А. Величко, Н.У. Венсковский, В. Я. Сухоносков // Экология и промышленность России. 2002. № 4. С. 14-18.
10. Барынина Е. А. Получение целлюлозы из семенных оболочек злаковых культур / Е. А. Барынина, О. А. Кондаленко, С. В. Степанова, И. Г. Шайхиев // «Экологические проблемы горнопромышленных регионов»: материалы докладов и выступлений участников Международной молодежной конференции (12-13 сентября 2012 года). М-во образ. и науки РФ, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. Казань: КНИТУ, 2012. С. 43-46.

## Влияние литолого-фациальной зональности месторождения на распределение петрофизических параметров

Т.Е. Оловянишникова  
[tanyao@sibmail.com](mailto:tanyao@sibmail.com)

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

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.

Крапивинское месторождение приурочено к одноименному локальному поднятию, расположенному на юго-западном склоне Моисеевского куполовидного поднятия [1,3].

Осадконакопление происходило в дельтовых условиях. На территории месторождения выделяются четыре литолого-петрофизические типа разреза. Чередование по площади полосовидных участков улучшенных (литолого-петрофизические типы разреза 1а, 1б и 1в) и ухудшенных (литолого-петрофизический тип разреза 4) коллекторов. 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) (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 ( $V_p$ ).

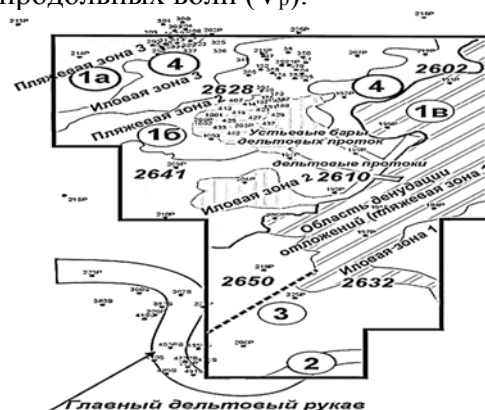


Рисунок 1.

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

При петрофизическом исследовании проведены корреляционный (рис. №2) и статистический анализы. Изучена зависимость между коэффициентом открытой пористости и вышеперечисленными параметрами. Выявлено, что минералогическая плотность не зависит от коэффициента пористости. Набор корреляционных уравнений для каждой зоны индивидуален. Но существуют одинаковые уравнения для некоторых параметров зон. Уравнения корреляции коэффициента проницаемости по газу имеют экспоненциальный вид, а отложения типов 1а и 1б имеют одно уравнение корреляции, так как отложения данных типов сформировались в условия пляжа. Корреляционные уравнения электрического параметра пористости для всех типов разреза имеют линейную зависимость, но для 1б типа (пористость 0-12%) характерен экспоненциальный вид. Для типов 1б, 1в и 3, 4 характерны различные корреляционные зависимости, так как отложения типов 1б и 1в сложены в основном среднезернистыми, а 3, 4 мелкозернистыми алевролитами и песчаниками. Отложения типов 1а, 1б, 1в имеют одно уравнение корреляции для увлажненной плотности. Полученное можно соотнести с тем, что отложения фронта дельты 1а, 1б, 1в типов формировались в условиях активного ее выдвигания.

	1а	1б	1в	2	3	4
$K_{пр.г}$	$Y=0,0004 * e^{-0,64x}$	$Y=0,0004 * e^{-0,64x}$	$Y = 0,0016 * e^{-0,47x}$	$Y = 0,0007 * e^{-0,59x}$	$Y = 0,01 * e^{-0,347x}$	$Y = 0,0005 * e^{-0,55x}$
$P$	$y = -1,531x + 44,44$	$y = -1,97x + 56,64$ $Y = 438,2 * e^{-0,98x}$		$y = -3,493x + 78,54$	$y = -2,858x + 73,03$	
$V_p$		$y = -1,4 * \ln x + 6,891$	$y = -0,83 * \ln x + 5,689$		$Y = 5,777 * e^{-0,04x}$	$Y = 4,354 * e^{-0,01x}$
$\delta_{увл}$	$y = -0,0194x + 2,69$	$y = -0,0194x + 2,69$	$y = -0,0194x + 2,69$	$y = -0,0187x + 2,67$	$y = -0,0199x + 2,68$	$y = -0,0176x + 2,67$

Рис. 2 - Корреляционные зависимости петрофизических параметров от коэффициента открытой пористости для пласта Ю<sub>1</sub><sup>3</sup>

Статистический анализ, проводимый по трем критериям: Колмогорова-Смирнова, Стьюдента и Фишера, подтвердил существование зональности на территории данного месторождения. Но зоны, сложенные отложениями 1в и 4 типов, исходя из данного анализа, можно объединить в одну зону. Тогда следует учитывать, что для отложений типов 1в, 4 минералогическая плотность и коэффициент проницаемости по газу являются различными. Значения петрофизических параметров 1б, 4 и 3, 1в имеют существенные различия, а зоны отложений типов 1а и 1в имеют одну минералогическую плотность.

Распределение петрофизических параметров соответствует литолого-фациальной зональности месторождения, но не в полной мере. Несколько зон можно объединить в единую петрофизическую модель. Полученное соотношение позволяет более надежно давать оценку фильтрационных свойств с учетом места положения скважин в общей зональной схеме месторождения.

### Список литературы:

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. Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике / Под ред. В.И. Дмитриева. – М.: Недра, 1990. – 498 с.
3. 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.

### Исследование плазменной утилизации отходов после очистки воды

Шеховцова А.П., Каренгин А.Г.  
nessheh@gmail.com

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

На Томском подземном водозаборе ежегодно образуются около 600 т железосодержащих осадков (таблица 1) после очистки воды, которые сбрасываются в реку Кисловка, протекающую по особо охраняемой пригородной зоне междуречья Томи и Оби [1].

Таблица 1 Элементный состав ОВП

Элемент	Содержание, масс. %
Железо (основа)	30,3
Марганец	4,5
Кремний	4,0
Кальций	1,0
Магний	$2,6 \cdot 10^{-1}$
Алюминий	$1 \cdot 10^{-1}$
Медь	$4,5 \cdot 10^{-2}$

Аналогичная проблема стоит на станциях водоочистки таких городов, как Стрежевой, Кедровый, и других населенных пунктов Томской и Тюменской областей, потребляющих воду из подземных источников с большим содержанием железа и марганца. Это приводит к существенному ухудшению экологической обстановки в регионе.

Традиционно используемые осадительный и термический способы для промышленного производства красящих пигментов многостадийны, энергоёмки и экологически небезопасны [2,3].

Эффективная и экологически безопасная утилизация таких отходов может быть достигнута при плазменной утилизации оптимальных по составу горючих водно-органических композиций на основе ОВП, поэтому представляет интерес процесс плазменной утилизации отходов после очистки пресной воды с получением нанодисперсных пигментов, включающих оксиды железа, для последующего применения при производстве лакокрасочной и иной продукции.

Плазменный термолиз водных растворов солей или суспензий гидроксидов металлов в плазме является гибким и перспективным плазмохимическим способом получения порошкообразных оксидов металлов [3]. Данный способ является наиболее универсальным методом получения как простых, так и сложных оксидов металлов многоцелевого назначения. Основными достоинствами способа является: большое число каналов воздействия на физико-химические свойства целевых продуктов, возможность синтеза сложных оксидных соединений, а также их легирование на молекулярном уровне, высокая химическая активность получаемых веществ. К тому же процесс является одностадийным и, как следствие, экономным по времени при производстве пигментов, что в современных условиях является неоспоримым достоинством данного способа.

Как показано в работе [4], значительное снижение удельных энергозатрат на процесс получения пигментов может быть достигнуто при плазменной переработке исходного сырья в виде оптимальных по составу горючих водно-органических композиций (ВОК), имеющих адиабатическую температуру горения  $T_{ад} \approx 1200$  °С.

В работе [5] подтверждена эффективность процесса плазменной утилизации железосодержащих отходов после очистки пресной воды в виде модельных горючих ВОК на основе этилового спирта и ацетона, а также показана возможность применения магнитной сепарации для эффективного извлечения полученных железосодержащих пигментов из водных суспензий.

В работе [4] также подтверждена эффективность процесса плазменной утилизации железосодержащих отходов после очистки пресной воды на модельных горючих ВОК на основе этилового спирта и ацетона и показана возможность применения магнитной сепарации для эффективного извлечения полученных пигментов из водных суспензий.

На рисунке 1 показано влияние содержания ОВП, спирта и ацетона на адиабатическую температуру горения различных водно-органических композиций «ОВП-Вода-Спирт» и «ОВП-Вода-Ацетон».

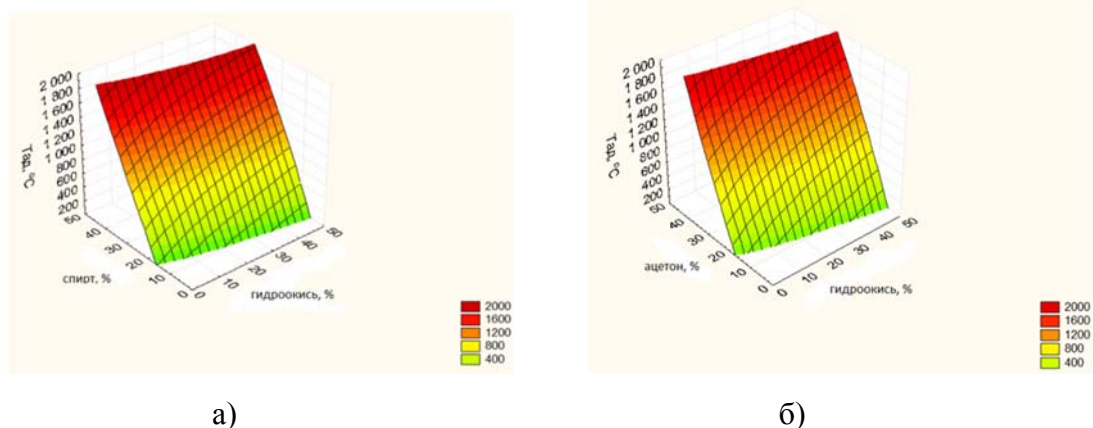


Рис. 1. Влияние содержания гидроокиси железа и спирта на адиабатическую температуру горения водно-органических композиций «ОВП – Вода – Спирт» (а) и «ОВП – Вода – Ацетон» (б)

В данной работе представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса плазменного получения нанодисперсных пигментов из отходов после очистки воды в условиях воздушной плазмы ВЧФ-разряда в виде горючих ВОК с использованием различных горючих отходов. Так, в результате проведенных расчётов определены оптимальные составы водно-органических

композиций, имеющих адиабатическую температуру горения  $T_{ад} \approx 1200^\circ\text{C}$  и обеспечивающих экологически безопасную утилизацию ОВП.

1. ВОК-1 (45% ОВП : 36% вода : 19% ацетон).
2. ВОК-2 (45% ОВП : 33% вода : 22% спирт).

Для определения оптимальных режимов исследуемого процесса проведены расчёты равновесных составов газообразных и конденсированных продуктов плазменной утилизации оптимальных водно-органических композиций на основе ОВП. Для расчётов использовалась лицензионная программа TERRA. Расчёты проведены при атмосферном давлении (0,1 МПа), в широком диапазоне температур (300÷4000 К) и массовых долей воздушного плазменного теплоносителя (20%÷80%). При этом, для каждой водно-органической композиции подбиралась такая минимальная массовая доля воздуха, которая обеспечивала полное окисление органического растворителя (ацетон, спирт) и не допускала появления сажи  $\text{C(s)}$  в продуктах плазменной утилизации.

На рисунке 2 представлены характерные равновесные составы основных газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов плазменной утилизации оптимальной водно-органической композиции ВОК-1 при массовой доле воздушного плазменного теплоносителя 75%

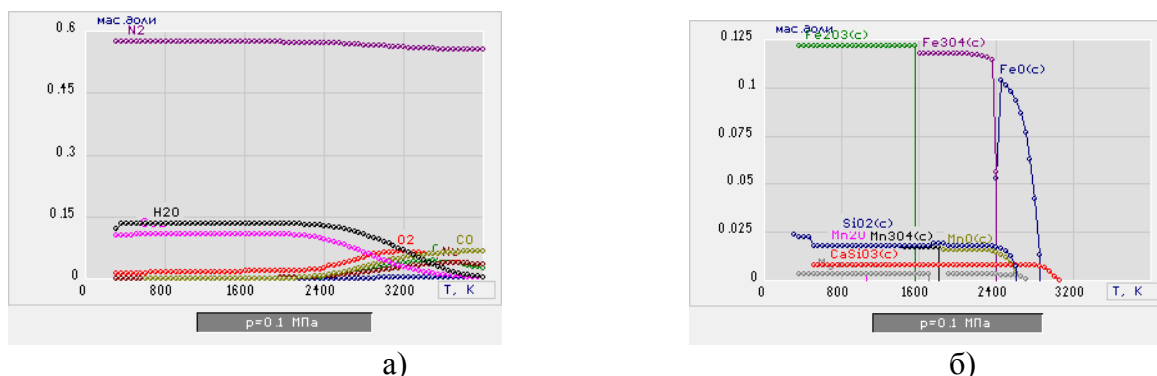
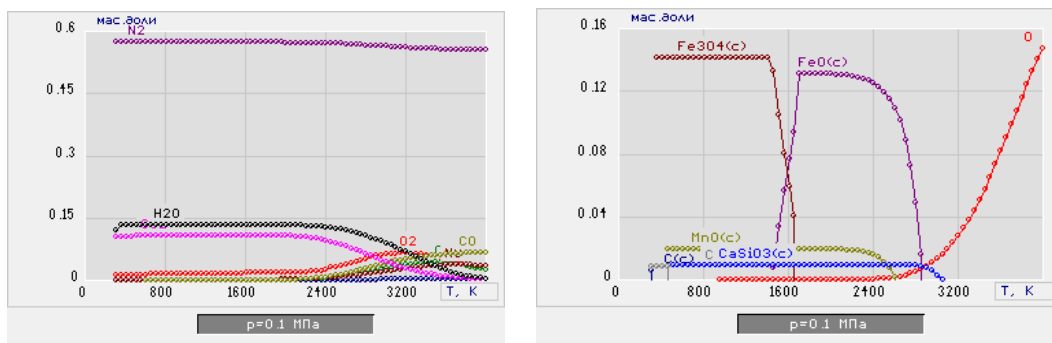


Рис. 2 . Равновесный состав газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов плазменной утилизации в воздушной плазме водно-органической композиции ВОК-1 (75% Воздух : 25% ВОК-1)

Из анализа продуктов (рисунок 2) следует, что при массовой доле воздуха 75% и температурах до 1500 К образуются в газовой фазе, в основном,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , а в конденсированной фазе – простые и сложные оксиды металлов. При этом следует отметить, что в конденсированной фазе образуется немагнитная окись железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{c})$ .

Снижение массовой доли воздуха с 75% до 70% (рисунок 3) приводит при температурах до 1500 К к образованию в газовой фазе, в основном,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , а в конденсированной фазе – простых и сложных оксидов металлов. Отсутствие сажи  $\text{C(s)}$  и незначительное количество  $\text{CO}$  и  $\text{NO}$  указывают на то, что процесс плазменной утилизации композиции ВОК-1 в воздушной плазме при массовой доле воздуха 70% идёт в оптимальном режиме с получением в конденсированной фазе требуемой магнитной окиси железа  $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{c})$ .





а) б)

Рис. 3. Равновесный состав газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов плазменной утилизации в воздушной плазме водно-органической композиции ВОК-1 (70% Воздух : 30% ВОК-1)

Таким образом, проведённые термодинамические расчеты для оптимальных по составу водно-органических композиций на основе ОВО спирта (ВОК-1) и ацетона (ВОК-2) показали, что процесс плазменной утилизации ОВО протекает в оптимальном режиме и в широком диапазоне рабочих температур с получением требуемого целевого продукт в виде магнитной окиси железа  $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{с})$ . С учётом полученных результатов может быть рекомендованы для практической реализации процесса плазменной утилизации ОВО в воздушной плазме следующие оптимальные режимы:

- ВОК-1 (45% ОВО : 33% Вода : 22% Спирт);
- массовое отношение фаз (70% Воздух : 30% ВОК-1);
- интервал рабочих температур  $1200 \pm 100$  К.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании передвижных и стационарных промышленных установок для плазменной утилизации различных железосодержащих отходов.

На данный момент в работе рассматриваются использование новых горючих веществ, например, таких как отработавшие масла или дизельное топливо, а так же продолжают работы по оптимизации работы плазменного стенда.

#### Список литературы:

1. Лисецкий В.Н., Брюханцев В.Н., Андрейченко А.А. Улавливание и утилизация осадков водоподготовки на водозаборах г. Томска. - Томск: Изд-во НТЛ, 2003. – 164с.
2. Бельский Е.Ф., Рискин И.В. Химия и технология пигментов. – Л.: Ленгосхимиздат, 1949. – 624с.
3. Пархоменко В. Д., Сорока П. И., Краснокутский Ю. И. и др. Плазмохимическая технология. - Новосибирск: Наука. Сиб отд-ние, 1991.-196 с.
4. Каренгин А.Г., Каренгин А.А., Побережников А.Д. Плазменное получение жаростойких пигментов двуокиси циркония // Известия вузов. Физика - 2011, т. 54, - №11/2. - с. 369-372.
5. Власов В. А. , Каренгин А. Г. , Каренгин А. А. , Шеховцова А. П. Плазменное получение нанодисперсных пигментов из отходов после очистки воды // Известия вузов. Физика. - 2014 - Т. 57 - №. 3/3. - С. 87-90.

## Обзор и сравнение антивирусного программного обеспечения

Курманбай А.К.  
[aigera\\_0796@mail.ru](mailto:aigera_0796@mail.ru)

*Научный руководитель: Разумников С.В. ассистент  
Юргинский технологический институт (филиал) Национального  
исследовательского Томского политехнического университета*

В настоящее время очень актуальна проблема защиты информации. Информация как продукт может продаваться или покупаться, в связи с чем, мы можем сказать, что она имеет свою стоимость. Показатель стоимости может варьироваться в различных пределах, и когда мы говорим об информации, которая может принести высокую прибыль, здесь и возникает проблема, связанная с ее защитой. Говоря о защите, мы можем выделить два основных момента, это потеря ценности информации или ее исчезновение с устройства хранения данных.

Первый момент связан с халатностью владельцев, обладающих какой либо информацией. Второй момент чаще всего происходит из-за сбоев аппаратной части устройств, на которых хранятся данные, или же из-за вирусов, проникших в те или иные устройства.

В статье рассмотрены угрозы для мобильных устройств и способы защиты от них.

Нужно помнить, что смартфон – это полноценный компьютер. Одной из лидирующих платформ мобильных устройств является Android, именно она представляет особый интерес для киберпреступников. Для данной платформы пишется около 97 % от всех существующих образцов вредоносного программного обеспечения для мобильных устройств.

### **1. Понятие мобильного вируса.**

Мобильные вирусы – это небольшие программы, предназначенные для вмешательства в работу мобильного телефона, смартфона, коммуникатора, которые записывают, повреждают или удаляют данные и распространяются на другие устройства через SMS и Интернет.

Компьютерный вирус – вид вредоносного программного обеспечения, способного создавать копии самого себя. Связанно это с тем, что пользователь хранит в телефоне огромное количество персональной информации (номера телефонов, данные различных аккаунтов и почты, фото), кроме того, вирусы имеют возможность отправлять SMS и звонить на платные номера.

### **2. Обзор мобильных вирусов.**

Comwar это очень дорогой мобильный вирус. Он рассылает свои копии путем MMS сообщений. Такой мобильный вирус опасен для вашего кошелька только в том случае, когда вы подключили услугу GPRS, потому что без подключения – вирус не может отправлять ничего. Он, конечно, будет пытаться сделать это, но каждый раз будет остановлен сообщением о том, что подключение к сети не удалось, проверьте настройки подключения. Однако когда у вас всегда подключен GPRS-расходы будут колоссальными.

Commwarrior MMS-червь. Распространяется через MMS и Bluetooth. Рассылает MMS-сообщения без ведома владельца. Быстро «сажает» аккумулятор.



Flexispy – первый полнофункциональный шпион, цена которого на сайте создателей составляла 50\$: устанавливает тотальный контроль над смартфоном и отправляет злоумышленнику информацию о совершенных звонках и отправленных SMS.

Fontal – этот мобильный вирус, попадая в память смартфона, изменяет шрифты.

Locknut этот вирус заменяет некоторое количество файлов смартфона неработоспособными файлами. В результате этого после выключения телефона (например, при разрядке батареи) летит прошивка. И вам остается только навестить специалистов сервис-центра.

Metal Gear Solid маскируется под установочный файл игры, после активации ищет и отключает антивирусные программы, после чего становится проблематичным вылечить телефон.

Mosquit данный вирус маскируется под игру для телефона, при его запуске начинает рассылать SMS – сообщения.

Pbstealer вредоносное приложение, которое похищает ваши личные данные (данные записной книги) и пытается отправить их через Bluetooth.

Sculler повреждает записную книжку телефона, в связи, с чем все номера придется набирать вручную. Быстро блокирует почти все функции мобильного, остается только возможность использования голосовых операций. Имеется возможность замены всех пиктограмм меню телефона на свои пиктограммы (обычно в виде черепов).

### **3. Направления развития мобильных вирусов**

Существует несколько направлений развития вирусов, по которым действуют вирусописатели.

#### **1. Кража персональной информации.**

В данном случае вирусы собирают персональные данные, имеющиеся в телефоне. Вся информация, полученная вирусом, отправляется на сервер злоумышленников, где используется по их усмотрению. Один из самых серьезных вирусов такого плана Android.Geinimi. Попадая в систему, он определяет местоположение смартфона, загружает файлы из Интернета, считывает и записывает закладки браузера, получает доступ к контактам, совершает звонки, отправляет, читает и редактирует SMS-сообщения.

2. Отправка платных SMS-сообщений и звонки на «партнерский номер» без ведома владельца.

В данном случае за отправку сообщения или за звонок списывается серьезная сумма средств с лицевого счета владельца телефона. Разумеется, деньги попадают в руки злоумышленников. Из самых известных подобных угроз можно назвать Android.SmsSend, а также давно известные RedBrowser и Webster для Java-платформы. Они маскируются под различные полезные программы, вызывая тем самым доверие у пользователя.

#### **3. Мошенничество посредством использования систем интернет-банкинга**

В данном случае вирус открывает доступ к мобильному приложению для работы с банком или соответствующему веб-сайту, либо перехватывает SMS-сообщения, передаваемые пользователю от систем интернет-банкинга. На мой взгляд, последствия очевидны, это подписка абонента на дорогостоящие контент-услуги или списывание суммы с банковских счетов, блокируя входящие SMS-запросы от банка и скрытно отправляя подтверждающие SMS о переводе денежных средств.

Выделим основные причины распространения мобильных вирусов: уязвимость программного обеспечения; низкий уровень «мобильной» грамотности; отношение владельцев мобильных телефонов к мобильным вирусам, как к проблеме будущего; любопытство (что будет, если я запущу этот файл/игру/программу); несоблюдение элементарных правил безопасности.

#### 4. Методы защиты от вирусов.

На сегодняшний день большинство разработчиков антивирусов для персональных компьютеров стали выпускать мобильные версии антивирусов. Проблемы современных киберугроз решаются мобильными версиями антивирусов «Лаборатории Касперского», "Dr.Web" и других известных производителей антивирусного программного обеспечения.

Существуют также и сетевые решения операторов связи, позволяющие обойтись без установки антивируса на смартфон. Например, сетевая версия антивируса МТС при выходе в интернет с мобильного устройства блокирует зараженные веб-страницы непосредственно на операторском оборудовании. Таким образом, обеспечивается защита на более высоком аппаратно-программном уровне, разработанном по стандартам информационной безопасности для крупных предприятий, финансовых и банковских учреждений.

Проведем сравнительный анализ пяти крупнейших антивирусных компаний:

1. AVG Mobilation Anti-Virus Pro;
2. Dr.Web Mobile Security;
3. Kaspersky Mobile Security;

Выделим категории для сравнения данных антивирусных программ.

1. Фильтр звонков и SMS.
2. Антивирус.
3. Техническая поддержка.

*Таблица 1*

*Фильтрация звонков и SMS*

Критерии		AVG Mobilation Anti-Virus Pro	Dr.Web Mobile Security	Kaspersky Mobile Security
“Белый” / “Черный” список номеров		-	+	+
“Белый”/ “Черный” список SMS/MMS		-	+	+
Блокировка	буквенных номеров	-	-	+
Функция	“Всегда разрешать звонки и SMS для номеров из контактов”	-	+	+

*Таблица 2*

*Антивирус*

Критерии		AVG Mobilation Anti-Virus Pro	Dr.Web Mobile Security	Kaspersky Mobile Security
----------	--	-------------------------------------	------------------------------	---------------------------------

Антивирусный монитор (защита в реальном времени)	+	+	+
Сканирование по требованию	+	+	+
Сканирование по расписанию	+	-	+
Сканирование отдельных файлов и директорий	+	+	+
Сканировать SD-карту при подключении	-	+	-
Веб - защита (блокирование доступа к зараженным сайтам)	+	-	-
Карантин	-	+	-
Использование «облачных» технологий	-	-	+
Автоматическое обновление антивирусных базТ	+	+	+

Из приведенного анализа можно сделать вывод, что наилучшими антивирусами на сегодня являются Dr.Web Mobile Security и Kaspersky Mobile Security.

*Таблица 3*  
*Техническая поддержка*

Критерии	AVG Mobilation Anti-Virus Pro	Dr.Web Mobile Security	Kaspersky Mobile Security
Руководство пользователя	-	+	+
Техническая поддержка (через личный кабинет/ электронную почту)	+	+	+
Обучающая информация о продукте на сайте производителя	+	+	+
Форум	+	+	+
Поддержка по телефону	+	+	+

Представленное исследование показало, что большинство антивирусов включает в себя фиксированный набор компонентов безопасности:

- антивирусное ядро (сканер и монитор);
- антивор;
- фильтрацию звонков и SMS.

В заключение отметим, что эксперты считают, что на сегодняшний день количество мобильных вирусов ещё не достигло критической точки и опасность заражения телефона довольно мала по сравнению с обычными компьютерными «инфекциями». Нужно призвать проявлять осторожность при обращении с вашим

мобильным телефоном – и тогда наверняка проблема мобильных вирусов не будет представлять для вас ничего страшного.

Также выделим список правил обращения с мобильными устройствами, чтобы избежать возможности заражения вирусами.

1. Пользоваться антивирусными программами.
2. Необходимо соблюдать осторожность при установке всевозможных приложений на ваш смартфон.
3. Не держать Bluetooth постоянно включенным, или используйте скрытый режим.
4. Не запускать незнакомые программы.

#### **Список литературы:**

1. Ю.А.Шафрин Информационные технологии. – М.: Лаборатория базовых знаний, 1999 В.В. Качала, Н.М. Качала Основы информатики. – Мурманск: Издательство МГТУ, 1998.
2. Романец Ю.В., Тимофеев П.А., Шаньгин В.Ф. Защита информации в компьютерных системах и сетях. - М.: Радио и связь, 1999.
3. С.В. Симонович, Г.А. Евсеев Практическая информатика. – М.: АСТ-Пресс: Инфорком-Пресс, 2000 г.

### **К вопросу получения экологически чистой продукции**

Воронкова М.Н.  
dj\_rita@mail.ru

#### ***Омский государственный технический университет***

Применение удобрений в агроценозах является наиболее действенным и сильным фактором в формировании качества урожая. Рациональное использование средств химизации предусматривает правильный выбор доз удобрений, сроков и способов их внесения, позволяющее получить не только высокий урожай, но и исключить риск загрязнения почвы и продукции токсичными элементами и соединениями [1,2,3].

В задачи исследований входило изучить действие и последствие удобрений на качество получаемой продукции, установить функциональные зависимости качества растениеводческой продукции от обеспеченности почвы нитратным азотом (слой 0-40 см), подвижным фосфором (слой 0-20 см) и соотношения этих биогенных элементов в почве ( $P_2O_5/N-NO_3$ ).

Для экологической оценки систем удобрения в севообороте определялось содержание нитратного азота и тяжелых металлов в зерне зерновых культур. Содержание нитратов и тяжелых металлов в урожае в связи с особой их вредоносностью, регламентируется предельно допустимой концентрацией (ПДК). Опасность превышения ее объясняется метаболизмом нитратного азота и тяжелых металлов в процессе питания, превращении их во вредоносные для здоровья соединения, обладающие канцерогенными и мутагенными свойствами.

Исследования проводились в длительном стационарном опыте (год закладки 1976) лаборатории агрохимии СибНИИСХ на полях ОПХ “Омское” расположенного в южной лесостепи Западной Сибири. Зернопаропропашной севооборот развернут в

пространстве и времени. Чередование культур следующее: пар, пшеница, пшеница, кукуруза, пшеница, ячмень.

Почва-чернозем      выщелоченный      среднемощный      среднегумусовый  
тяжелосуглинистый.

В настоящее время содержание нитратного азота в зерне пшеницы не регламентируется предельно допустимой концентрацией, все же нами был проведен анализ зерна пшеницы на количество  $N-NO_3$ . Результаты исследований показали, что в зерне накапливается в среднем от 100 до 300 мг/кг нитратного азота. Влияние минеральных удобрений, внесенных непосредственно под культуру, на накопление нитратов в зерне не установлено. Не выявлено также связи между накоплением общего и нитратного азота в зерне пшеницы. Вместе с тем прослеживается достоверная зависимость содержания  $N-NO_3$  в зерне пшеницы от уровня обеспеченности почвы нитратным азотом и подвижным фосфором.

С увеличением количества нитратного азота в почве повышается накопление нитратов в зерне пшеницы. Максимальное количество его (более 200 мг/кг) обнаруживается в зерне пшеницы по пару, минимальная на пшенице после кукурузы. Установлена количественная зависимость содержания нитратов в зерне от обеспеченности почвы нитратным азотом.

Уравнение регрессии имеет вид:

$Y=180,8+5,0X$ , где  $Y$  - содержание нитратного азота в зерне, мг/кг;

$X$  - содержание нитратного азота в почве, мг/кг.

Содержание нитратного азота в зерне пшеницы, находится в обратной зависимости от уровня обеспеченности почвы подвижным фосфором. С увеличением количества фосфора в почве накопление нитратов в зерне пшеницы снижается.

Уравнение регрессии имеет вид:

для пшеницы по пару:  $Y=218,60+1,24X-0,06X^2$ ,  $r = -0,60 \pm 0,11$  для второй пшеницы после пара:  $Y=363,62-15,09X+0,23X^2$ ,  $r = -0,84 \pm 0,08$  и для пшеницы по кукурузе:  $Y=299,90-11,74X+0,20X^2$ ,  $r = -0,45 \pm 0,44$ , где  $Y$  - содержание нитратного азота в зерне, мг/кг;  $X$  - содержание подвижного фосфора в почве, мг/100г.

Соотношение элементов питания в почве также влияет на накопление в зерне пшеницы нитратного азота. С увеличением отношения количества подвижного фосфора к нитратному азоту в почве содержание  $N-NO_3$  в зерне снижается.

Уравнение регрессии имеет вид:

$Y = 299,20-12,09X+0,24X^2$ ,  $r = 0,74 \pm 0,19$ , где  $Y$  - содержание нитратного азота в зерне, мг/кг;  $X$  - соотношение  $P_2O_5 / N-NO_3$  в почве.

Следовательно, содержание  $N-NO_3$  в зерне пшеницы зависит от обеспеченности почвы азотом, подвижным фосфором и сбалансированностью минерального питания почвы по  $N$  и  $P$ .

Следовательно, управляя условиями минерального питания зерновых культур за счет агротехнических приёмов (предшественник), а также приемов применения минеральных удобрений в севообороте возможно целенаправленное регулирование процессов накопления нитратного азота в зерне возделываемых зерновых культур.

Важным элементом экологической сбалансированности агроценозов в условиях интенсификации является накопление в получаемой продукции тяжелых металлов. Наши исследования зерна пшеницы и ячменя на содержание тяжелых металлов в пятой ротации севооборота показали, что в этих культурах свинца накапливается на уровне 0,30-0,42; кадмия 0,07-0,08 и цинка 2,30-3,00 мг/кг (таблица). Все эти показатели значительно ниже предельно допустимой концентрации. В опытах не

установлено достоверного влияния минеральных удобрений при длительном систематическом их применении, на накопление в зерне пшеницы и ячменя тяжелых металлов. Даже при внесении высоких доз фосфорных удобрений (в сумме за три ротации 1140-1290 кг/га) содержание тяжелых металлов в зерне пшеницы и ячменя было на уровне варианта без удобрений.

Таблица - Содержание тяжелых металлов в зерне пшеницы и ячменя в зависимости от удобрений, мг/кг (1976-2003 гг.)

Вариант	Свинец		Кадмий		Цинк	
	пшеница	ячмень	пшеница	ячмень	пшеница	ячмень
Без удобрений	0,46	0,42	0,07	0,07	2,37	2,55
N <sub>630</sub> P <sub>1140</sub> K <sub>360</sub>	0,34	0,41	0,06	0,07	2,70	2,27
N <sub>630</sub> P <sub>1290</sub> K <sub>390</sub>	0,37	0,40	0,08	0,08	3,00	2,90
ПДК	0,50		0,10		50,0	

Таким образом, при длительном систематическом применении минеральных и органических удобрений в зернопаропропашном севообороте, на черноземных почвах лесостепной зоны Западной Сибири, качество получаемой растениеводческой продукции по содержанию нитратного азота и тяжелых металлов не ухудшается. Даже в вариантах с максимальными дозами применения удобрений качество продукции соответствовало всем экологическим и медицинским требованиям.

#### **Список литературы:**

1. Минеев В.Г. Агрохимические основы повышения качества зерна пшеницы. / В.Г. Минеев, А.Н. Павлов – М.: Колос, 1981. – 288.
2. Храмцов И.Ф. Система применения удобрений и воспроизводство плодородия почв в полевых севооборотах лесостепи Западной Сибири: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04/Храмцов Иван Федорович – Омск, 1997. – 435с.
3. Назарюк В.М. Почвенно-экологические основы оптимизации питания растений/В.М. Назарюк; отв. ред. Л.Л. Убугунов; Рос. акад. наук. Сиб. отд-ние Ин-т почвовед. и агрохим. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 364 с.

#### **Влияние физико-химических характеристик и условий формирования глинистого сырья в технологии керамзитов**

Торопков Н.Е.  
[zerogooff@gmail.com](mailto:zerogooff@gmail.com)

**Научный руководитель: Кутугин В.А., к.т.н., старший преподаватель КТСН, НИ ТПУ**

Одним из наиболее эффективных заполнителей для сборного бетона и железобетона является керамзит, получаемый вспучиванием глинистых пород во вращающихся печах. Производство качественного керамзита из наиболее распространенных глинистых пород часто осложняется несоответствием физико-химической природы вспучивания сырья технологии его обжига.

Процесс получения керамзита складывается из стадий приготовления исходной формовочной смеси, формования сырых гранул, их сушки и вспучивания при обжиге. Необходимо отметить, что наиболее изученной из этих стадий является стадия поризации гранул, для которой установлен механизм и физико–химические основы процесса. Значительно меньше уделено внимания в технической литературе процессу пластического формования гранул и сушке сырцовых гранул, оптимальное проведение которого позволит реализовать возможность получения сырых гранул с диаметром 3–5 мм. Для этого необходимо знать формовочные свойства глин, зависимости удельного давления формования и объёмного фазового состава от влагосодержания массы и условия сушки материалов.

Считается, что ввиду малости размеров в гранулах не возникает опасных напряжений, которые способны привести к значительным разрушениям. И если все же это происходит, то, по мнению ряда специалистов, не является серьезным нарушением технологии, поскольку образовавшиеся мелкие кусочки также вспучиваются. Практика, однако, показывает, что разрушение гранул, образование мелочи дестабилизирует процесс обжига, вынуждает снижать температуру вспучивания, что в конечном итоге ведет к повышению плотности заполнителей. Трещины, возникающие в гранулах по той же причине, добавляют дополнительные дефекты, снижая их прочность. Все это является неприемлемым для технологии высококачественного заполнителя.

**Цель работы** – исследование влияния физико-химических характеристик на поризационную способность глинистого сырья при производстве керамзита.

Для исследования была взята красножгущаяся глина Воронинского месторождения, химический состав которой представлен в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав глины Воронинского месторождения.

Содержание оксидов, % масс							
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Δm <sub>прк</sub>
62,65	14,76	4,76	3,48	2,92	1,36	0,75	9,32

Выбор глины данного месторождения обуславливается ее наибольшей пригодностью исходя из проведенных ранее исследований [4]. Для более полного представления о свойствах глины определены максимальная гигроскопическая влажность  $W_{мг} = 8,20 \%$ , максимальная молекулярная влажность  $W_{мв} = 11,33 \%$ , удельная поверхность –  $S_{уд} = 2500 \text{ мг/см}^2$  (прибор ПСХ–2).

В ранних трудах [4] было замечено, что для получения удовлетворительных результатов по вспучиванию рекомендуется глинистое сырье с содержанием Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в пределах 6–12 %, поэтому для корректировки химического состава глины использовалась добавка – железистый шлам водоподготовки Томского водозабора. Данный шлам представляет собой суспензию оксигидратов железа (II) и (III) и имеет следующий состав Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=38,7% и FeO =5,3%.

Нами был изучен химический и минералогический состав осадка станции обезжелезивания Томского водозабора. В таблице 2 приведены результаты анализа химического состава осадка водоподготовки станции обезжелезивания Томского водозабора по методике [2]. В среднем валовом составе преобладают оксиды 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%).

Таблица 2. Химический анализ железосодержащего осадка

% содержание					
$SiO_2$	$Fe_2O_3 + FeO$	$Al_2O_3$	$CaO$	$MgO$	n.n.n.
2,43	44,05	н/о	2,8	4,90	10.02

Исследования показали, что введение железосодержащего осадка в сырьевую смесь в исследованных пределах содержания при получении керамзитового гравия приводит к росту пористости образцов, снижению плотности, что является весьма актуальным в производстве искусственных пористых заполнителей. Наиболее плотная структура отвечает образцам, содержащим наименьшее количество отходов - 5 %. В таких образцах пористость развивается на границах глинистых частиц, где, по всей вероятности, концентрация оксидов железа, вводимых осадками сточных вод, наибольшая. При введении отходов в количестве от 10 до 15 % характер пористости меняется. Поры более равномерно распределены по объему материала, появляются крупные пустоты размером до 1 - 2 мм. Однако при этом осадки сточных вод при их содержании более 10 % уменьшают интервал вспучивания сырьевой смеси, что может отрицательно сказаться на проведении процесса обжига в заводских условиях.

Рисунок 1. Микроструктура с введение ЖСО 5%

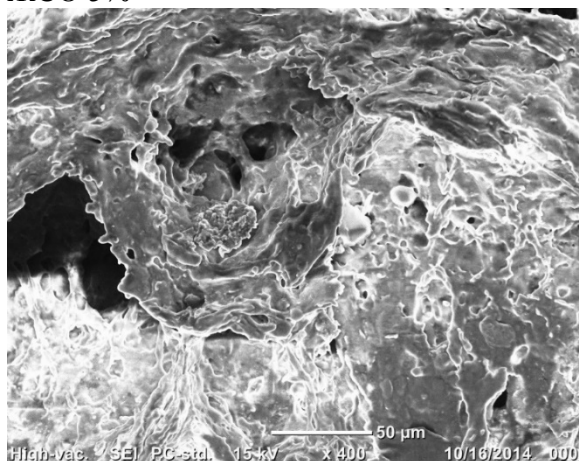
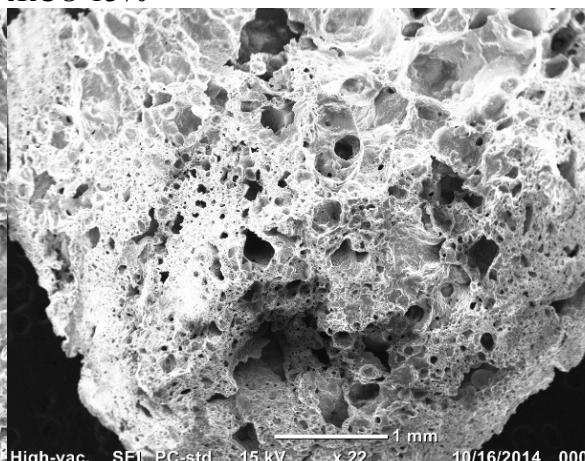


Рисунок 2. Микроструктура с введение ЖСО 13%



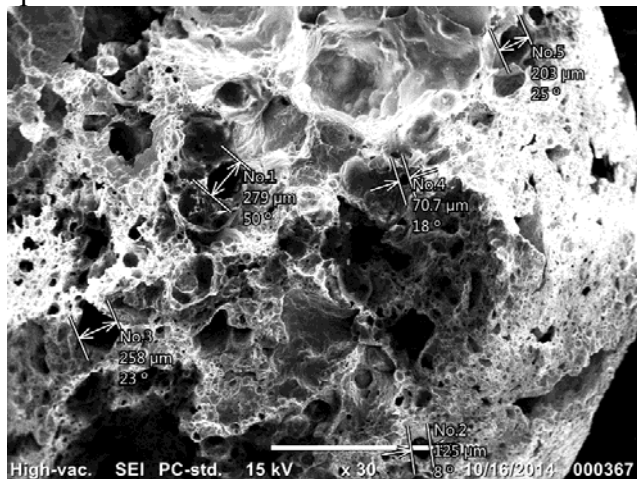
Так как основным поставщиком газовой фазы при поризации гранул являются продукты окислительно-восстановительных реакций, то для создания восстановительной среды внутри гранул, в состав шихты вводилась добавка мазута (М100) в количестве 4 %.

При проведении экспериментов смесь из вышеуказанных компонентов тщательно перемешивалась и увлажнялась для получения необходимой консистенции. При изучении обжиговых свойств использовались гранулы диаметром 3 мм и длиной 3-5 мм, которые формовали методом пластического формования при удельном давлении 2 МПа и абсолютной влажности массы 15 %. Обжиг гранул проводили в лабораторной печной установке с фонтанирующим (кипящим) слоем. Печь представляла собой вертикальную трубчатую шахту, выполненную из кварцевого стекла с расположенной в нижней части беспровальной распределительной решеткой. Сухие гранулы загружались в печь небольшими порциями через верхнюю часть трубы. Ожижающей средой служили дымовые газы, подаваемые в печь из топочной камеры.



Гранулы при обжиге вспучивались, и после достижения определенной плотности, выносились из аппарата восходящими потоками теплоносителя. После обжига был получен мелкозернистый керамзит в виде овальных и округлых зерен размером до 10 мм. Длительность пребывания гранул в печи составляла 3-4 мин при температуре 1030-1050 °С, охлаждение образцов производилось при комнатной температуре.

Рисунок 3. Микроструктура керамзитового гравия.



Гранулы керамзита после обжига приобретали темно-коричневый цвет, имели плотную, спекшуюся корку, частично оплавленную с поверхности, обладали сложной нерегулярной структурой со средним размером пор 0,1-0,3 мм, рисунок 3.

В процессе выполнения работы определялся объёмный фазовый состав исходных и обожжённых гранул. При расчете фазового состава исходили из положения, что сумма объёмных долей твердой жидкой и газообразной

фаз равна единице:

$$K_t + K_{ж} + K_g = 1$$

Результаты определений представлены в таблице 3

Таблица 3. Фазовый состав материала на различных стадиях процесса

Этапы приготовления	$K_t$	$K_g$	$K_{ж}$
Исходная масса	0,62	0,23	0,15
Сформованные гранулы	0,80	0,05	0,15
Высушенные гранулы	0,73	0,23	0,03
Вспученные гранулы	0,15	0,85	0,00

Таким образом, на основе исследуемого суглинка можно получать керамзитовый гравий с насыпной плотностью 300-350 кг/м<sup>3</sup> при коэффициенте вспучивания 4,86, который определяется из соотношения значений  $K_t$  вспученных и сухих гранул. Установлено, что использование объёмных фазовых характеристик позволяет контролировать технологический процесс получения керамзита на различных стадиях.

#### Список литературы.

1. Онацкий С.П. Производство керамзита. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1987. – 333 с.
2. 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
3. Колесников Е. А. Вспучивание легкоплавких глин // Стекло и керамика. 1974. № 5. С. 28 - 30.

4. Торопков Н.Е. Зависимость физико-химических свойств глинистого сырья в технологии керамзитов // МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЖУРНАЛ ISSN 2303-9868. Екатеринбург - 2014
5. 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.
6. Горшков В. С. Термография строительных материалов. М.:Стройиздат, 1968. 238 с.
7. Лотов В.А. Технология материалов на основе силикатных дисперсных систем: Учебное пособие

## **СЕКЦИЯ № 2. ТРАДИЦИОННАЯ И АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА, АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ**

### **Проблемы эксплуатации атомных электростанций**

Бакланов И.А., Ермолаев С.А., Копёнкин Я.В.

[baklanov.goga@mail.ru](mailto:baklanov.goga@mail.ru)

***Научные руководители: Злобина И.В., д.т.н., проф. Бекренев Н.В.  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Саратовский государственный  
технический университет имени Гагарина Ю.А.»***

В любой области энергетики первичным источником является ядерная энергия (например, энергия солнечных ядерных реакций в гидроэлектростанциях и электростанциях, работающих на органическом топливе, энергия радиоактивного распада в геотермальных электростанциях), к ядерной энергетике относится лишь использование управляемых реакций в ядерных реакторах [1].

Значительную опасность для живых существ, для популяций организмов в экосистемах представляют аварии на предприятиях химической, атомной промышленности, при транспортировке опасных и вредных веществ. Известны аварии на химическом заводе в Бхопале (Индия), на Чернобыльской АЭС, на ПО «Маяк», аварии с нефтеналивными судами. Говорят о том, что необходим радикальный пересмотр наших отношений с природой, усиление мероприятий влияния нормативных рычагов на хозяйственную практику. Совсем недопустимо, чтобы установлены нормативами предельные концентрации вредных веществ в воздухе, воде реально превышались в сотне раз [2]. Нужно сделать невыгодной или даже разрушительной пренебрежение к охране окружающей среды. Право людей на чистый воздух, чистые реки и озера должно не только декларироваться, но и реально обеспечиваться всеми доступными для государства средствами.

Среди альтернатив органическому топливу ядерная энергия, безусловно, занимает первое место. Уже сегодня в мире АЭС обеспечивают около 16% всей вырабатываемой электроэнергии. Сейчас во всем мире действует 441 ядерный реактор, еще около двух сотен строятся или планируется построить. Для работы действующих реакторов в прошлом году потребовалось более 170 миллионов фунтов урана. К этому нужно добавить несколько сотен реакторов кораблей и подводных лодок, также потребляющих уран. Между тем производство урана во всем мире оценивается примерно в 100 миллионов фунтов, что означает наличие дефицита в потреблении в 70 миллионов фунтов. В конце 1980-х годов в СССР действовали 7 крупных урановых комбинатов. Пик добычи урана пришелся на 1985 год, когда было получено около 16 тысяч тонн. сейчас в России эффективно функционирует только ОАО «Приаргунское горно-химическое объединение» в Краснокаменске Читинской области. Когда-то одно из самых крупных в мире, это предприятие уже к 1990-м годам снизило уровень добычи из-за исчерпания запасов урана, пригодных для открытой разработки. Совершенно очевидно, что нынешний уровень добычи урана

не может удовлетворить Россию. Страна должна развивать собственную сырьевую базу, обеспечивающую производство ядерного топлива. Для этого помимо отмеченных выше факторов (большие разведанные и прогнозные запасы урана) имеются и другие побудительные обстоятельства, в частности, - рост цен на уран на мировом рынке [1,2].

В настоящее время в России функционирует более 700 крупных радиационно-опасных объектов, которые в той или иной степени представляют радиационную опасность, но объектами повышенной опасности являются атомные станции. Практически все действующие АЭС расположены в 19:27:07 густонаселенной части страны, а в их 30-километровых зонах проживает около 4 млн. человек. Общая площадь радиационно дестабилизированной территории России превышает 1 млн. км<sup>2</sup>, на ней проживает более 10 млн. человек. Аварии на атомных электростанциях могут привести к радиационной чрезвычайной ситуации (РЧС). Под радиационной чрезвычайной ситуацией понимается неожиданная опасная радиационная ситуация, которая привела или может привести к незапланированному облучению людей или радиоактивному загрязнению окружающей среды сверхустановленных гигиенических нормативов и требует экстренных действий по защите людей и среды обитания.

Рассмотренные основные проблемы Атомных электростанций - влияние на экологию, последствия аварий на АЭС и экономические показатели позволяют сделать вывод, что в настоящее время альтернативные источники энергии более перспективны, но учёные продолжают искать решение указанных задач и, возможно, в будущем удастся создать безопасный и экономически выгодный источник энергии на основе знаний, полученных при создании и использовании Атомных электростанций [2].

#### **Список литературы:**

1. Кириллин В. А. Энергетика. Главные проблемы: В вопросах и ответах / В.А. Кириллин - М. : Знание, 2007. - 128 с.
2. Мировая энергетика: прогноз развития до 2020 г./ Пер. с англ. Под ред. Ю. Н. Старшикова. - М.: Энергия, 2005. - 256 с.

#### **Перспективы разработки альтернативных источников энергии**

Чушкина В., Квиндт А.

[tchuschina@mail.ru](mailto:tchuschina@mail.ru)

***Научные руководители: Злобина И.В., д.т.н., проф. Бекренев Н.В.  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Саратовский государственный  
технический университет имени Гагарина Ю.А.»***

Традиционная энергетика - это совокупность технических устройств, использующих хорошо освоенные в технологическом отношении энергетические источники и способы преобразования получаемой от них энергии, в первую очередь электрическую [1].

Технические устройства, составляющие традиционную энергетику - это тепловые электростанции (ТЭС), работающие на минеральных - твердых, жидких и газообразных органических топливах (уголь, нефть, газ и др.) и имеющие относительно свободное месторасположение, связанное с месторасположением ресурсов топлива, способны производить электроэнергию не зависимо от сезонных колебаний, но ТЭС обладает низким КПД, если точнее, то всего около 32% энергии природных ресурсов преобразуется в электрическую, их топливные ресурсы ограничены, и они способны оказать негативное влияние на окружающую среду; атомные электростанции (АЭС), работающие на ядерных топливах (уран, плутоний), получаемых из сырьевых минералов и являющиеся в случае безаварийной работы экологичной; в то же время АЭС представляет собой значительно большую потенциальную опасность по сравнению с другими предприятиями традиционной энергетики; гидравлические электростанции (ГЭС), использующие возобновляемые гидравлические энергетические ресурсы. Эти электростанции являются базовыми в современной энергетике, составляют так называемую большую энергетику. В традиционную энергетику входят также автономные газотурбинные, дизельные и другие установки, использующие ископаемые органические топлива, и автономные гидравлические установки. Эти установки составляют малую энергетику. На АЭС используются устройства, не имеющие аналогов в традиционной энергетике. Для них по мере накопления опыта эксплуатации должны уточняться сроки службы и нормы амортизации, в которых должны получить отражение особые условия проведения капитального ремонта оборудования. По причине высокой радиоактивности некоторого оборудования и элементов их не ремонтируют, а заменяют новыми [1].

Современная нетрадиционная энергетика - это тот резерв, который дает основания надеяться, что проблемы традиционной энергетики могут быть решены в обозримом будущем и развитие энергетики будет продолжено с максимальной пользой для человечества.

Устаревшее оборудование традиционной энергетики, отсутствие необходимой гибкости и мобильности при энергообеспечении динамического нефтегазового бизнеса, невысокие экологические показатели и не всегда высокое качество электроэнергии. Все это заставляет нефтегазовые компании искать альтернативу и находить ее в создании собственных локальных источников энергии. Их отличительными особенностями являются значительная единичная мощность, работа в общей электросети, единый стандарт на качество вырабатываемой электроэнергии. Вместе с тем высокую озабоченность вызывают и аварии в традиционной энергетике, на объектах топливного цикла, а также на объектах с химическими технологиями. В последнее время возникают трудности с финансированием крупных объектов традиционной энергетики. Стремление решить эти и другие проблемы реализуется, во-первых, в поисках других первичных энергетических источников и, во-вторых, в разработке иных способов преобразования энергии первичных источников в электрическую. Нередко оба эти направления совмещены [2].

Альтернативные технологии производства могут оказывать положительные факторы, влияющие на развитие нетрадиционных электростанций, например, могут производить низкую по стоимости электроэнергию, а также имеют возможность строительства локальных электростанций. Возобновляемость нетрадиционных источников энергии позволяют производить повышение надежности существующих энергосистем. Нетрадиционная энергетика является экологически чистой, но требует больших затрат на строительство и имеет малую единичную мощность.

Таким образом, очевидные недостатки традиционной энергетики дали повод искать альтернативные виды получения энергии. Используя подручные средства, данные нам природой, человечество может добиться успеха в сохранении исчерпаемых ресурсов, тем самым оберегая нашу планету и позволяя ей оставаться в первозданном облике [1,2].

**Список литературы:**

1. Баланчевадзе В. И. Энергетика сегодня и завтра / В.И. Баланчевадзе, А.И. Барановский. - М. : Энергоатомиздат, 2008. - 344 с.
2. Источники энергии. Факты, проблемы, решения. - М. : Наука и техника, 2007. - 110 с.

**Сравнительный анализ экологических и технических проблем в  
альтернативной распределенной энергетике**

Ерохин А.А., Ерохина Т.П.

[ichalex90@mail.ru](mailto:ichalex90@mail.ru)

**Научный руководитель: к.т.н., доцент, Эрнст А.Д.**

**Омский государственный технический университет**

Большое разнообразие проектов реализации системы альтернативной распределенной энергетики требует выбрать наиболее перспективные направления развития. Финансовые аспекты данных инвестиций непросто оценить ввиду неравномерной окупаемости проектов, и для разных регионов РФ она разнообразна. Ввиду того, что общество выбирает экологически и технически ориентированный путь развития необходимо провести сравнительный анализ нетрадиционных (альтернативных) источников с точки зрения влияния на окружающую среду, а также технических проблем реализации проектов. Рассмотрим наиболее распространенные из них.

**Ветроэнергетика**

Важная техническая проблема ветроэнергетики – необходимость больших площадей для постройки ветрогенераторов. Ветроагрегаты близко друг к другу ставить нельзя, так как они могут создавать взаимные помехи в работе, снижая эффективность всей ветроустановки в целом. Минимальное расстояние между ними должно быть не менее их утроенной высоты. При этом необходимо иметь в виду экологические аспекты. Работающие ветрогенераторы создают значительный шум, и что особенно плохо — генерируют неслышимые ухом, но вредно действующие на людей инфразвуковые колебания с частотами ниже 16 Гц [1]. Кроме этого, они распугивают птиц и зверей, нарушая их естественный образ жизни, а при большом их скоплении на одной площадке — могут существенно исказить естественное движение воздушных потоков с непредсказуемыми последствиями. Ветрогенераторы могут быть полезными в районах Крайнего Севера [2] (например — на льдинах у зимовщиков) или в некоторых других районах, куда затруднена подача энергии в других формах, и где потребности в энергии относительно невелики. Но делать на них ставку при развитии большой энергетики совершенно нерационально, ни сейчас, ни в ближайшем будущем.

Основное препятствие к использованию ветра как энергетического источника непостоянство его скорости, а следовательно, и энергии во времени. Ветер обладает не только многолетней и сезонной изменчивостью (рис. 1), но также изменяет свою активность в течение суток (рис. 2) и за очень короткие промежутки времени (мгновенные пульсации скорости и порывы ветра) (рис. 3). Потенциал ветровой энергии зависит от значений среднегодовой или среднепериодной скорости и повторяемости различных скоростей ветра.

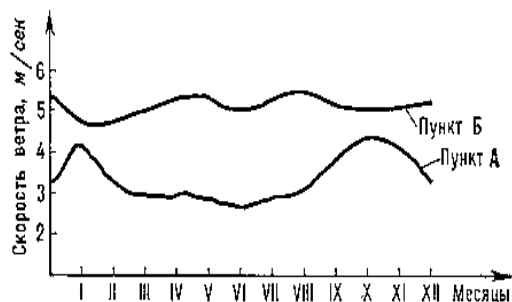


Рисунок 1. Сезонная изменчивость скоростей ветра.

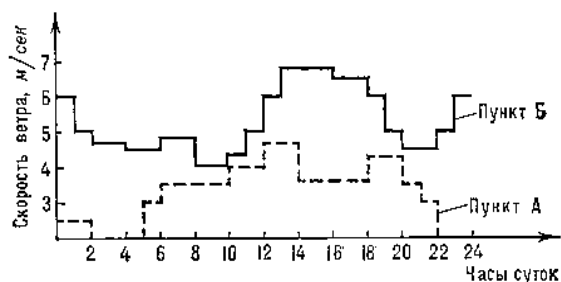


Рисунок 2. Суточное изменение скоростей ветра.

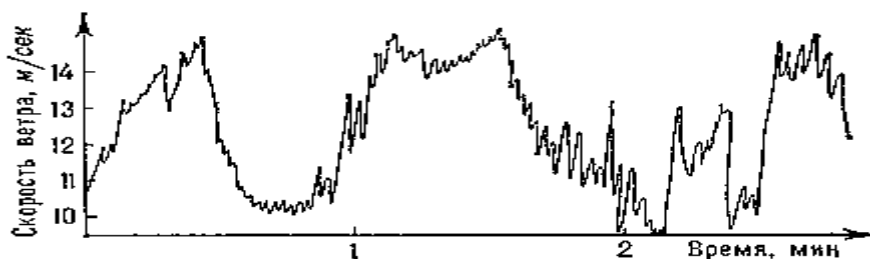


Рисунок 3. Характер изменений скорости ветра за короткий промежуток времени.

#### Биотопливо

Поскольку посевные площади на планете отнюдь не безграничны, технические культуры, возделываемые как сырье для производства биотоплива, начали вытеснять с полей пищевые и кормовые культуры. Это привело к резкому росту мировых цен на продовольствие, что особенно больно ударило по бедным странам [3]. К тому же стремление расширить посевные площади под плантации технических культур привело и к усиленному сведению влажных тропических лесов.

Биотопливо, особенно биоэтанол на основе кукурузы, наносит куда больший ущерб окружающей среде и человеческому здоровью, чем бензин или дизельное топливо. Азотные удобрения, используемые при выращивании органического сырья (скажем, кукурузы), выделяют в атмосферу заряженные частички аммиака, на которые, в свою очередь, налипают мелкодисперсная пыль, образуя сгустки до 2,5 микрона в диаметре. Эти микроскопические сгустки, переносимые ветром в густонаселенные районы, становятся причинами возникновения у людей различных заболеваний дыхательной системы (например, астмы или хронического бронхита) и даже преждевременной смерти.

Пожалуй, один из недостатков биотоплива является наиболее очевидным — оно создано не на основе нефти, поэтому будет действовать по-разному в двигателях, предназначенных для обычного топлива.

Этанол на основе кукурузы, например, имеет более высокую плотность, чем бензин [4]. Топливные форсунки для этанола должны быть больше, чтобы соответствовать по мощности сопоставимому бензиновому двигателю. Алкогольное топливо (в том числе этиловый спирт) может подвергаться коррозии или повреждениям некоторые изделия из металла и резиновые уплотнители, используемые в бензиновых двигателях. Преобразование двигателя с одного вида топлива на другой, в некоторых случаях, потребует целый ряд новых технических решений.

#### Гелиоэнергетика

Технологии солнечной энергии не совершенны. В дополнение к крупномасштабным проектам, негативно влияющим на среду, эти солнечные технологии могут негативно влиять на жизнь животных вокруг этих устройств. Большие солнечные коллекторы в виде "тарелки", параболические солнечные коллекторы, и солнечные башни используют территорию, на которой обитают животные и эти устройства влияют на их среды обитания. Источником загрязнения окружающей среды является само сооружение этих проектов, а не солнечная технология, которая является "чистой". Кроме того, в то время как использование солнечной технологии не загрязняет среду, то изготовление определенных типов солнечных устройств вполне может. Например, фотоэлементы, используемые в солнечных батареях, которые содержат опасные вещества вроде токсичного кадмия.

Одним из наиболее серьезных препятствий реализации проектов гелиоэнергетики является низкая интенсивность солнечного излучения. Даже при наилучших атмосферных условиях (южные широты, чистое небо) плотность потока солнечного излучения составляет не более 250 Вт/м<sup>2</sup>[5]. Необходимость использовать коллекторы огромных размеров влечет за собой значительные материальные затраты.

#### Геотермальная энергетика

Главная из проблем, которые возникают при использовании подземных термальных вод, заключается в необходимости возобновляемого цикла поступления (закачки) воды (обычно отработанной) в подземный водоносный горизонт. В термальных водах содержится большое количество солей различных токсичных металлов (например, бора, свинца, цинка, кадмия, мышьяка) и химических соединений (аммиака, фенолов), что исключает сброс этих вод в природные водные системы, расположенные на поверхности.

Возможность использования геотермальной энергии жестко обусловлена геологическими особенностями местности. Зачастую эти места являются труднодоступными, а там где они расположены актуальность геотермальной энергии весьма низка.

Также к минусам проектов геотермальной энергетики можно отнести высокие показатели себестоимости и долгий срок окупаемости.

#### Энергия «попутных газов»

На долю нефтяных попутных газов приходится около 30% общей валовой добычи газа в мире, более 25% от этого количества сжигается в факелах из-за отсутствия достаточных мощностей по сбору, подготовке, переработке и транспортировке газа[6].

Газы нефтяные попутные используют как топливо (теплота сгорания 16-63 МДж/м<sup>3</sup>) и химическое сырье. В последнем случае обязательно разделение упомянутых фракций на компоненты. Метан, выделенный из отбензиненного газа,



применяют большей частью как топливо и в меньшей степени при производстве  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ , ацетилена и др.; высокотемпературным пиролизом этана получают этилен. Нестабильный бензин разделяют на пропан, бутаны и стабильный бензин (углеводороды  $\text{C}_5 +$ ).

Достоинствами попутного нефтяного газа являются:

- дешевизна топлива;
- высокая теплотворная способность (теплота сгорания  $1\text{ м}^3$  газа  $54400\text{ кДж}$ );
- простота транспортировки;
- экологичность;

Поручением президента РФ № 1461 от 06.08.2007 определено подготовить комплекс мер по решению проблемы более эффективного использования попутного нефтяного газа: «довести уровень утилизации попутного нефтяного газа до среднемирового уровня 95 % к 2011 году». Мероприятия для этого приведены в Постановлении правительства РФ от 08.01.2009 № 7 «О мерах по стимулированию сокращения загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания попутного нефтяного газа на факельных установках».

Рассмотрев вышеперечисленные виды альтернативной энергетики можно прийти к выводу, что наиболее простые решения являются наиболее экологичными. Не зачем увеличивать энтропию нашей планеты впустую сжигая газ на нефтяных установках, когда его энергию можно использовать для получения тепло- и электроэнергии.

#### **Список литературы:**

1. Солоницын А.В. Второе пришествие ветроэнергетики – М.: “Наука и жизнь”, 2004, № 3.
2. Богуславский Э.И., Виссарионов В.И., Елистратов В.В., Кузнецов М.В.
1. Условия эффективности и комплексного использования геотермальной солнечной и
2. ветровой энергии // Международный симпозиум “Топливо-энергетические ресурсы
3. России и др. стран СНГ”. Санкт-Петербург, 1995.
4. Безруких П.П. Экономические проблемы нетрадиционной энергетики /
5. Энергия: Экон., техн., экол. 1995. №8.
3. Лаврус, В.С. Источники энергии. - М., Наука и техника, 1997.
4. Емельянов А.А. Нетрадиционная энергетика. Экология и жизнь, №6,
5. Гринкевич, Р. Тенденции мировой электроэнергетики. Мировая экономика и международные отношения, №4, 2003, 15-24.

#### **Исследование и создание систем интеллектуального дома гибрида**

А. В. Филюков

*Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет*

Количество потребляемых энергоресурсов с каждым годом увеличивается, а запасы истощаются. Для решение данной проблемы, мной выдвинута идея создание «Интеллектуальный Дом Гибрид» (ИДГ), который включал бы в себе симбиоз нескольких ресурсоэффективных систем, [1]. В ходе проектирование и разработки

систем ИДГ, мною был сконструирован солнечный коллектор, а также исследован солнечный модуль HH-MONO180W.

Солнечный коллектор работает под воздействием солнечного света с помощью циркулирующего теплоносителя (воды)[3]. В ходе исследования был сконструирован и изучен водонагревательный коллектор, и получена температурная зависимость нагрева воды в коллекторе в течение двух месяцев (01.06.14 – 01.09.14) рис. 1.

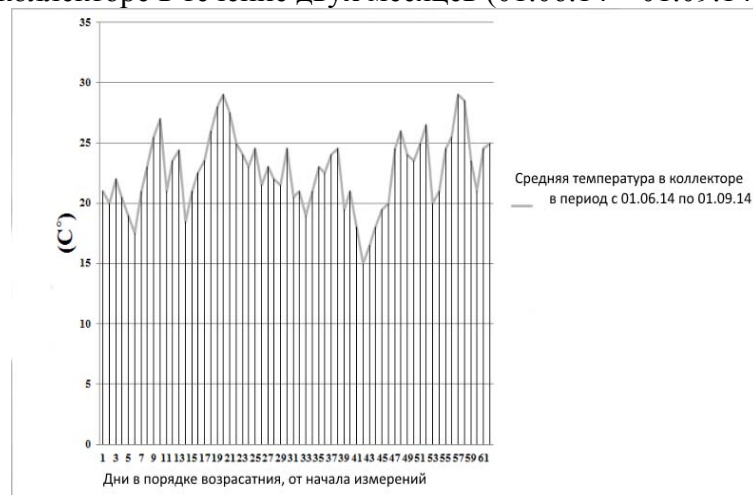


Рис. 1

В ходе работы мной был рассчитан среднетемпературный интервал прогрева воды в течение дня ( $22 - 26\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) для регионов Сибири и регионов со средне континентальным климатом [3].

Для второго исследования были использованы солнечный модуль на 120 Ватт HH-MONO120W. В процессе исследования была получена ВАХ (Вольт Амперная Характеристика) солнечного модуля, в разных диапазонах температур (от  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) рис. 2 [2]. Была рассчитана средняя мощность в течении дня  $P = 108\text{ Вт}$ . На основе этих данных, мы можем рассчитать количество модулей, необходимых для получения, заданной потребителем, мощности [5].

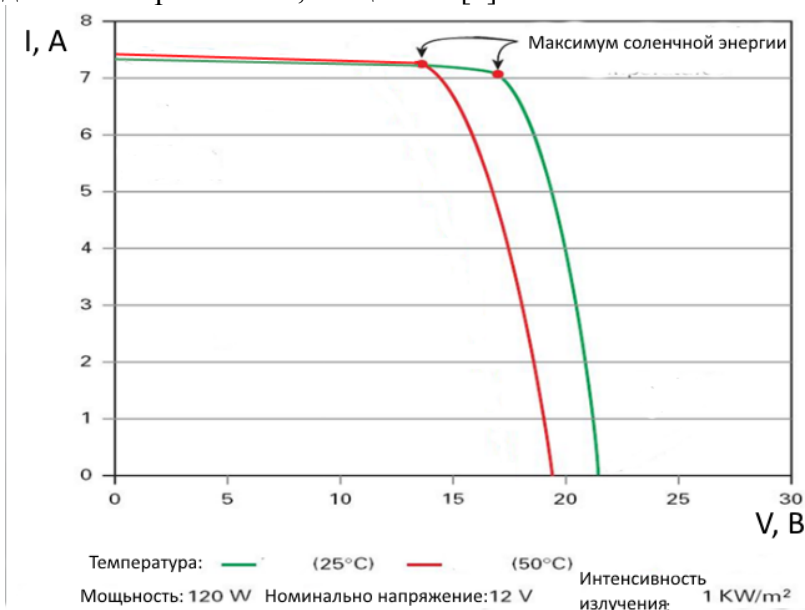


Рис. 2

Следующим этапом на пути создания «ИДГ», является разработка АСУ. Для системы управления была выбрана система SCADA TRACE MODE, данная система отлично подходит для «ИДГ», так как может осуществлять сбор данных их анализ и управление всеми процессами рис. 3.

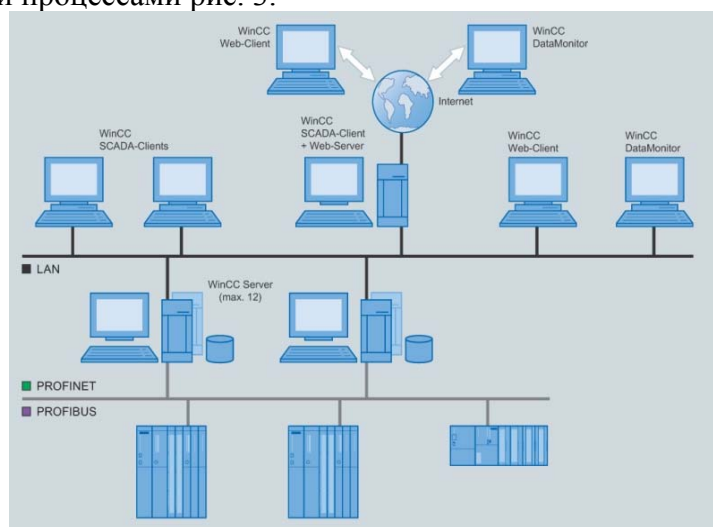


Рис. 3

Интегрировав все исследованные системы в обычный жилой дом, мы сможем создать почти полностью автономный дом-гибрид, который позволит уменьшить количество потребляемых ресурсов (горячей воды, газа, электроэнергии, природного газа).

В перспективе развития создание программного обеспечение, управляющее процессами в «ИДГ», тем самым повышая энергоэффективность системы и предоставляя новые возможности для дальнейшего усовершенствования систем.

В ходе исследований мы получили данные, которые были использованы при подсчете стоимости установки и эксплуатации системы «ИДГ», мной был взят период окупаемости системы, он составил от 8-10 лет, в зависимости от климатических условий рис. 4.

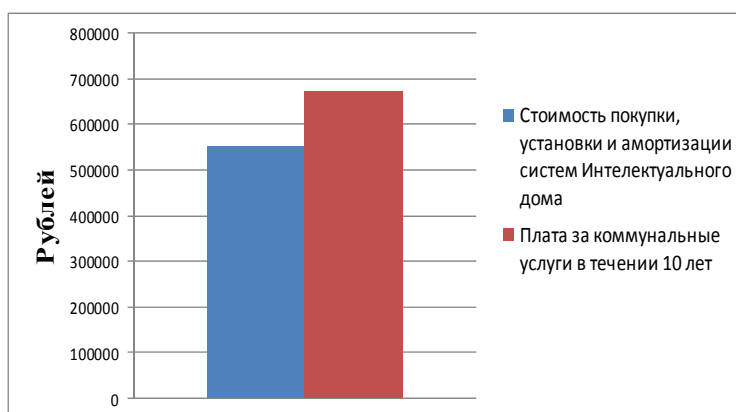


Рис. 4

### Список литературы:

1. Ушаков В. Я. Современная и перспективная энергетика; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2008. — 469 с.: ил.. — Библиография в конце частей.. — ISBN 5-98298-270-9.

2. Pustovalova, M. P. Solar energy [Electronic resource] / M. P. Pustovalova; Sci. adv. S. N. Chegrincev, T. G. Petrasheva
3. Казанов А. М. Резервирование теплоснабжения электрическими теплогенераторами / А. М. Казанов; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во НТЛ, 1999. — 148 с.: ил. — ISBN 5-89503-0505.
4. Сибикин, . Альтернативные источники энергии: . — Москва: РадиоСофт, 2014. — с.: ил. +. — . — Библиогр.: с. — Заказано в издательстве. — ISBN \*\*\*.
5. Гапоненко, С. А. Анализ схем электроснабжения с альтернативными источниками энергии / С. А. Гапоненко // Энергетика: экология, надежность, безопасность: Труды четвертого Всероссийского студенческого научно-практического семинара, Томск, 24-26 апреля 2002 г. / Томский политехнический университет; Электротехнический институт; Региональный центр энергосбережения. — Томск: Изд-во ТПУ, 2002. — С. 9-12.
6. Энергосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Альтернативные виды топлива : каталог 00.40.01 - 02 / Институт промышленного развития "Информэлектро"; сост. Э. Л. Бондаренко; Н. В. Высоколова. — Москва: Информэлектро, 2002. — 36 с.: ил. — ISBN 5-7801-0200-7.

#### **Разработка технологических решений демонтажных работ при выводе из эксплуатации ПУГР АВ-1 ФГУП «ПО МАЯК»**

Гришин А.А, Гуралёв С.С.  
[artgrishin@tpu.ru](mailto:artgrishin@tpu.ru)

*Научный руководитель: к.ф.-м.н., Шепотенко Н.А., ООО «Ап Кварк»  
 Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет*

На сегодняшний день, вывод из эксплуатации объектов использования атомной энергии (ВЭ ОИАЭ) является одной из наиболее актуальных задач современной атомной энергетики. В настоящее время в РФ заканчивается эксплуатационный срок уран-графитовых реакторов (УГР), в связи с чем разрабатываются концепции по выводу из эксплуатации. Каждая концепция подразумевает приведение ОИАЭ в радиационно-безопасное состояние. Для достижения этой цели необходим конструктивный подход к решению проблем, возникающих при выводе из эксплуатации реакторной установки (РУ). Одной из основных проблем является образование значительного объема радиоактивных отходов (РАО), возникающих в процессе ВЭ.

Промышленный уран-графитовый реактор АВ-1 введен в эксплуатацию на химическом комбинате «Производственное объединение «МАЯК» в 1950г. ПУГР АВ-1 размещен на площадке 1 завода 23, расположенной в центре территории ФГУП «ПО «Маяк», в здании 301 (рисунок 1). ПУГР АВ-1 являлся одноцелевым прямоточным гетерогенным канальным реактором на тепловых нейтронах, предназначенным для наработки изотопной продукции. Здание 301 зонировано на 10 отметок (от -53,300м до +12,800м) производственного назначения. Останов реактор был произведен в августе 1989г.

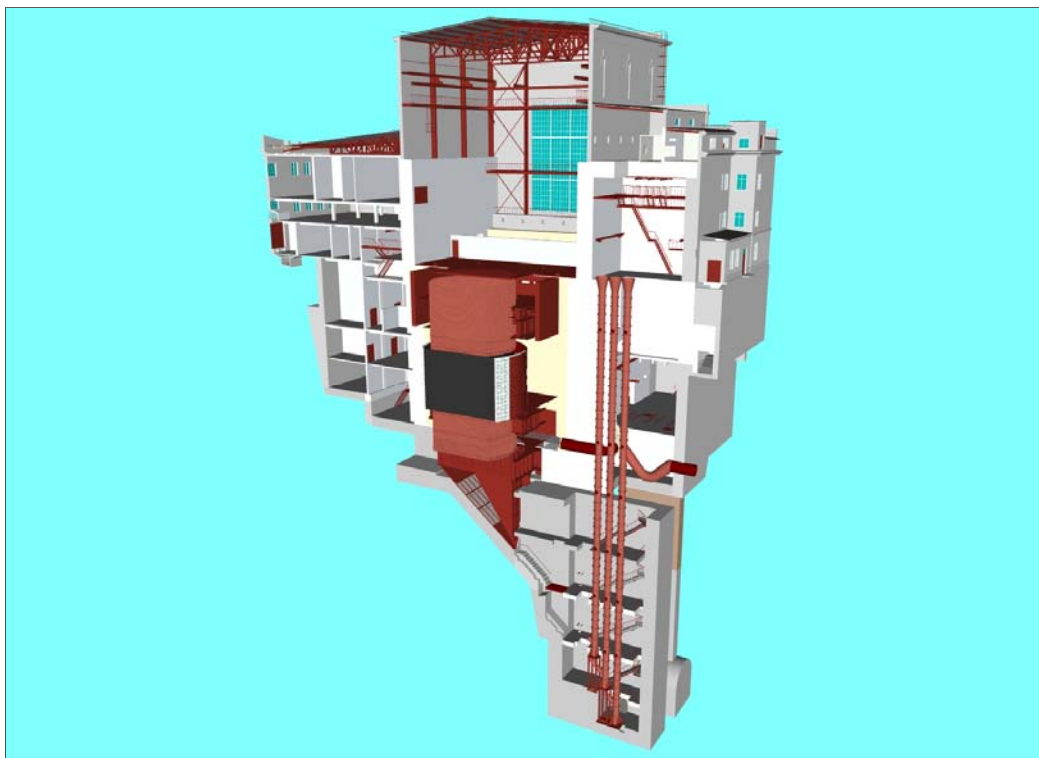


Рисунок 1.Продольный разрез реакторной части здания 301

Принятым вариантом ВЭ ПУГР АВ-1 является конечное состояние объекта — создание пункта долговременного хранения (ПДХ) РАО на месте размещения реакторной установки в пределах шахты реактора. Данное решение обосновывается следующими факторами: сложные гидрогеологические условия, исходя из которых возможна миграция радионуклидов через барьерный и дренажный материал, в случае окончательной изоляции на месте; хранение РАО в шахте РУ позволит однозначно контролировать уровень грунтовых вод в здании 301; возможность принятия любого из конечных вариантов вывода из эксплуатации, в процессе реализации проекта по созданию ПДХ.

При проектировании ВЭ ПУГР АВ-1 была произведена оценка объемов РАО, образующихся в результате демонтажа инженерно-технических систем и оборудования. Получено, что при ВЭ образуется около 3 тыс. м. куб. РАО. Приведенный объем РАО не включает в себя компоненты РУ, такие как замедлитель (графитовые блочки), отработавшее ядерное топливо (далее ОЯТ), теплоноситель, экранированная защита и т.д.

Ввиду возраста РУ, частичное отсутствие документации по используемому оборудованию не позволяет провести расчеты объемов РАО, возникающих в процессе демонтажа оборудования, поэтому возникает необходимость в создании модели дистанционной оценки для инженерно-физических и математических расчетов объемов образующихся в результате вывода из эксплуатации РАО. Оценка количества РАО непосредственно на объекте — это сложно-технический и радиационно-опасный процесс. Сложность объясняется количеством времени,

необходимого для объективной оценки демонтируемого элемента, трудностью корректировки выполненных измерений в случае необходимости, а также внутренним распорядком предприятия. Согласно НРБ-99[2], пребывание персонала группы «А», ограничено годовой дозой в 100 мЗв/год, поэтому ввиду особенностей оборудования и инженерно-технических систем и неоднородности радиоактивного загрязнения выполнение оценки объемов РАО на месте имеет трудоемкий характер.

Для проведения количественной оценки образующихся РАО в процессе демонтажа оборудования и инженерно-технических систем и сооружений была разработана и применена модель дистанционной оценки. Модель позволяет оценить геометрические параметры демонтируемых элементов, условия их транспортирования до контейнера и количество упаковочного материала. Модель позволяет заполнить перечень демонтируемых элементов в разрезе помещений на всех отметках здания 301. Исходными данными являются сферические панорамные снимки актуального состояния помещений, в различных его точках, которые предоставляют возможность наблюдать полную картину, не находясь на объекте.

В результате работы проведена оценка объемов РАО по видам, конструкционным особенностям и способам выполнения демонтажных работ. В процессе анализа необходимых демонтажных работ сформированы основные технологические решения по демонтажу оборудования и инженерно-технических систем в соответствие с их видами и конструкционными особенностями.

Данные, полученные в результате применения модели дистанционной оценки, а именно массо-габаритные параметры, классификация элементов по назначению и применению, а также учет особенностей локальной концепции по ВЭ ПУГР АВ-1, позволили спроектировать инженерные решения для демонтажных работ. Было разработано 12 последовательных технологических процессов (ТП). Последовательность процессов объясняется выбранной стратегией проведения демонтажных работ, а именно рациональной схемой «очистки» помещений, и транспортирования образующихся РАО на отметку 0.000м. Каждый технологический процесс содержит необходимые требования и перечень оборудования для выполнения конкретного вида работ.

ТП-1 Демонтаж крупногабаритного оборудования выполняется для устройств инженерных сетей, габаритные параметры которых не позволяют выполнить сбор, сортировку и упаковку, а также транспортирование предметов и элементов без фрагментации. К таким элементам относятся: крупногабаритные насосы и электродвигатели, части каркасных конструкций, токарные и фрезерные станки, запорные механизмы ТВС, а также другие предметы и элементы, масса и габаритные параметры одной единицы которых, в совокупности не менее чем 250кг и 1×0,5×0,5м соответственно.

ТП-2 Демонтаж малогабаритного оборудования и элементов металлических конструкций выполняется для предметов, габаритные размеры которых подразумевают размещение в контейнер целиком без фрагментации. К таким предметам относятся: запорная арматура, приводы запорной арматуры, малогабаритные насосы, контрольно-измерительные приборы, металлические элементы опор и подвесов трубопроводов, части металлических каркасных конструкций. Выбор способа демонтажа металлических конструкций определяется стесненностью помещения и оценкой дозовой нагрузки на персонал в зоне проведения работ.



ТП-3 Демонтаж крупногабаритных элементов инженерных сетей выполняется для трубопроводов любого назначения с внешним диаметром от 300 мм. Работы проводятся методом дистанционной резки. Данная процедура обуславливается необходимостью защиты персонала от возможного воздействия радиоактивных аэрозолей, образующихся в процессе демонтажа.

ТП-4 Демонтаж малогабаритных элементов инженерных сетей выполняется для трубопроводов любого назначения с внешним диаметром до 300 мм.

ТП-5 Демонтаж электрооборудования выполняется для силовых щитов, трансформаторных подстанций, приборов освещения, вне зависимости от их габаритных параметров. В случае невозможности размещения в обусловленной упаковке целиком, дополнительно проводится фрагментация элементов. Технологический процесс проводится после подтверждения обесточивания демонтируемого электрооборудования.

ТП-6 Демонтаж кабельных сетей проводится для всех участков сети электроснабжения здания 301.

ТП-7 Снятие пластикового покрытия полов осуществляется после выполнения основных отхообразующих работ, для наименьшего загрязнения бетонного настила радиоактивными веществами.

ТП-8 Фрагментация является вспомогательным процессом и выполняется для крупногабаритных предметов и элементов, а также элементов электрооборудования, если их габаритные размеры не позволяют выполнить размещение в упаковке целиком или транспортирование в пределах здания 301.

ТП-9 Сбор, сортировка и упаковка малогабаритных предметов и элементов выполняется вручную непосредственно в месте проведения работ по демонтажу и фрагментации оборудования и инженерных сетей, дезактивации строительных конструкций. Процесс включает в себя непосредственное удаление предметов и элементов, не превышающих размеры контейнера и не требующих дополнительной фрагментации. Такими предметами и элементами могут являться: фрагменты демонтированного оборудования и инженерных сетей, обрезки кабеля, малогабаритные приборы, строительный мусор, фрагменты строительных покрытий, использованные средства индивидуальной защиты, инструменты и их расходные материалы.

ТП-10 Сбор, сортировка и упаковка крупногабаритных предметов и элементов конструкций выполняется в отношении демонтированных крупногабаритных частей оборудования и строительных конструкций, относящихся к РАО. Для ограничения распространения радиоактивного загрязнения в пределах здания 301 при внутренних перемещениях крупногабаритных РАО, производится их упаковка. Для упаковки крупногабаритных РАО применяется полиэтиленовая пленка. Упаковка производится на месте выполнения демонтажных работ.

ТП-11 Обращение с упакованными РАО включает в себя: дезактивацию поверхности упаковки, погрузку упакованных РАО на транспортную тележку, радиометрический контроль поверхности упаковки, транспортирование РАО до перегрузки в упаковочный крупнотоннажный контейнер. Транспортирование упакованных РАО выполняется кратчайшими маршрутами внутри каждой отметки до шахты перегрузки.

ТП-12 Демонтаж воздухопроводов выполняется для трубопроводов, используемых для циркуляции воздуха в пределах здания 301. Последовательность выполнения работ обусловлена необходимостью работы вентиляции в процессе демонтажа.

Использование сферических панорамных снимков позволяет оперативно корректировать состав решений и внести изменения в технологические процессы демонтажных работ на стадии проработки проекта по ВЭ ПУГР АВ-1.

В процессе проектирования был применен ресурсоэффективный подход к оптимизации сложно-технических и трудоемких процессов, необходимых для решения задачи ВЭ ОИАЭ. В результате работы определен количественный объем демонтажных работ, объем РАО, образующихся вследствие их проведения, разработаны технологические решения демонтажа инженерно-технических систем и оборудования, сокращены расходы на пребывание персонала в зоне проведения работ. Метод использования дистанционной оценки увеличил скорость выполнения технического задания, поскольку отсутствует необходимость придерживаться внутреннего распорядка предприятия, выполняя работу в удобное для персонала время. Разработанный метод позволил значительно повысить радиационную безопасность в ходе проведения оценки.

Приведенные в работе технологические решения выполнены в рамках проектирования ВЭ ПУГР АВ-1 «ПО МАЯК». Основываясь на результатах работы, методы оценки объемов РАО и разработки технологических процессов, можно применять на других предприятиях, использующих промышленные, энергетические и исследовательские РУ.

**Список используемых источников:**

1. Былкин Б.К., Енговатов И.А. Вывод из эксплуатации реакторных установок. – М.: Наука и образование 2014. -228 с.
2. Кузнецов В.М. Вывод из эксплуатации объектов ядерной энергетики – Российский зеленый крест, Москва, 2003. -137 с.
3. СанПин 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)»
4. Федеральный закон от 11 июля 2011 г. N 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
5. НП 019-2000 от 27 сентября 2000г «Сбор, переработка, хранение и кондиционирование жидких радиоактивных отходов. Требования безопасности»

**Альтернативные технологии получения энергии**

Громилова О.В., Мустафина А.Р., Косицын А.А.

[Lelincka@gmail.com](mailto:Lelincka@gmail.com)

*Научные руководители: Злобина И.В., Мирошкин А.Г.*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»*

*В настоящее время активно используются традиционные способы получения энергии, реализующиеся с помощью атомных электростанций (АЭС), теплоэлектростанций (ТЭС), гидроэлектростанций (ГЭС), однако запасы*



ископаемого топлива весьма ограничены, не возобновляются и, соответственно, в конечном итоге будут полностью истощены. При разработке и последующем использовании месторождений ископаемого топлива происходит процесс уничтожения экосистем. Горная промышленность и нефтедобыча наносят непоправимый ущерб экологии и окружающей среде. Поэтому существует потребность в альтернативных источниках энергии (энергия биомассы, энергия солнца и ветра, геотермальная и водородная энергетика) [1].

В энергетических целях энергию биомассы используют двояко: путем непосредственного сжигания или путем переработки в топливо (спирт или биогаз). Есть два основных направления получения топлива из биомассы: с помощью термохимических процессов или путем биотехнологической переработки. Одно из наиболее перспективных направлений энергетического использования биомассы – производство из неё биогаза, состоящего на 50-80% из метана и на 20-50% из углекислоты.

Наиболее разработанными альтернативными способами получения энергии являются солнечная, геотермальная, водородная энергетика и ветроэнергетика.

Солнечная энергетика основана на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Ее характеризуют возобновляемость ресурса, отсутствие вредных выбросов в атмосферу. Недостатками являются зависимость интенсивности солнечного излучения от суточного и сезонного ритма и необходимость больших площадей для строительства солнечных электростанций.

Другим способом получения энергии является ветроэнергетика, специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую, тепловую или в любую другую форму энергии, удобную для использования в хозяйстве.

Крупные ветряные электростанции включаются в общую сеть, более мелкие используются для снабжения электричеством удалённых районов. Энергия ветра практически неисчерпаема, повсеместно доступна и более экологична. Непостоянство ветровых потоков может привести к проблеме надежности производства электроэнергии. Чтобы снизить зависимость от непостоянного направления и силы ветра, в систему включают маховики, частично сглаживающие порывы ветра, и разного рода аккумуляторы [2,3].

Геотермальная энергетика основана на производстве электрической энергии за счёт энергии, содержащейся в недрах земли, на геотермальных станциях.

В вулканических районах циркулирующая вода перегревается выше температуры кипения на относительно небольших глубинах и по трещинам поднимается к поверхности, иногда проявляя себя в виде гейзеров. Доступ к подземным тёплым водам возможен при помощи глубинного бурения скважин. Более чем такие паротермы распространены сухие высокотемпературные породы, энергия которых доступна при помощи закачки и последующего отбора из них перегретой воды. Высокие горизонты пород с температурой менее 100 °С распространены и на множестве геологически малоактивных территорий, потому наиболее перспективным считается использование геотерм в качестве источника тепла. Одни геотермальные источники служат для теплоснабжения, другие – для получения электричества из тепловой энергии.

Существует несколько схем получения электроэнергии на геотермальной электростанции - прямая схема (природный пар направляется по трубам в турбины,

соединенные с электрогенераторами); непрямая схема (пар предварительно очищают от газов, вызывающих разрушение труб); смешенная схема (неочищенный пар поступает в турбины, а затем из воды, образовавшейся в результате конденсации, удаляют не растворившееся в ней газы).

Также разрабатывается направление выработки и потребления энергии человечеством, основанное на использовании водорода в качестве средства для аккумулирования, транспортировки и потребления энергии людьми, транспортной инфраструктурой и различными производственными направлениями - водородная энергетика. Теплота сгорания водорода наиболее высока, а продуктом сгорания в кислороде является вода (которая вновь вводится в оборот водородной энергетике).

Известны два основных способа разложения воды на составляющие ее химические элементы: пиролиз, когда воду нагревают до очень высокой температуры, и электролиз, когда через воду пропускают электрический ток. Однако оба этих способа непригодны для получения больших количеств водорода [1,3].

Энергетические ресурсы океана представляют большую ценность как возобновляемые и практически неисчерпаемые.

Для устройства простейшей приливной электростанции (ПЭС) нужен бассейн – перекрытый плотиной залив или устье реки. В плотине имеются водопропускные отверстия и установлены турбины. Во время прилива вода поступает в бассейн. Когда уровни воды в бассейне и море сравниваются, затворы водопропускных отверстий закрываются. С наступлением отлива уровень воды в море понижается, и, когда напор становится достаточным, турбины и соединенные с ним электрогенераторы начинают работать, а вода из бассейна постепенно уходит. Проектная мощность ПЭС зависит от характера прилива в районе строительства станции, от объема и площади приливного бассейна, от числа турбин, установленных в теле плотины.

В основе работы волновых энергетических станций лежит воздействие волн на рабочие органы, выполненные в виде поплавков, маятников, лопастей, оболочек и т.п. Механическая энергия их перемещений с помощью электрогенераторов преобразуется в электрическую [3].

Активная разработка приведенных альтернативных источников энергии и поиск новых способны значительно улучшить экологическую ситуацию в будущем и снизить вероятность экологических катастроф [1-3].

#### **Список литературы:**

1. Красник В.В. Термины и определения в электроэнергетике: Справочник / В.В. Красник. - М. : Энергосервис, 2002. - 357 с.
2. Безруких П.П. Возобновляемая энергетика: вчера, сегодня, завтра / П. П. Безруких // Электрические станции. 2005. № 2. - С. 15-19.
3. Кузнецов В.М. Российская атомная энергетика. Вчера, сегодня, завтра. Взгляд независимого эксперта / В.М. Кузнецов. - М. : Голос-Пресс, 2000. - 255 с.

#### **Оценка объемов радиоактивных отходов, образующихся при выводе из эксплуатации ПУГР АВ-1 ФГУП «ПО МАЯК»**

Гуралев С.С., Гришин А.А.

[ssg1@tpu.ru](mailto:ssg1@tpu.ru)

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

**Научный руководитель: к.ф-м н., Юшицин К.В., ООО «Ап Кварк»  
Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет**

В середине 80-х г.г. XX-века в атомной промышленности всего мира остро встал вопрос о выводе из эксплуатации (ВЭ) объектов использования атомной энергетики (ОИАЭ). В настоящее время в мировой практике идёт активное развитие подходов и технологий эксплуатации ОИАЭ на заключительном этапе жизненного цикла – back end – останов, эксплуатация в режиме останова и вывод из эксплуатации.

После останова ОИАЭ и перехода к этапу ВЭ одной из важных проблем является определение количества радиоактивных отходов (РАО), которые будут образовываться в ходе проведения демонтажа оборудования и инженерных сооружений объекта. Поэтому качественная оценка объёмов образующихся РАО, проведенная на этапе проектирования ВЭ, позволяет повысить эффективность использования экономических, кадровых, временных ресурсов при непосредственном проведении работ по ВЭ.

Объектом исследования в представленной работе является объем РАО, образующихся в процессе ВЭ промышленного уран-графитового реактора АВ-1 (ПУГР АВ-1) ФГУП «ПО «Маяк» – одной из первых установок, физический пуск которой состоялся в 1950 г. Реактор остановлен для вывода из эксплуатации 12.08.1989. После окончательного останова ПУГР АВ-1 из активной зоны ядерное топливо полностью выгружено. Из бассейнов выдержки и транспортно-технологических емкостей вся продукция удалена и отправлена на переработку. Проведены работы по сбору россыпей топлива при удалении иловых отложений в бассейнах выдержки, транспортно-технологических емкостях и шахте перегрузки. Ядерные материалы в реактора отсутствуют кроме неудаляемых просыпей ОЯТ в графитовой кладке ПУГР АВ-1. Обеспечивающие коммуникации частично демонтированы. Элементы конструкции реакторной установки радиоактивно загрязнены изотопами-продуктами реакций деления и активации, трансурановыми нуклидами. Все содержимое шахты реактора АВ-1 должно быть переведено в РАО.

В настоящее время разработана локальная концепция ВЭ с определением конечного состояния ВЭ ПУГР АВ-1 – создание пункта долговременного хранения (ПДХ). Для достижения конечного состояния необходимо провести демонтажные работы, удалить оборудование и инженерные конструкции, переведенные в категорию РАО.

Для оценки общего объема образующихся при ВЭ и составления перечня РАО необходимо проинспектировать каждое помещение здания реакторной установки, провести необходимые измерения геометрических параметров, оценить условия транспортирования РАО к месту промежуточного хранения, определить типы и количество контейнеров и упаковочного материала.

Проведение оценки объемов РАО непосредственно на объекте связано с большими рисками облучения персонала, является длительным процессом из-за ограничения времени пребывания персонала в помещениях с повышенным уровнем радиоактивного загрязнения. Для обеспечения радиационной безопасности и эффективного использования временных и кадровых ресурсов для оценки объемов РАО было принято решение о разработке дистанционной модели оценки объемов демонтажных работ. Модель была разработана при использовании средств 3D-визуализации каждого помещения, экспертной оценки морфологических параметров

РАО, определения массогабаритных параметров РАО на основе средств математического моделирования.

Модель предусматривает заполнение непосредственного перечня РАО в помещениях на всех уровневых отметках здания реакторной установки, сортировку РАО по масса-габаритным и морфологическим параметрам. Исходными данными для проведения работы являются сферические панорамы актуального состояния помещений.

Применение дистанционной модели оценки объёмов демонтажных работ по сравнению с проведением оценки на месте обладает рядом значительных преимуществ: безопасность выполнения работ, высокая ресурсоэффективность, возможность выполнения работ в любое время, отсутствие привязки к длительности выполнения работ, мобильность выполнения работ, а так же универсальность методики, позволяющая применять данную модель не только в любом помещении данного предприятия, но и на любом объекте ОИАЭ.

Результатом применения модели является создание полного описания объёмов РАО в разрезе каждого помещения на всех отметках, приведенного в табличный формат. В таблицах отображены полные перечни всех РАО, находящихся во всех помещениях, а так же их массогабаритные параметры.

Работа выполнялась при помощи программных пакетов: DevalVR 3D (для просмотра сферических панорам), Microsoft Excel 2010 (для создания табличного формата)

На основании полученных результатов была проведена оценка РАО, образованных в ходе демонтажа помещений. Все результаты были сведены в таблицы для каждой отметки.

Все РАО в здании реакторной установки были разделены по видам для оптимизации выполнения демонтажных работ. Первичное деление выполнялось по габаритным параметрам, позволяющим оптимальное транспортирование (мелкогабаритное или крупногабаритное). Затем деление РАО проводилось по предполагаемым методам переработки: сжигаемое, несжигаемое, неперерабатываемое и д.р.

Такое деление РАО позволяет оптимизировать выполнение демонтажных работ и этапов обращения с РАО за счёт разработки технологических процессов проведения демонтажа, упаковки РАО, выбора наиболее удобных способов транспортирования РАО.

Для проведения полного демонтажа РАО в помещениях на основании полученных результатов количества РАО в здании реакторной установки на различных отметках были проведены работы по разработке технологических процессов демонтажных работ, выбору контейнерного ряда и способов транспортирования РАО внутри здания реакторной установки. Выбор способов транспортирования РАО проводится для оптимизации процесса и обеспечения радиационной безопасности.

Результатом выполненной работы является разработка и применение на практике модели дистанционной оценки объёмов демонтажных работ. На основании результатов, полученных благодаря применению модели оценки, был составлен перечень объёмов РАО, образующегося при демонтаже инженерных конструкций и оборудования в здании реакторной установки ПУГР АВ-1 ФГУП «ПО «Маяк».

По результатам проведенной оценки полный объем РАО в здании реакторной установки составляет 2087,8 м.куб. общей массой 1873,4 тонны. Весь объем РАО разделен на 4439 учётных единиц, из которых 1052 учётные единицы являются

специальными упаковочными контейнерами для мелкогабаритных РАО и пластикатных покрытий, 3387 учётных единиц являются фрагментированными РАО, для транспортирования которых потребуется 29531 м.кв плёнки. Так же по результатам оценки были получены массо-габаритные параметры в разрезе всех видов РАО, которые составили: по металлоконструкциям 1746,9 м.куб общей массой 1748,7 тонн; по кабелю 147 м.куб общей массой 100,8 тонн; по пластикатному покрытию 117,9 м.куб общей массой 7 тонн; по перерабатываемым РАО 21,8 м.куб общей массой 6,4 тонны; по сжигаемым РАО 54 м.куб общей массой 10,4 тонны.

Получение полного перечня РАО позволяет максимально эффективно спланировать дальнейшую работу по обращению с РАО и позволяет рассмотреть полную картину масштаба проведения работ.

Данную модель можно применять при выполнении оценочных работ на объектах ядерно-топливного цикла, а также на различных промышленных и производственных объектах.

#### **Список литературы:**

1. Кузнецов В.М. Вывод из эксплуатации объектов ядерной энергетики – Российский зелёный крест, Москва, 2003, С. 4 - 15
2. Былкин Б.К., Шпицер В.Я. Проблема обоснования технической возможности демонтажа блоков АЭС – Тяж. Машиностр., 1992, №4, С. 11-12
3. НП-020-2000 «Сбор, переработка, хранение и кондиционирование твердых радиоактивных отходов. Требования безопасности».
4. НП-058-04 Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения.

### **Обзор реакторов разных поколений**

Касаткин Д. Д.

[ddk5@tpu.ru](mailto:ddk5@tpu.ru)

*Научный руководитель: ассистент Чурсин С.С., кафедры ФЭУ, ФТИ, Томский политехнический университет*

Ядерная энергетика является одним из наиболее вероятных источников энергии, способным обеспечить необходимую потребность человечества, в случае отказа от добычи угля и нефти или в случае истощения последних ресурсов. Однако потенциал ядерной энергетики раскрыт не полностью. Первоочередным скачком в этой области должно стать замыкание ядерного топливного цикла, затем создание безопасных высокотемпературных ядерных установок, способных производить водород. На развитие ядерной технологии уйдет еще много времени, однако прогресс не стоит на месте.

Ключевым звеном в ядерной энергетике является ядерный реактор. История разработки и строения реакторов начинается после открытия цепной реакции деления ядер и активно развивается в наши дни. Первый реактор «Чикагская поленница-1» (СР-1) был построен в 1942 году группой физиков Чикагского университета под предводительством Энрико Ферми. Целью создания СР-1 являлось экспериментальная проверка возможности осуществления управляемой

самоподдерживающейся цепной ядерной реакции и подготовка к созданию промышленных реакторов для наработки оружейного плутония[1]. Первый ядерный реактор, построенный на территории СССР, был «Ф-1» (первый физический ядерный реактор, 1946 г.)[2]. Конструкция первого поколения реакторов включала основные компоненты современных ядерных реакторов: активную зону с делящимися материалами, замедлитель – графитовые стержни, поглотитель. Но из-за очень малой мощности (мощность СР-1 составляла 1 Вт, мощность Ф-1 составляла 20 Вт) и отсутствия системы охлаждения и биологической защиты первые реакторы могли работать кратковременно и малоэффективно.

Дальнейшие разработки ядерных реакторов позволили спроектировать и построить первые промышленные атомные электростанции: Обнинскую АЭС, Шиппингпортскую АЭС, АЭС Дрезден и другие. Реактор Обнинской АЭС «Атом Мирный» (АМ-1) был уран-графитовым канальным реактором с водяным теплоносителем, электрическая мощность которого составляла 5 МВт. Шиппингпортская АЭС имела водо-водяной реактор с водой под давлением. Мощность такого реактора составляла 68 МВт с первой конструкцией активной зоной (1957-1964), со второй – 100 МВт (1965-1974), с третьей – 236 МВт (1977-1982). Первый промышленный реактор с газовым теплоносителем  $CO_2$  и графитовым замедлителем был Магnox, мощность которого была 24 МВт[3].

Развивающаяся мировая промышленность нуждалась в большем количестве энергии для стабильного производства и развития. Соответственно, теперь реакторы должны были иметь большую мощность. Так начали появляться реакторы второго поколения. Самый распространенный в мире тип водо-водяных реакторов – с водой под давлением PWR (Pressurized water reactor), в России – ВВЭР (водо-водяной энергетический реактор). Такой реактор имеет два контура, и электрическая мощность в среднем составляет 1000-1200 МВт, а КПД примерно 30%. Другой тип водо-водяных реакторов – кипящие водяные реакторы BWR (Boiling water reactor). BWR отличается от PWR тем, что генерируют пар непосредственно в активной зоне и не имеют для этого отдельных парогенераторов. Таким образом, они работают по одноконтурной схеме. Электрическая мощность действующих установок колеблется от 600 до 1300 МВт, а КПД примерно 30-35%. Существуют также тяжеловодные реакторы HWR. Одним из успешных энергетических установок является реактор CANDU. В таком реакторе используется природный уран, а электрическая мощность тяжеловодного реактора составляет 650 МВт, КПД составляет 30-32%. Следующий тип реактора второго поколения – это улучшенный реактор с газовым охлаждением AGR (Advanced gas-cooled reactor). В таком реакторе используется графит в качестве замедлителя нейтронов и углекислый газ в качестве теплоносителя. Электрическая мощность около 600 МВт, а КПД составляет 40%. Реакторы второго поколения имеют достаточно большую мощность, но относительно невысокий КПД и ряд других причин дают стимул улучшать и создавать более эффективные реакторы[4].

Третье поколение реакторов в основном является улучшением реакторов второго поколения. Например, улучшенный кипящий водяной реактор ABWR (Advanced Boiling Water Reactor) имеет электрическую мощность около 1500 МВт, а КПД 39%, что заметно выше, чем у PWR второго поколения. Следующий реактор третьего поколения – БН-800 – реактор на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем. Электрическая мощность 880 МВт и КПД составляет 42%[5].

Четвертое поколение реакторов – это реакторы, которое только разрабатывается и не имеет серийного производства. Но такие реакторы должны иметь большую

производительность, высокие температуры для добычи водорода, улучшенную безопасность. Планируется, что реакторы четвертого поколения будут работать на низкообогащенном уране, а топливо будет выгорать полностью. Сейчас ведутся разработки высокотемпературных газовых реакторов ВТГР или HTGR (High temperature gas cooled reactors).

Плюсы реакторов типа ВТГР:

- температура теплоносителя на выходе  $>900\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- улучшенный уровень безопасности из-за стойкого к температуре топлива, инертного неагрессивного гелиевого теплоносителя;
- высокий КПД;
- возможность получать водород, вырабатывать электроэнергию и высокопотенциальное тепло в одном месте.

Недостатки реакторов типа ВТГР:

- высокие перепады температуры гелиевого теплоносителя на входе и на выходе;
- низкая теплопроводность и теплоемкость теплоносителя;
- сложность в регистрации утечки гелиевого теплоносителя;
- большие затраты энергии на прокачку теплоносителя;
- необходимы конструкционные материалы, которые способны работать в очень жестких условиях (высокая температура и большие потоки быстрых нейтронов).

Таким образом, очевидно, что создание реакторов четвертого поколения внесет большой вклад в развитие не только ядерных технологий, но и промышленности в целом, так как это открывает источник к ресурсам, которые получить в настоящее время проблематично. Помимо этого, новое поколения ядерных реакторов отвечает повышенным требованиям безопасности и экономичности. А так же, при создании таких установок возможно замыкание ядерного топливного цикла, что является большим скачком в развитии.

#### **Список литературы:**

1. E. Fermi. Experimental Production of a Divergent Chain Reaction // American Journal of Physics. – 1952. – Vol. 20. – P. 536.
2. Ларин И. И. Реактор Ф-1 был и остаётся первым // Наука и жизнь: Журнал. – М., 2007. – В. 8.
3. Петросьянц А.М. Ядерная энергетика. – М.: Наука, 1981. – 268 с.
4. Бойко В. И., Силаев М. Е. Ядерная энергия, ядерный топливный цикл и прикладные ядерные технологии. Ядерная энергия, ядерный топливный цикл и прикладные ядерные технологии: учебное пособие. – М.: МНТЦ, 2011. – 282 с.
5. Toshiba – Advanced Boiling Water Reactor – Introduction

#### **Остекловывание - метод для иммобилизации радиоактивных отходов высокой активности**

Катаева О.И., Ластовец Ю.В.  
[o.i.kataeva@gmail.com](mailto:o.i.kataeva@gmail.com)

*Научный руководитель: ассистент кафедры ФЭУ, Седнев Д.А.  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

## Введение

За последние 50 лет на Земле образовалось огромное количество радиоактивных отходов, и с каждым годом их становится все больше. Отработанное ядерное топливо, извлеченное из ядерного реактора, является самым высокоактивным радиационным материалом, от безопасного использования которого зависит дальнейшая судьба атомной энергетики.

Процесс остекловывания является признанным методом обращения с РАО высокой активности в мировой практике. Применение данного метода значительно сокращает объем отходов, в результате чего образуется устойчивая к воздействию окружающей среды и пригодная для долговременного хранения форма РАО. Агентство по охране окружающей среды США выделило этот метод как наилучшую технологию при утилизации высокоактивных отходов.

Иммобилизация РАО с помощью боросиликатных стекол

Метод остекловывания используется для иммобилизации ВАО с 1985 года. Одним из преимуществ данного процесса, по сравнению с другими технологиями обращения с РАО, является прочность иммобилизации отходов в матрице стекла. Важно, что стекло устойчиво к выщелачиванию. Кроме того, имеется возможность включения в структуру стекла атомов других элементов (органических и неорганических), которые значительно различаются по своему химическому составу [1].

Стекло представляет собой некристаллический, твердый материал, который обладает низкой пористостью. Оно образуется такими компонентами, как оксиды кремния, алюминия, бора, щелочных и щелочноземельных материалов. В технологии остекловывания используются боросиликатные стекла для иммобилизации высокорadioактивных отходов. Такие стекла впервые исследовали в 50х годах в Америке. В настоящее время боросиликатные стекла применяются для процесса остекловывания в США, Франции, Британии, Японии и Германии. Речь идет об оксидных стеклах, которые базируются на матрице  $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O}$ , где  $\text{SiO}_2$  является основным сырьем для изготовления стекла, а бор служит модификатором, понижающим температуру варки и увеличивающий прочность стекла. Данные стекла способны расплавляться при температуре 900-1200 °С. Именно поэтому эти стекла широко применяются при иммобилизации высокоактивных отходов. Основной целью процесса является максимальная загрузка матрицы стекла элементами ВАО. Обычно такая загрузка составляет 15-25 % от общей массы.

Процесс внедрения радиоактивных элементов в структуру стекла состоит из нескольких этапов. Во-первых, происходит смешивание РАО в виде шлама со стеклообразующими материалами. Затем следует процесс плавления. Подача РАО и стеклянного порошка в установку для остекловывания поддерживается на определенном уровне для получения стекла заданного химического состава. На рисунке 1 представлена принципиальная схема технологии остекловывания.

Выпаривание жидких ВАО при 100 °С;  
Нитраты солей возвращаются в раствор;



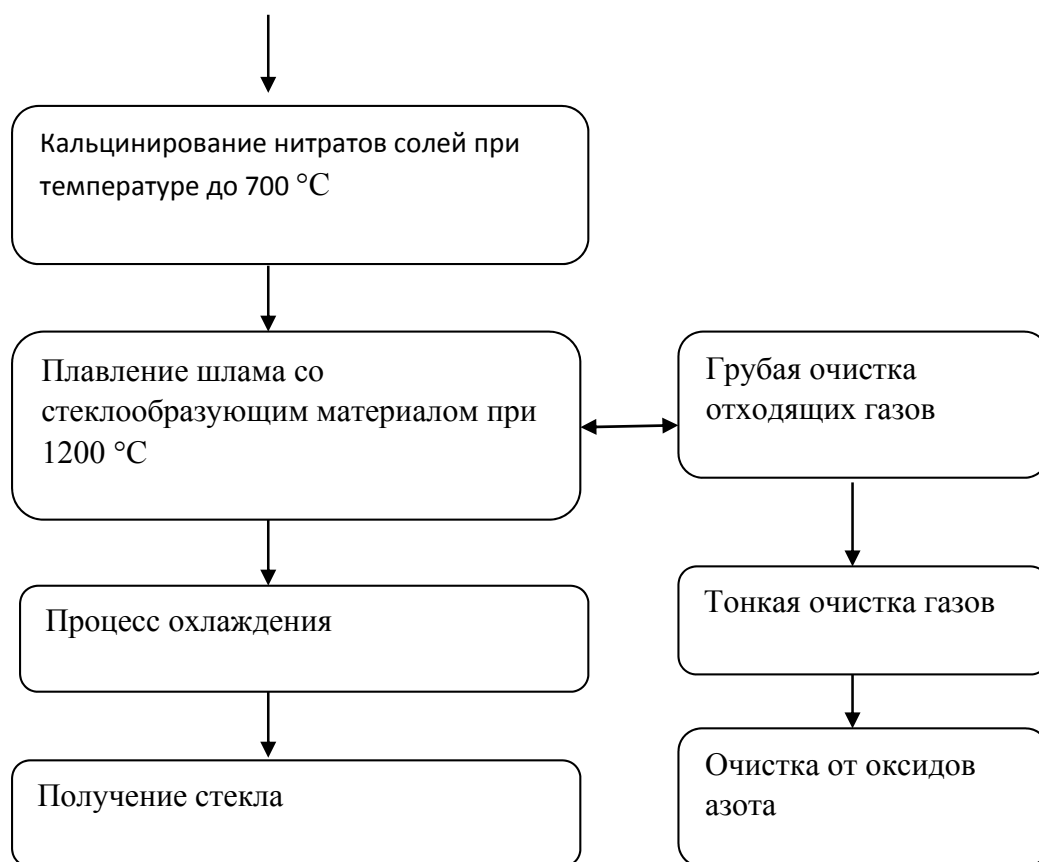


Рисунок 1. Принципиальная схема технологии остекловывания жидких ВАО.

### Технологии процесса остекловывания

Выделяют две технологии процесса остекловывания, которые применяются в ядерной энергетике. Первая была разработана во Франции под названием «AVM-Prozess». Она основана на двух этапном процессе с отдельной сушкой и прокаливанием отходов, а плавление стеклянного материала происходит в индукционно-подогреваемой металлической печи.

Другой альтернативный процесс был разработан в Научно-исследовательском центре, институт ядерной утилизации отходов, Карлсруэ, Германия. Данная технология остекловывания основана на керамической печи плавления. Во время исследований были разработаны различные типы печей для плавления, которые проходили долговременные испытания с искусственно-созданными РАО. На рисунке 2 показан пример тестируемой установки по переработки отходов (VW-1), которая в дальнейшем после успешно пройденных испытаний в рамках проекта «Technologie-Transfer» в 1994/1995 годы была доставлена в Китай [2].



Рисунок 2. Установка, созданная в КИТ. Вид на плавильную печь.

Следующий этап развития – завод по остекловыванию РАО «PAMELA», который был построен в Бельгии. На данной установке, первоначально под немецким, а позже под бельгийским руководством, проходили работы по переработке жидких ВАО с 1985 года. К 1991 году было иммобилизовано 900 м<sup>3</sup> жидких отходов в 490 тонн стекла. В то время уже три установки с керамической печью функционировали на территории США (Savannah River, West Valley) и Японии. В настоящий момент ФРГ имеет на своей территории прототип установки, которая была разработана научно-исследовательским центром. Данная технология остекловывания будет служить для утилизации накопленных продуктов вторичной переработки и для утилизации жидких ВАО.

#### **Главный компонент процесса – керамическая плавильная печь**

На рисунке 3 схематически представлено строение и принцип функционирования керамической печи, разработанной в INE. В данной печи область плавления и газовое пространство, которое расположено выше, окружено специальным термостойким керамическим материалом. Имеются несколько слоев-изоляторов, которые позволяют контролировать теплообменные процессы. Внешний кожух образуется из абсолютно газонепроницаемого корпуса высококачественной стали.

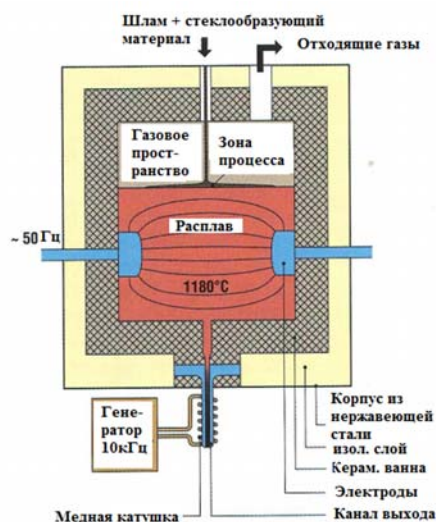


Рисунок 3. Принцип функционирования керамической печи.

Пара электродов, погруженная диаметрально противоположно в электропроводящий раствор, служит для электрического нагрева плавильной ванны до температуры 1150-1180°C. Керамические плавильные печи используются в индустрии благодаря следующим свойствам:

- возможность получать стекла с необходимым составом;
- высокое качество получаемого стекла (гомогенность);
- длительный срок эксплуатации плавильной печи (2-5 лет);
- высокая производительность.

Плавильная печь это центральный компонент процесса остекловывания. Упрощенная схема всего процесса показана на рисунке 4. Технология включает область подачи РАО и стеклянного порошка, систему плавления и газоочистки, вторичную переработку отходов, прошедших через систему газоочистки и заполнение контейнеров стеклообразной субстанцией.

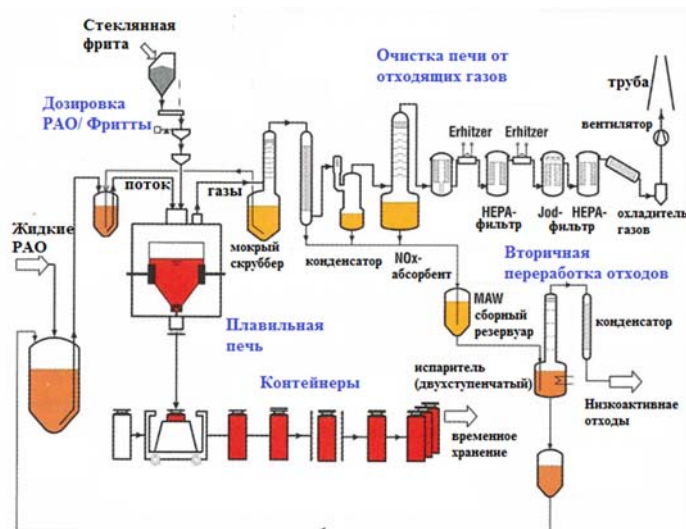


Рис.4. Упрощенная схема процесса остекловывания, установка VEK, Карлсруэ.

**Заключение.** Вопрос обращения с РАО высокой активности сегодня актуален во многих странах. Это связано с тем, что на многих АЭС в процессе эксплуатации скопилось большое количество РАО, кроме того в настоящее время многие станции в мире подлежат демонтажу. Сегодня технология остекловывания является лучшей для иммобилизации ВАО. Поскольку боросиликатные стекла очень стабильны и долговечны [3]. Они обеспечивают высокий уровень надежности в течение длительного периода времени. Данную технологию используют многие страны, такие как Франция, Япония, Германия, США и др.

**Список литературы:**

1. Батюхнова О.Г. Российская федерация, Бергман К. Швеция и др. Технологические и организационные аспекты обращения с радиоактивными отходами // Международное агентство по атомной энергии, Вена, 2005, с. 135 – 143.
2. G/ Roth, « INE's HLLW Vitrification Technology», atw 40. Jg., Heft 3, 1995, S. 144-177
3. Ляшенко А.В. СЧВ-иммобилизация высокоактивных промышленных отходов.-М.: Наука, 2004. – 275с

**Использование тория в малогабаритных реакторах**

Храпов Д. А.

[cheshirskyvolk@mail.ru](mailto:cheshirskyvolk@mail.ru)

**Научный руководитель: доцент, кандидат физико-математических наук, Чертков Ю. Б., Кафедра физико-энергетических установок (ФЭУ), ФТИ, ТПУ.**

Внедрение ториевого топлива в атомную энергетику диктуется несколькими причинами: запасы тория на планете превосходят запасы урана в 4 - 5 раз. Ториевые месторождения более доступны, чем урановые. Особенно это важно для России: российских разведанных запасов урана хватит только на 20 лет, а запасов тория в месторождениях в районе Новокузнецка и Томска (туганское месторождение тория, титана, циркония) достаточно много.

С точки зрения наработки делящихся нуклидов, преимущество тория перед ураном состоит в его тугоплавкости: лишь при 1400-1500°C кристаллическая решетка тория начинает претерпевать фазовые превращения. Это позволяет реактору на ториевом горючем работать при более высоких температурах. Ториевая энергетика, в отличие от урановой, не нарабатывает плутоний и трансурановые элементы. Это важно как с экологической точки зрения, так и с точки зрения нераспространения ядерного оружия (Выделение из уранового топлива оружейных актиноидов позволяет создать государствам-«изгоям» и террористам собственное ядерное оружие).

Только один из изотопов тория ([торий-232](#)) обладает достаточно большим [периодом полураспада](#) по отношению к [возрасту Земли](#), поэтому практически весь природный торий состоит только из этого нуклида. Сам  $^{232}\text{Th}$  тепловыми нейтронами не делится, но поглощение нейтрона торием-232 приводит к образованию урана-233, имеющего высокую вероятность испускать нейтроны в результате деления потоками тепловых и промежуточных нейтронов. Поэтому его

роль в ядерном реакторе такая же, как у  $^{238}\text{U}$ : при поглощении нейтронов они превращаются во вторичные делящиеся тепловыми нейтронами нуклиды. <sup>[1]</sup>

Торий-232 является лучшим "сырьевым" изотопом по сравнению с ураном-238 для реакторов с тепловым спектром нейтронов. Уран-233 испускает более двух нейтронов в расчёте на один захват первичного нейтрона для широкого набора реакторов с тепловым спектром нейтронов.

Диоксид тория имеет большую химическую и радиационную стойкость в сравнении с диоксидом урана, а также лучшие теплофизические свойства (теплопроводность, коэффициент линейного расширения).

$^{233}\text{U}$  имеет самое большое значение коэффициента  $\eta_{\text{эф}}$ , характеризующего число вторичных нейтронов на один поглощенный топливом нейтрон - 2,29

При замене уранового цикла на ториевый в ядерном реакторе значительно снизятся темпы образования долгоживущих младших актинидов в ториевых реакторах. Если ториевый реактор будет работать исключительно в  $^{232}\text{U}$ -Th цикле, то актиниды с массами свыше 237 будут накапливаться в нём в пренебрежимо малых количествах.

Изотоп, к которому в ториевом цикле привлекается особенное внимание - это  $^{232}\text{U}$ . Он образуется за счёт реакций (n,2n) на изотопах  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{233}\text{Pa}$  и  $^{233}\text{U}$ . Период полураспада  $^{232}\text{U}$  составляет 69 лет. Среди его дочерних продуктов есть, например,  $^{208}\text{Tl}$  - изотоп с очень коротким временем жизни, испускающий жёсткие гамма-частицы (2,6 МэВ).

Из-за накопления  $^{232}\text{U}$  мощности дозы в ториевом топливе будут расти. Это создаёт дополнительные проблемы при обращении с ОЯТ ториевых реакторов, в частности, при рециклировании урана. Но одновременно наличие  $^{232}\text{U}$  в выгоревшем топливе увеличивает защищённость реактора и ЯТЦ от распространения.

Кроме этого ториевый цикл предпочтителен при утилизации оружейного плутония поскольку не приводит к его воспроизводству как в случае использования U-Pu топливного цикла.

В ториевых реакторах будет обязательно наблюдаться протактиниевый эффект, аналогичный по механизму образования нептуниевому эффекту в быстрых реакторах с урановым или уран-плутониевым топливом, но более неприятный с точки зрения управления. В проектах ториевых реакторов должен учитываться подъём реактивности при длительных остановках вследствие распада  $^{233}\text{Pa}$  в делящийся изотоп  $^{233}\text{U}$ .

Работы по исследованию возможностей использования тория в ядерном топливном цикле связаны, в основном, либо с наличием больших запасов тория (Индия), либо с желанием сократить потребление природного урана (Норвегия), либо с наличием ядерных энергетических технологий, способных использовать преимущества ториевого топливного цикла (Канада, Россия).

#### Индия

Правительство Индии дало разрешение на начало строительства экспериментального ториевого реактора на 300 МВт. Станции такого типа считаются настолько безопасными, что их можно строить прямо в городской черте, хотя экспериментальный реактор всё-таки построят вдали от города (сейчас выбирают из двух площадок). Конструкция реактора АНWR (advanced heavy water reactor) представляет собой продвинутый вариант тяжеловодного ядерного реактора, использующий канальную архитектуру, а также обычную воду в качестве теплоносителя. Замедлитель (тяжёлая вода  $\text{D}_2\text{O}$ ) находится в отдельных от

теплоносителя каналах под пониженным давлением. Особенностью индийского реактора являются большие резервуары с водой, которые находятся сверху всей конструкции и выполняют функции пассивной безопасности, то есть могут охладить реактор в случае аварии.

В Индии с целью повышения эффективности после запуска в блоки 1 и 2 АЭС в Какрапаре было загружено 500 кг ториевого топлива. 1-й блок АЭС был первым в мире реактором, в котором для выравнивания мощности в активной зоне использовался не обедненный уран, а торий. Работая на ториевом топливе, 1-й блок вышел на полную мощность за 300 суток, а 2-й блок – за 100 суток. Ториевое топливо планируется использовать в блоках 1 и 2 А.Э.С в Кайга и в блоках 3 и 4 АЭС в Раджастане, которые находятся в стадии строительства.

Обладая запасами тория, в шесть раз превышающими запасы урана, Индия в качестве основной задачи промышленного производства энергии поставила задачу внедрения ториевого цикла, которая будет решаться в три этапа:

1) тяжеловодные реакторы CANDU, работающие на топливе из природного урана, будут использоваться для наработки плутония;

2) реакторы-бридеры на быстрых нейтронах (FBR) на основе полученного плутония будут производить U-233 из тория;

3) перспективные тяжеловодные реакторы будут работать на U-233 и тории, получая 75% энергии из тория.

Отработанное топливо затем будет перерабатываться для восстановления делящихся материалов и их последующей переработки.<sup>[2]</sup>

#### Япония

Японские специалисты в настоящее время разрабатывают по правительственному заказу миниатюрный ядерный реактор, который в перспективе может быть использовать для электроснабжения жилых домов и даже колоний на других планетах. И если вторая сфера применения остается скорее фантастикой, то мини-АЭС в подвале многоквартирного дома может стать реальностью уже достаточно скоро. Разрабатываемый реактор Rapid-L при высоте 6 м и ширине 2 м, способен вырабатывать до 200 кВт электричества, чего достаточно для питания офисного небоскреба или жилого дома. По словам Мицуру Камбе (Mitsuru Kambe), возглавляющего группу исследователей в Центральном исследовательском институте электроэнергетики (CRIEPI), в будущем реакторы типа Rapid-L получат широкое распространение просто потому, что большие АЭС будет трудно построить из-за нехватки места для их размещения. Мини-реакторы также могут использоваться для компенсации пиковых нагрузок в крупных городских зонах, таких как Токийский залив. Принцип работы Rapid-L традиционен, однако вместо углеродных стержней, используемых в больших реакторах для регулирования интенсивности распада урана, в мини-реакторе используется жидкий литий-6 - изотоп лития, лучше других поглощающий нейтроны. Схема реактора и принцип его работы показан на рисунке. Внутри реактора имеются трубки, заполненные инертным газом. Над трубками располагаются емкости с литием-6. При повышении температуры металл расширяется и спускается вниз по трубкам, поглощая нейтроны и замедляя реакцию. То есть, литий-6 действует как "жидкий стержень", естественно, что в этом случае нужна сложная механическая система для спуска и подъема твердых стержней, отпадает. Рабочая температура Rapid-L составляет 530°C, а охлаждение осуществляется жидким натрием. Реактор, по утверждению разработчиков,

полностью безопасен, однако убедить жителей "ядерного" дома в безопасности реактора в подвале будет не так-то просто.<sup>[3]</sup>

#### Норвегия

Норвежской компании AkerSolutions приобрела патент Раббии (Rubbia) на использование ториевого топливного цикла, и специалисты которой в настоящее время занимаются разработкой малогабаритного энергетического ториевого реактора на основе ускорителя протонов. Успешная реализация этого проекта, оцениваемого в 1,8 миллиардов долларов, может привести к созданию сети миниатюрных подземных реакторов, вырабатывающих по 600 МВт энергии каждый. Малый размер этих реакторов обуславливает то, что на обеспечение его безопасности и поддержания работоспособности будут тратиться существенно меньшие средства, нежели на обеспечение и обслуживании крупногабаритных атомных электростанций.

Идея и патент технологии использования тория в качестве топлива для реакторов на основе ускорителей протонов принадлежит Нобелевскому лауреату Карло Раббии (CarloRubbia), бывшему директору CERN. Малогабаритный ускоритель частиц вырабатывает луч протонов, которые бомбардируют мишень из тяжелого металла, выбивая при этом свободные нейтроны. Торий является лучшим вариантом материала этой мишени, он способен выделить достаточно много нейтронов при попадании в него одного высокоэнергетичного нейтрона.<sup>[6]</sup>

Институт Энергетических технологий IFE проводит испытания топлива для норвежской компании «ThorEnergy». Подготовка к проведению испытаний осуществлялась в течение длительного времени и по предварительным данным проект затянется на пять лет. В этот период главной целью эксперимента является обеспечение безопасности производственного процесса. Результаты, полученные по окончании проекта, заложат основу для последующего использования тория в атомной промышленности.

Топливо, запатентованное для компании «ThorEnergy», состоит из 90% тория и 10% плутония, и, следовательно, отличается от традиционного уранового топлива. Проведенные исследования показывают, что запасы тория в районе рудного поля Фенсфелте могут дать в сотни раз больше энергии, чем все расположенные на континентальном шельфе Норвегии месторождения нефти и газа. Отчет, представленный норвежской организацией «ThoriumThinkTank», также показал вселяющие оптимизм результаты. По данным доклада, Норвегия обладает одним из крупных месторождений тория в мире, и предполагается, что в районе Фенсфелте находятся залежи 56,000 -675,000 тонн этого радиоактивного элемента.

Программа эксперимента рассчитана на пять лет. Для эксперимента германский институт трансурановых элементов изготовил восемь таблеток из смешанного торий-плутониевого топлива. Для следующих стадий экспериментальной программы предполагается, что в Великобритании будут изготовлены "полностью прототипные таблетки" из такого топлива.<sup>[7]</sup>

Из сообщения института IFE, в котором расположен исследовательский реактор HBWR, становится ясным - к этой программе действительно применимы слова "впервые в истории". Впервые в истории институт IFE выполняет заказ по облучению топлива для норвежского клиента.<sup>[8]</sup>

#### Преимущества ториевого цикла<sup>[4]</sup>

1. Торий в 3...4 раза более распространён в земной коре элемент, чем уран.
2. Природный торий состоит из одного изотопа и его вовлечение в топливный цикл в отличие от урана не требует трудоёмкого разделения изотопов.

3. Торий имеет некоторые более привлекательные ядерные свойства по сравнению с ураном (резонансный интеграл - среднее сечение по промежуточным энергиям нейтронов составляет треть от такового для урана -238 и т.п.). Поэтому ториевое топливо можно использовать в тепловом бродерном реакторе.

4. Ториевые топлива обладают и некоторыми благоприятными физическими и химическими свойствами, улучшающие эксплуатацию реактора. По сравнению, например, с наиболее распространённым реакторным топливом на основе диоксида урана (UO<sub>2</sub>), диоксид тория (ThO<sub>2</sub>) имеет более высокую температуру плавления и, в отличие от диоксида урана, не склонен к дальнейшему окислению.

5. Поскольку U-233, произведенный в ториевых топливах неизбежно загрязнен U-232, то это ядерное топливо в какой-то мере защищает себя от хищений. Радиологическая опасность от таких материалов требует использования дистанционной обработки. Длительная радиологическая опасность обычного используемого ядерного топлива на основе урана определяется плутонием и минорными актинидами. Торий более привлекателен и его применение возможно в смешанном оксидном (MOX) топливе, когда достигается уменьшение накопления трансуранов.

7. В отличие от плутония, U-233 может быть легко денатурирован путём смешения его с природным или обеднённым ураном.

8. Ядерные реакторы на ториевом топливе более безопасны, чем на урановом, поскольку ториевые реакторы не обладают запасом реактивности. Поэтому никакие разрушения аппаратуры реактора не способны вызвать неконтролируемую цепную реакцию.

9. Отработавшие ТВЭЛы не нуждаются в радиохимической переработке, что значительно снижает риск загрязнения среды;

10. Снимается проблема накопления плутония, а, следовательно, и его распространения (в виде оружия);

11. Не требуется создавать новых реакторов, а достаточно модернизировать существующие под загрузку ТВЭЛы с новым топливом;

12. Ториевые реакторы обладают повышенной внутренней ядерной безопасностью. Сплавы тория с небольшими добавками оружейного урана и плутония в ядерном отношении безопасны и не требуют специальных мер при хранении. Они опасны только в радиационном отношении, однако это их свойство может служить дополнительной гарантией от хищения

Недостатки ториевого цикла<sup>[4]</sup>

1. Торий - рассеянный элемент, не образующий собственных руд и месторождений.

2. Вскрытие монацита - процесс намного более сложный, чем вскрытие большинства урановых руд. Производство тория затруднено. Поэтому торий и его соединения дороже аналогичных продуктов на основе урана.

3. Из-за плохих механических свойств тория, из него невозможно изготовить какие-либо изделия точной формы.

4. В отличие от урана, естественный торий не содержит никаких делящихся изотопов; чтобы достигнуть критичности необходимо все равно использовать (хотя бы на начальном этапе) делящийся материал: уран-235 или плутоний.

5. При использовании тория в открытом топливном цикле для достижения нейтронной эффективности необходимы высокие степени выгорания. (Хотя выгорание диоксида 170 000 МВт·сут/т в реакторе FortSt. VrainGeneratingStation и



было глубоким, тем не менее, трудно достигнуть высоких степеней выгорания в легководных реакторах, т.е. в основных существующих реакторах современной атомной энергетики). Если твёрдый торий используется в закрытом топливном цикле, в котором U-233 подвергается переработке, то интенсивная радиация (жёсткое  $\gamma$ -излучение с энергией до 2 МэВ) обуславливает необходимость дистанционного управления всеми операциями топливного цикла, что увеличивает затраты по сравнению с урановым топливным циклом.

7. В сравнении с существующими прекрасно отлаженными методами переработки уранового топлива подобная технология для тория - все еще разрабатывается.

8. Несмотря на воздействие вредного U-232, США, по-видимому, испытали бомбу на основе U-233. Поэтому переход на ториевую энергетику не снимает проблемы распространения атомного оружия.

9. Хотя ториевое топливо производит намного меньше долгоживущих трансуранов, чем топливо на основе урана, некоторые долгоживущие актиниды оказывают длительное радиологическое воздействие, особенно Pa-231.

10. Можно сделать обобщающий вывод, что цикл тория просто дороже уранового. К тому же он весь слабо проработан.

### **Размножающие свойства разных видов топлива в ячейке реактора ВВЭР-1000**

Рассмотрим возможность использования тория в тепловых реакторах типа ВВЭР. Для этого сравним размножающие (нейтроны) свойства ячеек этого реактора с ториевым топливом.

Для реализации ториевого топливного цикла необходимо использовать традиционные делящиеся изотопы урана и/или плутония. В качестве таковых можно выбрать:

- уран с высоким значением обогащения;
- оружейный плутоний;
- энергетический плутоний, извлекаемый из облученного ядерного топлива с большим выгоранием.

В качестве топливной композиции можно выбрать:

- традиционные диоксиды урана, плутония и тория;
- перспективные нитриды (карбиды) этих нуклидов, имеющие существенно более высокую плотность, чем диоксиды.

Возьмем элементарную ячейку реактора ВВЭР-1000 следующего вида: расчетная модель представляет собой бесконечную по высоте элементарную ячейку водородного реактора, состоящую из ТВЭЛа и окружающего его водяного теплоносителя. Реальная шестигранная ячейка при расчете заменяется на эквивалентную цилиндрическую, площадь поперечного сечения которой равна площади реальной ячейки.

1	2 – сердечник ТВЭЛа	3	4 – замедлитель (вода)
0	0,07	0,39	0,455
0,693 R,			
см			

Сердечник твэла (зона 2) внешним радиусом 0,39 см имеет внутреннее отверстие диаметром 0,07 см (зона 1). Зона 3 описывает оболочку твэла, зоны 4 и 5 представляют водяной теплоноситель (и замедлитель).

Оболочка твэла реактора ВВЭР-1000 изготовлена из циркониевого сплава с внешним диаметром 0,91 см и толщиной 0,65 см. Топливная таблетка из двуокиси урана имеет внешний диаметр 0,78 см и осевое отверстие диаметром 0,14 см. Шаг расстановки твэлов – 1,275 см.

Материальный состав базового варианта твэлов был представлен двуокисью урана с плотностью 10,5 г/см<sup>3</sup> и с обогащением 4,5 % по <sup>235</sup>U. Оболочка твэлов – циркониевый сплав с 1% ниобия. Плотность воды соответствовала давлению 16 МПа и температуре 300°C.

Нейтронно-физические расчеты проводились с помощью одномерной ячеечной программы WIMS-ANL с 69-групповой библиотекой ANL (WIMSD-5 с библиотекой ENDF/B-VI.7). Уточняющие расчеты будут проводиться по трехмерной прецизионной программе MCU-PTR.

Расчёт в программе WIMS-ANL показал, что наибольшую энерговыработку дают следующие виды топлива: смесь оксидов оружейного плутония и тория (PuO<sub>2</sub>(O)+ThO<sub>2</sub>), нитридное топливо – смесь нитрида плутония и нитрида тория (PuN+ThN), смесь оксида урана с 90% обогащением (UO<sub>2</sub>(90%)+ThO<sub>2</sub>) и смесь оксидов энергетического плутония и тория (PuO<sub>2</sub>(E)+ThO<sub>2</sub>).

#### **Выводы**

В результате проделанной работы на данном этапе был произведён сбор тематической информации, анализ преимуществ и недостатков ториевого топлива, планируемых способов использования тория для реакторов в разных странах и способы реализации ториевого цикла, проведён предварительный расчёт наиболее выгодных видов топлива, содержащих торий.

Расчёт в программе WIMS-ANL показал, что наибольшую энерговыработку дают следующие виды топлива: смесь оксидов оружейного плутония и тория (PuO<sub>2</sub>(O)+ThO<sub>2</sub>), нитридное топливо – смесь нитрида плутония и нитрида тория (PuN+ThN), смесь оксида урана с 90% обогащением (UO<sub>2</sub>(90%)+ThO<sub>2</sub>) и смесь оксидов энергетического плутония и тория (PuO<sub>2</sub>(E)+ThO<sub>2</sub>).

В дальнейшем работа будет связана с оценкой эффективности этих видов топлива с помощью программы MCU-PTR и уточнением технических и габаритных параметров малогабаритного реактора, работающего на тории.

#### **Список литературы:**

1. Торий в ядерных реакторах : физика, технология, безопасность. Шаманини И. В., Кошелев Ф. П., Ухов А. А. Учебное пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2001  
Индия строит ториевый ядерный реактор. Электронный ресурс. URL: <http://geektimes.ru/post/15-457/> (Дата обращения 17.01.2014г.)
2. Инновации. Ядерные реакторы на тории Электронный ресурс. URL: [http://world.lib.ru/w/wasilij\\_i\\_p/txt-4-.shtml](http://world.lib.ru/w/wasilij_i_p/txt-4-.shtml). (Дата обращения 17.01.2014г.)
3. Разработка миниатюрных ториевых реакторов может избавить мир от нефтезависимости – Электронный ресурс. URL: [energy/1-0--razrabotka-miniaturnyx-torievyx-reaktorov-mozhet-izbavit-mir-ot-neftezavisimosti.html](http://energy/1-0--razrabotka-miniaturnyx-torievyx-reaktorov-mozhet-izbavit-mir-ot-neftezavisimosti.html) (Дата обращения 20.11.2014г.)

4. Э. Гревес: Ториевые реакторы на расплавах солей. Электронный ресурс. URL: [http://www.youtube.com/watch?v=4MEpkF\\_5qVQ&feature=youtu.be](http://www.youtube.com/watch?v=4MEpkF_5qVQ&feature=youtu.be) (Дата обращения 24.11.2015г.)
5. В Норвегии построили первый ядерный реактор, работающий на тории – Электронный ресурс. URL: <http://the-clu.com/2013/07/08/1-0-5> (Дата обращения 01.12.2014г.)
6. Торий-плутоний по-норвежски – Электронный ресурс. URL: <http://www.atomic-energy.ru/smi/2013/07/10/42724> (Дата обращения 01.12.2014г.)
7. Ториевый реактор в Норвегии – Электронный ресурс. URL: <http://publicatom.ru/blog/energy/5817.html> (Дата обращения 01.12.2014г.)

### **Конденсационные электростанции, теплоэлектроцентрали: проблемы и перспективы**

Косицын А.А., Громилова О.В., Мустафина А.Р.,  
[Kosicyn.aleksand@gmail.com](mailto:Kosicyn.aleksand@gmail.com)

*Научный руководитель: Злобина И.В. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»*

Большая часть электроэнергии мира вырабатывается на тепловых электростанциях (ТЭС), несмотря на то, что для всех ТЭС характерно использование невозобновляемых источников энергии, что является их главным недостатком.

Конденсационные электростанции (КЭС) составляют основную часть предприятий теплоэнергетики, поэтому их часто так и называют ТЭС [1].

К их отрицательным сторонам с экологической точки зрения относятся интенсивное загрязнение атмосферы на относительно небольшой территории (к тому же на КЭС чаще используют низкосортный высокозольный уголь, что усугубляет ситуацию) и истощение природных богатств (ценного органического сырья).

Немаловажное значение имеют также экономические показатели. КЭС характеризуются низким КПД (30-35 %); сильной привязанностью к источникам топлива, т.к. перевозить некачественный уголь (с содержанием углерода около 30 %) невыгодно, поэтому его сжигают на местах добычи, а транспортируют уже электроэнергию; удаленностью от потребителя (большинство месторождений угля находится далеко от центров экономики - главного потребителя электроэнергии, а имеющиеся близ промышленных центров ресурсы давно исчерпаны); потерями электроэнергии при транспортировке.

КЭС характеризуются равномерной выработкой энергии независимо от природных условий, сезонов года и времени суток, что является важным качественным показателем, особенно с учетом происходящих изменений климатических условий. Как правило, конденсационные электростанции находятся удаленно от потребителя, что способствует загрязнению атмосферы в малонаселенных районах, где мало других источников загрязнения. Это удовлетворяет принципу равномерности распределения отходов и способствует

лучшему самоочищению атмосферы, не сказываясь отрицательно на здоровье больших масс людей [2].

Другим традиционным источником энергии являются теплоэлектроцентрали (ТЭЦ).

Именно они, кроме электроэнергии вырабатывают тепло в виде горячей воды, необходимой для бытовых нужд, отопления и водяного пара, использующегося в химической промышленности и строительстве. КПД теплоэлектроцентралей составляет около 70 %.

Среди отрицательных черт ТЭЦ можно выделить привязанность к расположению потребителя, загрязнение атмосферы, значительные расходы на доставку топлива и зависимость от других стран и регионов [2].

Таким образом, можно сделать вывод, что при рациональном использовании существующих методов получения энергии, они смогут еще долго оставаться на службе у человека [1,2].

#### **Список литературы:**

1. Нетрадиционные источники энергии. – М.: Знание, 2003. – 120 с.
2. Юдашин Л.С. Энергетика: проблемы и надежды / Л.С. Юдашин – М. : Просвещение, 2000. – 207с.

### **Перспективы применения парогазовых установок на базе газификации угля**

Лужковой Д. С.  
mintrondo@yandex.ru

*Научный руководитель: кандидат технических наук, Ромашова О. Ю., НИ ТПУ  
кафедра АТЭС*

В настоящее время объем потребления энергии непрерывно возрастает, что является следствием процесса индустриализации, увеличения энергозатрат на добычу природных ресурсов и работу транспорта, на повышение плодородия почв и других процессов. Несмотря на развитие добывающей промышленности в нашей стране, топливный баланс её в течение многих лет является весьма напряжённым: опережающими темпами растёт потребность в топливе, и часто оно расходуется расточительно. Сегодня наша страна в расчете на единицу национального дохода расходует топлива, электроэнергии, металла и других ресурсов более чем в два раза больше, чем в развитых капиталистических странах. Прирост потребности в топливе, энергии, сырье и материалах должен обеспечиваться в основном за счет их экономии. Экономия, при возрастающих темпах потребления, может обеспечиваться в основном за счёт внедрения новых технологий производств.

В России свыше 70% оборудования ТЭС выработало срок эксплуатации и устарело. Необходима массовая его замена с внедрением новых современных технологий производства электроэнергии и тепла. Предпочтительно для этого использовать угольные технологии, поскольку запасы природного газа при безудержном росте его экспорта и потребления могут истощиться быстро и настоятельно нуждаются в сбережении для следующих поколений, а доступные для

разработки месторождения угля в России, содержащие 36% его мировых запасов, обеспечат энергетику страны на века.

Традиционным и эффективным направлением совершенствования угольных технологий является создание паросилового оборудования с суперсверхкритическими параметрами пара. Еще более высоким экономическим и экологическим потенциалом обладают установки комбинированного парогазового цикла, работающие на газифицируемом в них угле. На природном газе парогазовые установки (ПГУ) хорошо освоены. Актуально обеспечить их коммерческое применение на угле. На западе в это направление вложены большие средства. Уже создано несколько ПГУ мощностью 100-300 МВт с применением в основном парокислородной газификации угольной пыли и мокрой очистки генераторного газа. КПД этих ПГУ составляет 40-44 %. На природном газе подобные ПГУ имеют КПД 52-56 %. Существенная разница величин характеризует потери энергии в системе внутрицикловой газификации твердого топлива.

Своей задачей считаю рассмотрение существующих методов газификации угля, определение перспектив его применения.

Парогазовые установки были изобретены два века назад. Идея создания парогазовых установок, использующих в качестве рабочих тел продукты сгорания топлива и водяной пар (бинарные установки), впервые была высказана французским ученым Сади Карно еще в 1824 году в его работе «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу». Карно предложил схему поршневой парогазовой установки и обосновал основное условие создания эффективных парогазовых установок — использование продуктов сгорания топлива в качестве рабочего тела в области высоких температур с одновременной утилизацией отбросного тепла газов для получения рабочего пара. По мере развития паровых и газовых турбин оказалось возможным практическое осуществление этой идеи гениального ученого, более чем на столетие вперед определившего основные пути развития парогазовых тепловых двигателей. Первые бинарные парогазовые установки появились в Германии. В 1913 – 1917 годах Хольцварт осуществил создание ПГУ на базе ГТУ с пульсирующей камерой сгорания. КПД её не превышал 14%.

Для того, чтобы человечество начало задумываться о применении угля в парогазовых установках, необходимо было создать способ его газификации.

*Газификация — преобразование органической части твёрдого или жидкого топлива в горючие газы при высокотемпературном (1000—2000 °С) нагреве с окислителем (кислород, воздух, водяной пар, углекислый газ или, чаще, их смесь). Сырьём для процесса обычно служат каменный уголь, бурый уголь, горючие сланцы, торф, дрова, мазут, гудрон. Полученный газ называют генераторным по названию аппаратов, в которых проводится процесс — газогенераторов. Совокупность процессов, протекающих в ходе газификации твёрдых горючих ископаемых (пиролиз, неполное горение, полное окисление) называют конверсией [1].*

Таким способом оказалась подземная газификация угля.

*Подземная газификация угля — физико-химический процесс превращения угля в горючие газы с помощью свободного или связанного кислорода непосредственно в недрах земли. При этом уголь в пласте, под землей, превращается в горючий газ, обладающий достаточной калорийностью для энергетического и технологического использования [1].*

Идея подземной газификации принадлежит Д. И. Менделееву. Судя по его записным книжкам, идея впервые зародилась у него в начале 80-х годов XIX века: «достаточно поджечь уголь под землей, превратить его в светильный, или генераторный, или водяной газ и отвести его по трубам из бумаги, пропитанных смолой и обвитых проволокой». Первое официальное изложение идеи встречается в 1888 году в статье Д. И. Менделеева «Будущая сила, покоящаяся на берегах Донца». Позже в 1912 году эту же идею высказал английский химик У. Рамзай.

Первый в мире проект подземной газификации углей был разработан в СССР в 1928 году. В 1933 году в СССР была создана контора (позже трест) «Подземгаз» с целью координации научно-исследовательских, проектных и экспериментальных работ по подземной газификации углей.

За пределами СССР первые опыты подземной газификации были проведены в 1946 году в США (штат Алабама) и в 1947 году в Италии (у Вальдорио близ Флоренции).

Начиная с середины 1970 г. интерес к подземной газификации угля упал, так как экономическая эффективность данного метода оказалась неконкурентоспособна в сравнении с разработкой природного газа. В начале XXI века интерес к газификации угля вырос в США, Индии и Китае, где в настоящее время ведутся экспериментальные и промышленные работы [1].

Технологии газификации можно классифицировать по разработанным технологическим системам, характеру движения газифицируемого топлива, типу дутья, теплоте сгорания получаемого газа и его назначению, по температуре и давлению газификации, а также компании, разработавшей процесс, и по другим параметрам.

По характеру движения газифицируемого топлива различают газификацию твердого топлива

- в расплаве;
- в плотном слое;
- в кипящем слое;
- в потоке.

По типу дутья выделяют:

- воздушную;
- паровоздушную;
- кислородную;
- парокислородную;
- паровую газификацию.

По теплоте сгорания получаемых газов (в МДж/м<sup>3</sup>):

- с низкой теплотой сгорания (4,2—6,7);
- со средней теплотой сгорания (6,7—18,8);
- с высокой теплотой сгорания (31—40).

По назначению газифицированного угля:

- для энергетических целей (непосредственного сжигания);
- технологических целей (синтез, производство водорода, технического углерода).

По температуре газификации:

- низкотемпературная (до 800 °С);
- среднетемпературная (800—1300 °С);

- высокотемпературная (выше 1300 °С).

По давлению:

- при атмосферном давлении (0,1—0,13 МПа);
- среднем давлении (2— 3 МПа);
- высоком давлении (выше 3 МПа) [2].

Парогазовый цикл с газификацией угля может быть разделен на четыре стадии:

1. получение топливного газа при взаимодействии угля с высокотемпературным паром и воздухом/кислородом;
2. очистка полученного газа.
3. сжигание очищенного газа в ГТУ для производства электроэнергии.
4. использование тепла продуктов сгорания на выходе ГТУ и топливного газа на выходе газификатора для производства пара с дальнейшим получением электрической энергии в ПТУ.

В зависимости от типа дутья на выходе получают различные составы.

При воздушной (или паровоздушной) газификации образуется воздушный (или полуводяной) газ с низкой теплотой сгорания (4—7 МДж/нм<sup>3</sup>). Такой газ целесообразно использовать непосредственно в качестве топлива на месте его получения без транспортировки на значительные расстояния, а после очистки от H<sub>2</sub>S, CS<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> — как источник водорода в производстве аммиака, смесь реагентов в производстве метанола и жидких углеводородов

При кислородной (или парокислородной) газификации (под давлением до 3 МПа) получают синтез-газ со средней теплотой сгорания 10—16 МДж/нм<sup>3</sup>. Его можно использовать как вблизи места получения, так и транспортировать, а также применять в качестве исходного сырья для производства углеводородных соединений.

Газ с высокой теплотой сгорания (или заменитель природного газа) получают в результате кислородной (или парокислородной) газификации угля под высоким давлением (свыше 10 МПа) или в результате переработки синтез-газа. Теплота сгорания такого газа составляет 20—40 МДж/нм<sup>3</sup>.

Состав топлива также зависит от характера движения газифицируемого топлива.

Основные отработывавшиеся технологические схемы газификации твердого топлива: в потоке — по методу Texaco, Shell, Prenflo, Destec, ABB CE; в кипящем слое — по методу Винклера, U-gas, KRW, Westinghouse Corporation; в плотном слое — по методу British Gas/Lurgi.

Рассмотрим методы газификации по характеру движения газифицируемого топлива подробнее.

В аппаратах с кипящим слоем газификация угля происходит при значениях температуры, меньших значений температуры плавления золы, а также при благоприятных условиях для тепло- и массообмена (при практически постоянной температуре по высоте слоя). Сравнительно низкие значения температуры процесса позволяют уменьшить выбросы оксидов азота, а также способствуют оптимальному связыванию серы за счет добавления известняка (или доломита). Установки с кипящим слоем работают с сухим золоудалением. Различают следующие виды газификаторов с кипящим слоем: с пузырьковым, расширяющимся и циркулирующим кипящим слоем.

Газификаторы с кипящим слоем могут работать как на воздушном, так и на кислородном дутье. Выбор дутья зависит в основном от подготовки и способа подачи

топлива в реактор. При использовании в качестве топлива водоугольной суспензии, газификацию проводят на кислородном дутье. Если топливо вводится в реактор сухим способом, то в качестве газифицирующих агентов используют воздух или парокислородную смесь.

В настоящее время в мире созданы следующие технологии газификации углей в кипящем слое под давлением (КСД) и циркулирующем кипящем слое под давлением (ЦКСД) по методу: высокотемпературного процесса Винклера (проект ПГУ KoBra); U-Gas (проект ПГУ Toms Creek); KRW (проект ПГУ Pinon Pine).

Газификация в КСД по методу высокотемпературного процесса Винклера (ВПВ) представляет собой дальнейшую разработку процесса газификации угля в кипящем слое при атмосферном давлении по методу Винклера.

Топливо газифицируется на воздушном или кислородном дутье с добавлением водяного пара при температурах ниже точки размягчения золы. Уголь вводится в газификатор с помощью шлюзовой системы. Газифицирующий агент поступает в реактор на различных уровнях по высоте кипящего слоя и в зону пневмотранспорта.

В кипящем слое частично окисляется взвешенный углерод, летучие после выхода разлагаются на  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  и  $\text{CH}_4$ . Газификация коксозольного остатка (КЗО) происходит как в верхней части кипящего слоя, так и в надслоевом пространстве. Основная часть уноса улавливается из необработанного газа в горячем циклоне и возвращается в кипящий слой через тракт возврата. Собирающийся на дне реактора КЗО и зола удаляются через шлюзовую систему, расположенную под газификатором.

В предлагаемой установке производится размол бурого угля до  $d = 0..-6$  мм. Паровая сушка осуществляется в двух аппаратах кипящего слоя до влажности 12 %. Уголь подаётся в реактор через три шлюзовые системы. КЗО из реактора выводится через шлюз, охлаждается и подается в ЦКС-котлоагрегат, работающий при атмосферном давлении. Необработанный газ последовательно охлаждается в двух теплообменниках (в первом — с 920 до 440 °С, во втором — с 440 до 270 °С), где производится пар высокого и среднего давлений. Очистка газообразных продуктов газификации от пыли и серы осуществляется за счет скрубберной отмывки с содержанием твердых частиц после нее не более 5 мг/м<sup>3</sup>. Выбросы  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_x$  — по 80 мг/м<sup>3</sup> (при 15 %  $\text{O}_2$ ). Электрическая мощность (в МВт) блока — 394, в том числе ГТУ — 212, ПТУ — 182 (27 МВт вырабатывается за счет дожигания КЗО и пыли в ЦКС-котле), КПД ПГУ — около 45 %.

Разработчик технологии «U-Gas» — Институт газовых технологий в г. Чикаго (США).

Угольные частицы, максимальный размер которых 6 мм (средний — от 1 до 1,5 мм), сушатся до содержания влаги менее 5 %, после чего подаются в газификатор КСД вместе с сорбентом (доломитом). Газификация топлива происходит в реакторе при температуре 900—1040 °С и давлении 2,2 МПа.

До 85 % соединений серы связывается в КСД за счет ввода сорбента, а около 10 % — в системе горячей сероочистки. Выносимые с газом твердые частицы собираются в двух ступенях циклонов. С выхода вторичного циклона низкокалорийный газ с температурой 980—1000 °С охлаждается в теплообменнике до 540 °С и поступает на вход системы сероочистки.

Система сероочистки состоит из двух реакторов кипящего слоя: в первом из них происходит поглощение серы в кипящем слое титаната цинка ( $\text{ZnTi}$ ), во втором — его частичная регенерация. С выхода системы сероочистки газы идут на очистку от пыли в керамических фильтрах, откуда очищенный газ поступает в камеру сгорания



газовой турбины. Продукты сгорания с выхода ГТУ направляются в котел-утилизатор, где вырабатывается пар для ПТУ и для газификатора в виде газифицирующего агента.

Разработчик газификации угля по методу KRW — компании M.W. Kellogg-Rost-Westinghouse. Создание технологии осуществлялось в сотрудничестве с компанией Foster Wheeler.

Подсушенный и измельченный уголь вместе с известняком подается пневматически в центральную нижнюю часть КСД-газификатора. Реактор постоянно расширяется по направлению к выходу синтез-газа. Температура слоя регулируется изменением подаваемого в газификатор воздуха и пара. Часть КЗО возвращается в газификатор посредством циклона. С выхода циклона низкокалорийный газ охлаждается в теплообменнике с 930 до 590 °С. Высокотемпературная очистка газа от пыли происходит в керамических фильтрах, а остатки серы удаляются в ходе реагирования с сорбентом на основе оксида цинка (типа Z-Sorb).

Следует отметить, что, несмотря на несомненные преимущества технологий внутрицикловой газификации углей в КСД и ЦКСД для ПГУ на твердом топливе, они достаточно сложны, и отдельные элементы схем требуют отработки. Это также касается необходимости учета качества топлива (зольность, выход летучих, содержание серы) при создании той или иной технологии.

Существуют поточные газификаторы с нисходящим и восходящим потоком. Высокие значения температуры (1400—2000 °С) и рабочие значения давления (до 3—5 МПа) процесса газификации пылевидных частиц наряду с использованием кислородного или парокислородного дутья (особенно для низкорекреационных видов твердого топлива) обеспечивают самую высокую по сравнению с другими аппаратами производительность реакционного объема. Полученные в процессе газификации газы не содержат смол и фенолов. Отсутствие возможности связывания серы в газогенераторе из-за высоких температур компенсируется глубокой очисткой меньшего объема получаемых газов.

Наиболее известны процессы поточной газификации угля по методам: “Техасо”, “Shell”, “Prenflo”, “GSP”, “Combustion Engineering” и “Dow”.

Разработчик технологии — компания Техасо. Особенность процесса состоит в использовании в качестве топлива **водоугольных суспензий (ВУС)**. Процесс прошел длительную проверку (с середины 1980-х годов) на многочисленных установках малой и средней мощности. Среди них следует отметить одну из первых в мире коммерческих установок ТЭС Cool Water, построенную в Калифорнии (США) в 1984 г. В ходе ее эксплуатации (1984—89 гг.) по технологии “Техасо” осуществлялась внутри цикловая газификация пылевидного каменного угля (ВУС: вода/уголь = 0,4...0,6). Газификация проходила под давлением 4,22 МПа с использованием кислородного дутья. Электрическая мощностью ПГУ составила 117 МВт, в том числе 17 МВт — на производство кислорода, 6 МВт — на собственные нужды. Производительность газогенератора по углю составила 41 т/ч (по ВУС — 68,4 т/ч). На установке устойчиво производился газ с теплотой сгорания 10,4 МДж/нм<sup>3</sup>. Проведенные исследования послужили основой дальнейшего развития технологии “Техасо”.

Процесс проводят в потоке на кислородном дутье под высоким давлением с использованием в качестве топлива ВУС. ВУС образуют каменные угли (60—70 %) содержанием серы 2,5—3,5 %.

Основа установки — поточный газификатор, работающий при температуре 1320—1430 °С, давлении — от 3 до 4 МПа, на кислородном дутье (95 % чистоты), производимым специальной кислородной установкой. Подача реагирующей смеси (ВУС и кислорода) осуществляется в верхнюю часть реактора. Высокотемпературный среднекалорийный синтез-газ охлаждается в газификаторе в радиационном теплообменнике, где производится пар высокого давления. Радиационный теплообменник имеет около 4,88 м в диаметре, 30,48 м в длину и весит около 900 т.

Охлаждаясь в последнем, сырой синтез-газ из газификатора поступает в два параллельных конвективных теплообменника, где его температура снижается до 430 °С, дополнительно вырабатывая пар высокого давления.

Пыль и HCl удаляются в системе мокрой скрубберной очистки. Частично очищенный синтез-газ все еще содержит COS, который необходимо удалить для предотвращения образования SO<sub>2</sub>, что важно при использовании высокосернистых видов топлива. Для этих целей применяют систему очистки, где происходит реагирование COS с H<sub>2</sub>O в присутствии катализатора с образованием CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>S. После дополнительного охлаждения газ направляют в обычную систему очистки от H<sub>2</sub>S. Эффективность сероочистки составляет 98 %. Очищенный синтез-газ подают для сжигания на вход камеры сгорания ГТУ. Здесь он смешивается с 98%-м азотом, поступающим из установки по производству кислорода. Использование азота позволяет снизить температуру в камере сгорания газовой турбины, уменьшая образование NO<sub>x</sub>, а также повысить массовый расход через газовую турбину, увеличивая производительность ГТУ. Образующийся жидкий шлак со дна газификатора удаляется в водяную ванну, где затвердевает. Он может использоваться в строительной промышленности.

В процессе сероочистки применяют каталитический реактор для преобразования H<sub>2</sub>S в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, вырабатываемую в большом количестве для дальнейшего использования в химпроизводстве. Паровой цикл содержит котел-утилизатор, где отдают тепло отходящие из ГТУ газы. Этот и полученный при охлаждении стенок парогенератора пар подаются в ПТУ.

Процесс газификации угля Destec изначально разрабатывался компанией Dow Chemical в 1970-х годах для расширения топливной базы посредством перехода от использования природного газа на лигниты и другие угли. Экспериментальная проверка процесса происходила на пилотных установках. Наибольшая среди них — установка LGTI (электрическая мощность 160 МВт), запущенная в эксплуатацию в апреле 1987 г. в Луизиане (США). Опыт, накопленный в ходе ее работы (34 тыс.ч — с 1987 по 1995 г.), послужил основой дальнейшего развития процесса. В настоящее время указанная технология носит название E-Gas, а лицензия на ее использование принадлежит компании Global Energy Inc.

Процесс проводят в потоке на кислородном дутье под высоким давлением с использованием в качестве топлива ВУС. Особенность процесса — его двухстадийный характер. В качестве топлива использовали каменные угли с максимальным содержанием серы до 5,9 % (на сухую массу), а также нефтяной кокс и его смеси с углем.

Основа установки — двухстадийный поточный газификатор с жидким шлакоудалением, работающий при температуре 1371 °С, давлении 2,75 МПа на кислородном дутье (95 % чистоты), производимом специальной кислородной установкой.

Первая стадия процесса E-Gas (Destec Coal Gasification) проходит при температуре 1371 °С и давлении 2,75 МПа. Достижимый уровень температур зависит от используемого топлива. ВУС (уголь/вода = 60/40 %) подается в нижнюю часть газификатора, смешиваясь с чистым (95 %) кислородом, производимым специальной установкой. Происходит частичное окисление угля, обеспечивая теплом процесс газификации. Образующийся на первой стадии шлак удаляется в водяную ванну и затем используется в строительном производстве.

Неочищенный синтез-газ поступает в верхнюю футерованную часть реактора, куда дополнительно вводится ВУС. Здесь же происходит ее реагирование с синтез-газом, образовавшимся на первой стадии процесса. На второй стадии теплота сгорания синтез-газа увеличивается, а протекающие эндотермические реакции приводят к его охлаждению до температуры около 1038 °С. Использование второй стадии процесса для повышения теплоты сгорания и охлаждения сырого синтез-газа позволяет не устанавливать крупногабаритный радиационный теплообменник, присутствующий в газификаторе по технологии “Техасо”.

С выхода газификатора синтез-газ поступает в теплообменник, где производит пар для ПТУ, а затем идет в систему горячей очистки на основе керамического фильтра, откуда унос и коксовые частицы вновь возвращаются на первую стадию процесса. Произведенный синтез-газ, состоящий в основном из CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>, а также небольшого количества CH<sub>4</sub>, COS, H<sub>2</sub>S и NH<sub>3</sub>, поступает в систему сероочистки. Перед удалением H<sub>2</sub>S его охлаждают до температуры около 38 °С. Охлаждение синтез-газа в теплообменниках сопровождается конденсацией воды. Конденсат, содержащий NH<sub>3</sub> и немного H<sub>2</sub>S и CO<sub>2</sub>, поступает в систему водоочистки. Удаление H<sub>2</sub>S проводят с использованием раствора метилдиэтаноламина.

Очищенный синтез-газ подогревается в теплообменнике, увлажняется паром для снижения выбросов NO<sub>x</sub> и поступает на вход камеры сгорания ГТУ, где сжигается при температуре 1222 °С. Отходящие газы поступают в котел-утилизатор для производства пара высокого давления.

Электрическая мощность ПГУ составляет 296 МВт (брутто), в том числе ГТУ (GE MS 7001 ГА) — 192 МВт, ПТУ — 104 МВт, мощность (нетто) — 262 МВт, на собственные нужды — 34 МВт, КПД процесса — 39,7 % на угле и 40,2 % на нефтяном коксе (по высшей теплоте сгорания). Производительность по углю — 2544 т/сут. Выбросы NO<sub>x</sub> - менее 64 мг/МДж, SO<sub>2</sub> — менее 43 мг/МДж. Связывание серы превышает 97 %.

Газификация топлива в потоке по методу “Shell” происходит следующим образом. Пылевидный сухой уголь с размером частиц менее 100 мкм (90 %) газифицируется в потоке при температуре 1450—1750 °С и давлении 3,1 МПа. Сухая подача угля обеспечивает высокие показатели эффективности процесса. Поток создается расположенными друг напротив друга горелками, использующими кислородное дутье с добавкой пара. Использование кислородного дутья (95 % чистоты) и интенсивное смешение реагентов (угля, подогретых кислорода и пара) создает благоприятные условия для высокотемпературного турбулентного массообмена, что обеспечивает высокую скорость реакций и степень конверсии топлива за малое время их пребывания в реакторе. Получаемый синтез-газ состоит в основном из H<sub>2</sub> и CO<sub>x</sub> а также следов метана и практически не содержит высших углеводородов.

Стенки реакционной зоны газификатора защищены мембранными радиационными поверхностями, в которых генерируется пар среднего давления.

Шлак в жидком состоянии стекает по мембранным поверхностям в нижнюю часть реактора, где охлаждается в водяной ванне.

Сырой синтез-газ и летучая зола покидают газификатор при температуре около 1400—1700 °С. Перед поступлением в теплообменник синтез-газ разбавляют рециркулируемым синтез-газом, очищенным от частиц, и охлаждают до 900 °С. Система горячей очистки синтез-газа работает при температуре порядка 400 °С. Около 95 % уловленного уноса возвращается в газификатор, повышая степень конверсии топлива. Сырой синтез-газ с запыленностью менее 5 мг/нм<sup>3</sup> поступает в скрубберную систему очистки водой от NH<sub>3</sub>. Происходит гидролиз HCN и COS в каталитическом реакторе. Для удаления соединений серы используется аминоселективный сольвент. Соединения серы перерабатываются в процессе Клауса в элементную серу. Для производства пара в цикле используется котел-утилизатор, где отдают тепло отходящие из ГТУ газы.

Процесс “Shell” стал основой одного из крупнейших в Европе проектов ПГУ на ТЭС Buggenum (Нидерланды). Электрическая мощность установки — 253 МВт (нетто). КПД процесса — около 46 %. Используемые угли — El Cerréjon и др. Пуск ПГУ произошел в 1993 г. Выбросы вредных веществ: SO<sub>x</sub> — менее 37 мг/нм<sup>3</sup> (6 % O<sub>2</sub>), NO<sub>x</sub> — менее 130 мг/нм<sup>3</sup> (6 % O<sub>2</sub>).

Процесс газификации угля “Prenflo” разработан фирмой Krupp Koppers и реализован в августе 1988 г. на демонстрационной установке в г. Фюрстенхаузен (Германия). Он основан на усовершенствовании промышленного процесса “Koppers”—“Totzek” и предназначен для применения в ПГУ ТЭС. Сырьем служит уголь, который подвергают газификации под давлением 2,5 МПа с высокой степенью конверсии углерода.

При газификации каменных углей и лигнитов содержание мелких частиц (< 0,1 мм) составляло 90 и 75 %, а влажность 2 и 10 % соответственно.

Процесс газификации основан на частичном окислении угля в кислородной среде или смеси кислорода и водяного пара. Особенности процесса — отсутствие радиационных поверхностей производства пара в реакторе, встречное расположение горелок в нижней части газификатора и наличие пережима — в верхней. Пылегазовый поток направлен снизу вверх. Температура в зоне горения достигает 2020 °С, а на выходе из газогенератора — 1450—1650 °С. Жидкий шлак отводят из нижней части газогенератора в коллектор, где его охлаждают в водяной бане и подвергают дроблению, а затем передают в накопитель гранулированного шлака. Производительность установки по углю составила 45 т/сут, по газу — 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Эксплуатация установки в течение более чем 6500 ч показала, что результаты газификации приближаются к теоретически возможным верхним пределам.

Полученные данные на пилотных установках подтвердили целесообразность строительства крупномасштабной демонстрационной установки.

Поскольку процесс предназначен для ТЭС с комбинированным циклом, рабочее давление в газификаторе определяется исходя из параметров газовой турбины и цикла в целом. На производство пара расходуется 10 % энергии загружаемого топлива.

На установке удалось достичь степень конверсии углерода 98,5—99,3 %, содержания СО и Н<sub>2</sub> в газе — от 87 до 97 %.

Эксперименты по определению влияния степени чистоты кислорода на процесс высокотемпературной газификации показали, что экономический оптимум не

требует использования высокочистого кислорода (возможно использование кислорода чистотой 85-90 %).

Один из крупнейших проектов газификации угля в потоке по методу “Prenflo” — проект ПГУ, осуществляемый концерном европейских компаний в г. Пуэртольяно (Испания). Проектная электрическая мощность ПГУ составляет 335 МВт (300 МВт нетто), в том числе ГТУ — 190 МВт, ПТУ — 145 МВт, ожидаемый КПД (нетто) — 45 %. В качестве топлива используют смеси (50/50 %) местных углей с нефтяным коксом, а также каменные угли. Предварительно измельченное и подсушенное топливо подается в газогенератор в сухом виде. Производительность газогенератора по топливу — 2600 т/сут. Используется кислородное дутье (85 % чистоты). Произведенный неочищенный газ разбавляется на выходе из газификатора очищенным подогретым газом и затем охлаждается в теплообменниках высокого и среднего давления котла-утилизатора примерно до 235 °С. После чего газ очищается от пыли в двух керамических фильтрах, спроектированных LLB. Практически вся летучая зола вновь возвращается на горелки газификатора. В скрубберной системе происходит дальнейшая очистка от остаточной пыли, галогенов и щелочей при температуре около 125 °С. Полная очистка синтез-газа предполагает также удаление COS и H<sub>2</sub>S. Очищенный синтез-газ содержит более чем 80 % H<sub>2</sub>+CO и имеет низшую теплоту сгорания около 10 МДж/м<sup>3</sup>. Ожидаемые выбросы вредных веществ (в мг/нм<sup>3</sup>): SO<sub>x</sub> — менее 25 (6 % O<sub>2</sub>), NO<sub>x</sub> — менее 150 (6 % O<sub>2</sub>), пыли — менее 3 [5].

Газификация угля в расплаве солей или железа производится в аппаратах, работающих как на кислородном, так и на воздушном дутье. Этот способ газификации угля отличается от других способов жесткими требованиями к обеспечению температурного уровня ванны расплава. Такие установки могут работать лишь в базисном режиме. Из-за высокой температуры процесса необходима глубокая очистка полученных газов от соединений серы и азота.

На практике в экспериментальном и пилотном масштабе реализованы методы газификации “Molten Salt”, “Pat Gas”, “Mak-shutte-KHD”, “Sumitomo”, “Gumbolt-process”, “AT-Gas”, “Klok-nerp”.

В ЮАР в г. Претория пущена в эксплуатацию фирмой ICOR на заводе установка, на которой реализован процесс “Копекс”, представляющий собой комбинацию газификации угля, производства горячего металла, аналогичного по составу доменному чугуна, а также чистого газа, пригодного для различных целей. Установка эксплуатируется более двух лет, и в первый год была достигнута номинальная производительность по перерабатываемому углю — 300 тыс. т в год. На установке получали 43 т/ч металла с температурой 1470 °С, при расходах 1520 кг руды, 1050 кг кокса, 360 кг добавок и 540 нм<sup>3</sup> кислорода на 1 т горячего металла. При этом на выходе из установки получали 0,46 т шлака, 1650 нм<sup>3</sup> газа на 1 т горячего металла. Состав получаемого газа, %: CO — 45, CO<sub>2</sub> — 32, H<sub>2</sub> — 16, H<sub>2</sub>O — 2, H<sub>2</sub>S — 0,005; угольной пыли — до 10 мг/нм<sup>3</sup>. В случае комбинированного процесса с получением горячего металла и электроэнергии при выплавке 2000 т/сут горячего металла в процессе “Копекс” можно производить около 100 МВт электроэнергии.

**Процесс газификации угля “Копекс” осуществляется следующим образом.** Руда, уголь и добавки из бункерной шлюзовой системы подают в верхнюю часть газогенератора, где уголь сушится и газифицируется при температуре 1100 °С. Образующийся коксовый остаток поступает в нижнюю часть, где идет газификация в ПКС на кислородном дутье и плавка металла при температуре 1600—1700 °С. Образующийся в этой зоне восстановительный газ, который содержит 95 % CO и H<sub>2</sub>,

смешивается с охлаждающим газом при температуре 800—850 °С. В горячем циклоне газ очищается от крупных твердых частиц, затем разделяется на два потока. Один поток охлаждается в скруббере Вентури и используется в качестве охлаждающего газа, а второй — поступает в зону восстановления руды. Каждые 3 часа производится выдача горячего металла и шлака.

До настоящего времени в Европе и США не было информации о широкомасштабных демонстрационных проектах ПГУ с внутрицикловой газификацией угля в расплаве солей и железа. Последнее обусловлено сложностями с подбором материалов для фурм и горелочных устройств, трудностями регулирования процесса на пилотных установках. В связи с чем подобные работы с начала 1990-х годов были прекращены в Швеции и Японии.

Несмотря на указанные сложности, а также возможности работы установок только в стационарных режимах, данная технология может представлять интерес для низкорекреационных высокотемпературных видов топлива, что требует, однако, дополнительных детальных разработок.

В связи с отсутствием материалов о демонстрационных проектах ПГУ с внутрицикловой газификацией угля в расплаве преимущества и недостатки таких технологий для теплоэнергетики в настоящее время не могут быть оценены.

В настоящее время внедрение технологий газификации твердых топлив и конкретно угля должно являться одним из важнейших направлений развития энергетики. Сочетание в комбинированных циклах преимуществ парового и газотурбинного позволяет достичь значительных КПД (нетто) таких станций — до 46-48 %. Станции с внутрицикловой газификацией угля обладают одними из наилучших экологических показателей работы. В мировой практике крупномасштабные газификационные энергоблоки, как правило, используют каменные и бурые угли малой и средней зольности ( $A^d \approx 10...20 \%$ ) [4]. Хотя капитальные затраты на их строительство значительны и превышают затраты для другого рода энергоблоков сравнимой мощности, в долгосрочной перспективе строительство ПГУ с использованием методов газификации угля выглядит более привлекательно как с экономической, так и с экологической точки зрения.

Несмотря на то, что в мире уже давно разработано, испытано и введено достаточно большое количество ПГУ с газификацией твердых топлив, в нашей стране данное направление слабо развито.

Сегодня в мире существует около 160 проектов, находящихся на стадии разработки и внедрения, в рамках которых предполагается строительство 410 газификаторов общей тепловой мощностью по синтез-газу выше 60000 МВт. При использовании синтез-газа для выработки электроэнергии в комбинированном газификационном цикле эти значения будут соответствовать электрической мощности 33000 МВт. На начало 2001 г. насчитывалось около 130 ПГУ с газификацией топлива, находящихся на стадии эксплуатации и строительства, общая установленная тепловая мощность которых была около 43000 МВт. В настоящее время наблюдается прирост газификационной тепловой мощности на уровне 3000 МВт в год по синтез-газу, или около 7 % их общей установленной мощности [3].

Дальнейшее развитие связывают в основном с методами газификации угля в потоке, кипящем и реже плотном слое. Намечившиеся тенденции в развитии технологий определяют будущую роль парогазовых установок с газификацией топлива как одних из главных поставщиков электроэнергии, ресурсов для синтеза ценных химических продуктов на основе получаемого синтез-газа.

Основные преимущества технологий газификации твердого топлива:

- высокие значения КПД (46—48 % по высшей теплоте сгорания, а при когенерации и более 90 %);
- широкий диапазон используемых видов топлива, в том числе дешевых низкокачественных;
- низкие выбросы вредных веществ  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_x$ ;
- возможность использования синтез-газов для производства синтетических видов топлива и других веществ на их основе, а также шлаков в строительной промышленности.

#### Список литературы:

1. Информационный сайт Википедия [Электронный ресурс].- Режим доступа <http://ru.wikipedia.org>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Информационный сайт «Энергетика. ТЭС и АЭС» [Электронный ресурс].- Режим доступа <http://tesiaes.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Попов А.В., Рыжков А.Ф., Силин В. Е., Богатова Т.Ф. Совершенствование газогенераторного процесса для ПГУ-Т // Технологии эффективного и экологически чистого использования угля: Сб. докладов международной научно-технической конференции. М.: ОАО «ВТИ», 2009. С. 213-219.
4. Попов А.В., Силин В.Е., Рыжков А.Ф., Рыжков О.И. Эффективность технологической части ПГУ-Т // Проблемы газодинамики и теплообмена в аэрокосмических технологиях: Сб. трудов XVII Школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством акад. РАН А.М. Леонтьева. Г. Жуковский, 2009 г. С. 116-117.
5. Рыжков А.Ф., Богатова Т. Ф., Рыжков О. И. Перспективы развития ПГУ на твердом топливе // Технологии эффективного и экологически чистого использования угля: Сб. докладов международной научно-технической конференции. М.: ОАО «ВТИ», 2009. С. 195-204.

### Ядерная энергетика в современном мире

Мазаев Д.

[dmitry1996mazaev@yandex.ru](mailto:dmitry1996mazaev@yandex.ru)

*Научный руководитель: Злобина И.В. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»*

Ядерная энергетика - это отрасль энергетики, занимающаяся производством электрической и тепловой энергии путём преобразования ядерной энергии. Обычно для получения ядерной энергии используют цепную ядерную реакцию деления ядер урана-235 или плутония. Ядра делятся при попадании в них нейтрона, при этом получаются новые нейтроны и осколки деления. Нейтроны деления и осколки деления обладают большой кинетической энергией. В результате столкновений осколков с другими атомами эта кинетическая энергия быстро преобразуется в тепло. Хотя в любой области энергетики первичным источником является ядерная энергия (например, энергия солнечных ядерных реакций в гидроэлектростанциях и

электростанциях, работающих на органическом топливе, энергия радиоактивного распада в геотермальных электростанциях), к ядерной энергетике относится лишь использование управляемых реакций в ядерных реакторах.

За 40 лет развития атомной энергетики в мире построено около 400 энергоблоков в 26 странах мира с суммарной энергетической мощностью около 300 млн. кВт. Основными преимуществами атомной энергетики являются высокая конечная рентабельность и отсутствие выбросов в атмосферу продуктов сгорания с этой точки зрения она может рассматриваться как экологически чистая, основными недостатками потенциальная опасность радиоактивного заражения окружающей среды продуктами деления ядерного топлива при аварии типа Чернобыльской или на американской станции Тримайл Айленд и проблема переработки использованного ядерного топлива.

Рентабельность атомной энергетики складывается из нескольких составляющих. Одна из них независимость от транспортировки топлива. Если для электростанции мощностью 1 млн. кВт требуется в год около 2 млн. т.у.т. или около 5 млн. низкосортного угля, то для блока ВВЭР-1000 понадобится доставить не более 30 т. обогащенного урана, что практически сводит к нулю расходы на перевозку топлива на угольных станциях эти расходы составляют до 50 себестоимости. Использование ядерного топлива для производства энергии не требует кислорода и не сопровождается постоянным выбросом продуктов сгорания, что, соответственно, не потребует строительства сооружений для очистки выбросов в атмосферу. Города, находящиеся вблизи атомных станций, являются в основном экологически чистыми зелеными городами во всех странах мира, а если это не так, то это происходит из-за влияния других производств и объектов, расположенных на этой же территории. В этом отношении ТЭС дают совсем иную картину.

Анализ экологической ситуации в России показывает, что на долю ТЭС приходится более 25 всех вредных выбросов в атмосферу. Около 60 выбросов ТЭС приходится на европейскую часть и Урал, где экологическая нагрузка существенно превышает предельную. Наиболее тяжелая экологическая ситуация сложилась в Уральском, Центральном и Поволжском районах, где нагрузки, создаваемые выпадением серы и азота, в некоторых местах превышают критические в 2-2,5 раза.

Недостатком ядерной энергетики является потенциальная опасность радиоактивного заражения окружающей среды при тяжелых авариях типа Чернобыльской. Сейчас на АЭС, использующих реакторы типа Чернобыльского РБМК, приняты меры дополнительной безопасности, которые, по заключению Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), полностью исключают аварию подобной тяжести по мере выработки проектного ресурса такие реакторы должны быть заменены реакторами нового поколения повышенной безопасности.

Тем не менее в общественном мнении перелом по отношению к безопасному использованию атомной энергии пока не произошел. Проблема утилизации радиоактивных отходов стоит очень остро для всего мирового сообщества. Сейчас уже существуют методы остекловывания, битумирования и цементирования радиоактивных отходов АЭС, но требуются территории для сооружения могильников, куда будут помещаться эти отходы на вечное хранение. Страны с малой территорией и большой плотностью населения испытывают серьезные трудности при решении этой проблемы.

**Список литературы:**



1. <http://nuclearpeace.jimdo.com/радиоактивное-заражение/атомная-энергетика/>,  
<http://allrefs.net/c29/13dz2/p2/> [дата обращения 30.03.2015 г.]
2. Кириллин В. А. Энергетика. Главные проблемы: В вопросах и ответах / В.А. Кириллин - М. : Знание, 2007. - 128 с.

### **Переход от интенсивности отказа к интенсивности повреждаемости**

Москалёв И.Л.  
moskalew@tpu.ru

*Научный руководитель: Литвак В.В., д.т.н, профессор НИ ТПУ*

Целью настоящей работы является создание модели, с помощью которой можно рассчитать ресурс участка, срок назначенного планового ремонта и общую очередность ремонта участков. Причем очередность определяется в соответствии с теорией массового обслуживания.

Определение показателей надежности тепловой сети (ТС) представляет собой практическую производственную задачу, решаемую с помощью несложных параметрических выражений. На сегодняшний день в различной нормативной документации [1-8] для оценки надежности ТС рекомендуется выполнять расчет следующих характеристик:

- вероятность безотказной работы сети;
- вероятность отказов;
- параметр потока отказов;
- среднее время безотказной работы;
- среднее время восстановления (ремонта) сети.

Как видно, все характеристики базируются на понятие отказ. Под понятием отказ согласно [9] понимают событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния элемента ТС или ТС в целом. Однако, это понятие является узким, оно не включает в себя те дефекты, которые выявляются и устраняются в летнюю ремонтную компанию.

В настоящее время в большинстве городов РФ в качестве повышения надежности системы теплоснабжения принято считать отбраковку в летний период ослабленных коррозией участков теплосети, которая производится путем гидравлического испытания отдельных участков трубопроводов при повышенном давлении.

Анализ количества дефектов по годам (рисунок 1) для рассматриваемой группы представленной в [10], показал, что основной процент дефектов ТС выявляется в период летних испытаний.

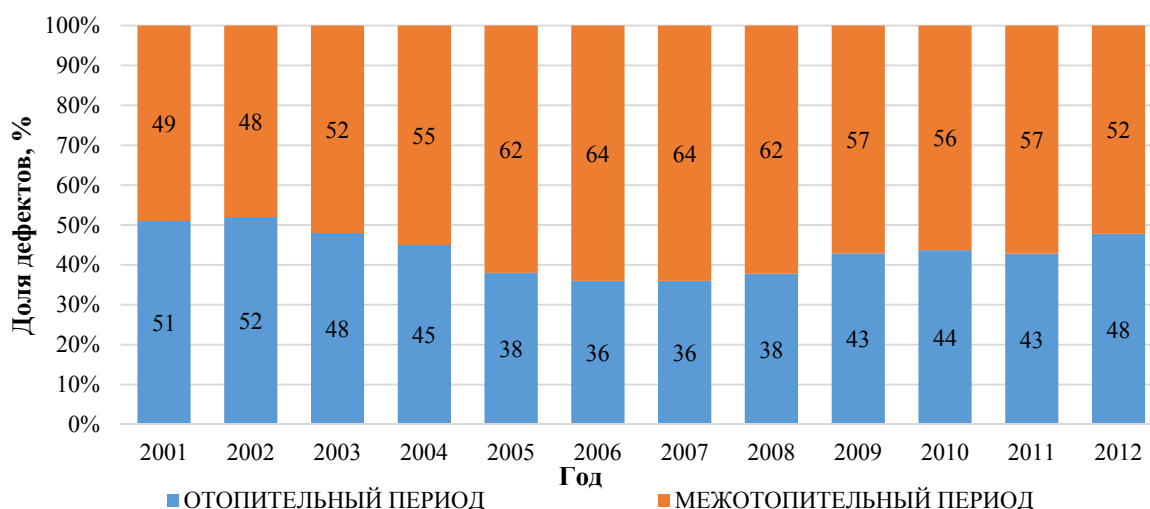


Рисунок 1. Распределение дефектов по периодам устранения, %

Причем, на практике оказывается, что доля дефектов летней ремонтной компании достигает 80 % от суммарного количества годовых повреждений. На наш взгляд следующие два фактора накладывают основное искажение данных представленных на рисунке 1:

1. Ежегодный рост повреждаемости тепловых сетей (рисунок 2), и как следствие – требуется больше времени и материалов на устранение данных дефектов, что зачастую связано с некачественным ремонтом в силу отсутствия дополнительного финансирования и специалистов. Некачественный ремонт ведет к появлению повреждений в отопительный период в тех мест, где несколькими месяцами ранее уже производились ремонтно-восстановительные работы.

2. Запуск системы отопления происходит на «дырах», следовательно, повреждения, полученные в летнюю ремонтную компанию, попадают в статистику отопительного периода.

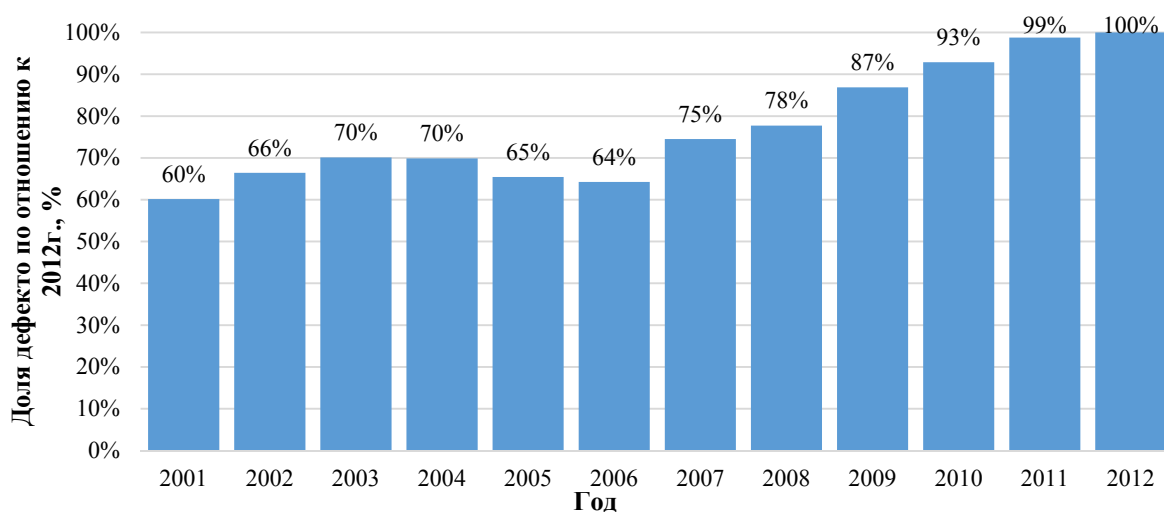


Рисунок 2. Доля устраненных дефектов по отношению к базовому году (2012 г.)

Поэтому для получения полной и действительно достоверной картины нами рекомендуется использовать характеристики, которые базируются не на отказах, а на дефектах.

#### **Список литературы:**

1. Надежность технических систем: Справочник / Под ред. И.А. Ушакова. - М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.
2. Такайшвили М.К., Хасилев В.Я. Об основах методики расчета и резервирования тепловых сетей //Теплоэнергетика. - 1972. - №4. - С. 14-19.
3. Ионин А.А. Надежность систем тепловых сетей. - М.: Стройиздат, 1989. - 265 с.
4. Кучев В.А. Повышение надежности теплоснабжающих систем на базе совершенствования процессов восстановления теплоснабжения при отказах теплопроводов// Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. - 1988. - №3. - С. 38-45.
5. Вариант структуры, состава и численных значений нормативов надежности теплоснабжающих систем/ Б.Н. Громов, В.А. Кучев, Е.В. Сеннова и др. //Метод. вопр. исследования надежности больших систем энергетики. Вып. 37. - Киев, 1990. - С. 155-167.
6. Надежность систем энергетики и их оборудования: Справочное издание в 4 т. под ред. акад. Ю.Н. Руденко. Т. 4 Надежность систем теплоснабжения / Е.В. Сеннова, А.В. Смирнов, А.А. Ионин и др. - Новосибирск: Наука, 2000 г. – 351 с.
7. Гнеденко В.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. – М.: Наука. – 1965. – 524 с.
8. Барлоу Р., Прошан Ф. Статистическая теория надежности и испытания на безотказность. – М.: Наука. – 1984. – 328 с.
9. ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике».
10. Анализ повреждаемости основных узлов системы теплоснабжения// Международная молодёжная научно-техническая конференция «Электроэнергетика глазами молодежи - 2014», Томск, 10-14 ноября 2014-Томск.
11. СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети». -М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004.

#### **Перспективы развития атомных электростанций**

Новокшенов С.О., Алексеев Д.А.

[irinka\\_7@mail.ru](mailto:irinka_7@mail.ru)

*Научные руководители: Злобина И.В., Мирошкин А.Г. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»*

В настоящее время значительное внимание уделяется разработке альтернативных источников энергии, однако традиционные методы получения энергии также имеют ряд положительных черт, о которых необходимо помнить, так как именно эти способы фактически находятся на службе у человечества [1].

Наиболее распространенным примером в данном случае являются атомные электростанции (АЭС).

Главным преимуществом АЭС перед любыми другими электростанциями является их практическая независимость от источников топлива, т.е. удаленности от месторождений урана и радиохимических заводов. Энергетический эквивалент ядерного топлива в миллионы раз больше, чем органического топлива, и поэтому, в отличие, скажем, от угля, расходы на его перевозку ничтожны. Это особенно важно для европейской части России, где доставка угля из Кузбасса и Сибири слишком дорога.

Отличительной чертой АЭС является ее относительная экологическая чистота - на них отсутствуют выбросы вредных веществ, как например, на теплоэлектростанциях.

Главным недостатком АЭС являются тяжелые последствия аварий в реакторном отделении с его разгерметизацией и выбросом радиоактивных веществ в атмосферу с заражением громадных пространств, достаточно вспомнить аварию на Чернобыльской АЭС. Для исключения таких аварий АЭС оборудуется сложнейшими системами безопасности с многократными запасами и резервированием, обеспечивающими даже в случае так называемой максимальной проектной аварии (местный полный поперечный разрыв трубопровода циркуляционного контура в реакторном отделении) исключение расплавления активной зоны и ее расхолаживание. Для обеспечения радиационной безопасности АЭС оборудуют специальной приточно-вытяжной системой вентиляции, сложность которой не идет ни в какое сравнение с вентиляционной системой ТЭС. Если для последней основной задачей является поддержание только санитарно-технических норм, то вентиляционная система АЭС, кроме решения названной задачи должна решать проблему радиационной безопасности. Для этого АЭС оборудуется системой определенного направленного движения воздуха из зон с малым радиоактивным загрязнением в так называемые необслуживаемые помещения с высоким уровнем радиации (вплоть до создания в таких помещениях разрежения). В конечном счете все вентиляционные потоки поступают к дезактивационным фильтрам и затем к вентиляционной трубе высотой не менее 100 м [1,2].

Серьезной проблемой для АЭС является их ликвидация после выработки ресурса, которая по оценкам может составлять до 20 % стоимости их строительства.

АЭС в силу ряда технических причин не могут работать в маневренных режимах, т.е. участвовать в покрытии переменной части графика электрической нагрузки. Конечно, из-за высокой стоимости АЭС должны работать с максимальной нагрузкой. Но при их высокой доле в установленной мощности отдельных объединенных энергосистем и при больших неравномерностях графика суточной и недельной нагрузки, возникает необходимость быстрых нагруженных и разгруженных АЭС, которые для них крайне нежелательны [2].

#### **Список литературы:**

1. Кириллин В.А. Энергетика. Главные проблемы: В вопросах и ответах / В.А. Кириллин – М. : Знание, 2007. – 128 с.
2. Юдасин Л.С. Энергетика: проблемы и надежды / Л.С. Юдасин – М. : Просвещение, 2000. – 207с.

## Ресурсная база альтернативных источников энергии

Ноздренёв В.Н., Буданов С.А., Сахно Я.И.

[vnuckboiko@yandex.ru](mailto:vnuckboiko@yandex.ru)

*Научный руководитель: Злобина И.В. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»*

Энергия – это движущая сила любого производства. Человечество стоит перед дилеммой: с одной стороны, без энергии нельзя обеспечить благополучия людей, а с другой – сохранение существующих темпов ее производства и потребления может привести к разрушению окружающей среды, серьезному ущербу здоровью человека. Сегодня около половины мирового энергобаланса приходится на долю нефти, около трети – на долю газа и атома и около одной пятой – на долю угля. На все остальные источники энергии остается всего несколько процентов. Совершенно очевидно, что без тепловых и атомных электростанций на современном этапе человечество обойтись не в состоянии.

Однако интерес представляют альтернативные источники энергии. К ним относятся уже существующие источники энергии, использующие энергию Солнца, ветра, приливов и отливов, морских волн, внутреннее тепло планеты [1].

Ведущим экологически чистым источником энергии является Солнце. Ведутся работы по созданию солнечных электростанций, по использованию солнечной энергии для отопления домов и т.д. Практическое применение находят солнечные полупроводниковые батареи, позволяющие непосредственно превращать солнечную энергию в электрическую.

Самым разрабатываемым «топливом будущего» на данный момент является водород. При его окислении образуется как побочный продукт вода, из которой также можно получать водород. Возможно использование водорода и для осуществления термоядерного синтеза, обеспечивающего нас «солнечной» энергией.

Мощным источником водных потоков являются приливы и отливы. Продумана даже стратегия оптимальной эксплуатации приливной электростанции (ПЭС): накапливать воду в водохранилище за плотиной во время приливов и расходовать ее на производство электроэнергии, когда наступает «пик потребления» в единых энергосистемах, ослабляя тем самым нагрузку на другие электростанции [2].

Главной проблемой современной энергетики является не истощение минеральных ресурсов, а угрожающая экологическая обстановка: еще задолго до того, как будут использованы все мыслимые ресурсы, разразится экологическая катастрофа, которая превратит Землю в планету, совершенно не приспособленную для жизни человека [2].

### **Список литературы:**

1. Мировая энергетика: прогноз развития до 2020 г./ пер. с англ. под ред. Ю. Н. Старшикова. – М. : Энергия, 2005. – 256 с.
2. Нетрадиционные источники энергии. – М. : Знание, 2003. – 120 с.

## **Система автономного освещения с использованием ветрогенератора «Ветросвет»**

Ракина А.А., Угай Е.В.  
[rapollinariya@gmail.com](mailto:rapollinariya@gmail.com)

*Научный руководитель: старший преподаватель кафедры теоретической и экспериментальной физики, Чернов А.В., Томский политехнический университет*

Сегодня наблюдается значительное расширение частной застройки вблизи города Томска. Все большее число жителей города предпочитает жизнь в собственном доме покупке квартир. Чистый воздух, близость к природе, тишина и наличие сада, где можно выращивать натуральные, полезные для здоровья продукты, - немногие из причин, по которым указанная тенденция имеет место быть. Однако не требует доказательств тот факт, что местная инфраструктура развита в пригородских территориях крайне плохо: нет школ и детских садов, есть проблемы с качеством дорожного полотна, обеспечением электроэнергией, газом. В частности, недостаток освещения улиц и мест релаксации является действительно актуальной проблемой.

Поселок Просторный располагается в четырех километрах от черты города, в нем проживает более 1000 человек, не менее 200 из которых являются детьми дошкольного и младшего школьного возраста. В центре поселка располагается детская площадка, оборудованная качелями и иными спортивными снарядами. Площадка не оснащена системой освещения, потому пользоваться ей вечером, особенно зимой, когда темнеет в 17-18 часов, невозможно. Освещение не стоит в бюджетных планах на ближайшие пять лет.

Студентами НИ ТПУ, обучающимися по траектории Элитного технического образования разработан данный проект, позволяющий решить описанную проблему. Освещение, согласно проекту, будет осуществляться за счет установки на снаряды ветрогенераторов, соединенных с диодными лампами. За день в аккумуляторе накапливается энергия, достаточная для 4-5 часов непрерывного свечения лампы (именно столько времени нужно освещать площадку: с 17:00 до 23:00). При наступлении темноты фоторезистор включает лампу - площадка освещена.

Проект одобрен местной администрацией и выполняется при поддержке специалистов НИ ТПУ, «Хобби-центр Томск» и грантов госкорпорации «Газпром».

Помимо главной проблемы - неосвещенность детской площадки, которую необходимо решить в кратчайшие сроки, есть не менее важный фактор, отражающий актуальность проекта. Альтернативная энергетика применяется во всех развитых странах мира, как в промышленных масштабах, так и в частном порядке людьми, стремящимся к экономии средств и экологической безопасности своего региона. Во многом такой бурный интерес обусловлен исчерпаемостью основных источников энергии-нефти и газа. В нашей стране, к сожалению, мало внимания уделяется популяризации «чистой» энергии, и, следовательно, ее развитие идет крайне медленно. Чтобы не отставать от стран Европы и Америки в этом вопросе, необходимо готовить специалистов в данной области, для чего

нужно, как минимум заинтересовать население, объяснить и показать, как функционируют установки. Поэтому такие проекты как «Ветросвет» актуальны именно сейчас, в эпоху зарождения альтернативной энергетики в России.

Новизна проекта заключается в уникальности области приложения энергии, генерируемой ветром, определении и подборе параметров, отвечающих безопасности, комфорту и соотношению затрат и выдаваемого результата. Решение вопросов о применимости существующих моделей для детских игровых площадок.

Цель: Обеспечить детскую площадку поселка Просторный (г. Томск, Томская область) функционирующей системой автономного освещения, использующую в качестве источника энергии энергию ветра, путем установки четырех аппаратов, разработанных студентами Национального исследовательского Томского политехнического университета (далее НИ ТПУ).

Задачи:

1) Проанализировать текущее состояние объекта (детской площадки). Определить технические и нормативно-правовые требования к проектируемой системе освещения.

2) Разработать концепт аппарата с использованием доступных источников информации, организовать консультации со специалистами. Определить список необходимых материалов. Составить смету.

3) Осуществить оплату, получение и доставку материалов.

4) Собрать опытный образец, провести испытания модели в полевых условиях.

5) Собрать четыре аппарата, готовые к монтажу и использованию.

6) Установить аппараты на месте постоянной эксплуатации. Провести отладку системы.

7) Осуществить обратную связь с целью определения эффективности системы за счет проведения социологического опроса среди посетителей детской площадки и при помощи специальных измерений.

Таблица 1. Рабочий план реализации проекта

Мероприятие (этап)
Анализ текущего состояния объекта
Разработка концепт аппарата
Составление сметы проекта
Закупка материалов
Создание рабочей модели
Анализ рабочей модели
Сборка аппаратов
Полевые испытания аппаратов
Монтаж системы
Анализ и отладка системы
Проведение социологического опроса

Общая продолжительность реализации - 3 месяца

Участники создания, разработки, внедрения, реализации проекта: Голосов Сергей, Брыткова Дарья, Почуфаров Антон, Ракина Аполлинария, Черных Татьяна, Муконина Наталья, Ястребов Тимур, Петров Илья, Кравец Александр, Ан Юлиан, Богрова Ксения, Сергеева Наталья, Митюхина Екатерина, Цыганков Сергей, Угай Евгения, Молдабеков Абай.

Таблица 2. Смета проекта

№	Наименование	Цена за шт., руб.	Количество, шт.
1	Аккумуляторная батарея/аккумулятор General Security GS 7-12	380	4
2	Лампа светодиодная KOSMOS premium LED MR16/ст. 5Вт 12В GU5.3 4500K Космос KLED5wMR16GU5.312v45	300	4
3	Контроллер заряда EPSolar LS0512R 12В 5А	1600	4
4	Лист алюминиевый АМГ1561	930	2
5	Труба ПВХ 160*2000	430	2
6	Прочие расходы	2000	
Итого		13840	

Основная целевая аудитория проекта - дети дошкольного и младшего школьного возраста, проживающие в поселке Просторный, а также их родители. Впоследствии планируется работать с жителями отдаленных районов Томской области, в частности, со школьниками. Также, образовательный потенциал проекта, те знания и навыки, которые получаемые студентами в период реализации проекта, позволяют внести и их в целевую группу.

Разработка проекта проходит в рамках курса "Введение в инженерное изобретательство" программы Элитного технического образования НИ ТПУ, потому одна из частей системы мотивации - выполнение академических обязанностей. Особенно важными мотивирующими факторами являются перспектива приобретения профессиональных знаний и навыков, необходимых для дальнейшей исследовательской и производственной деятельности. Также, возможность участия в конкурсах и конференциях различного уровня делает реализацию проекта актуальной задачей. Однако основные цели, побуждающая к выполнению проекта,- желание помочь детям, не имеющим комфортных условий для игры, популяризация науки и инженерной деятельности среди подрастающего поколения.

Бюджет проекта и структура финансирования: отдел ЭТО НИ ТПУ предоставляет в рамках дисциплины "Введение в инженерное изобретательство" 14 000 рублей, а также проект финансируется по программе социальных инвестиций "Родные города".

Экономическая эффективность проекта: средняя стоимость маломощных ветряков 30000 рублей без монтажа и отладки. Установка двух фонарей стандартного уличного освещения обойдется по данным администрации в 100000 рублей. Мы же тратим 14000 рублей без монтажа.

Таблица 3. Ожидаемые результаты проекта

Качественные результаты	Количественные результаты	Метод фиксации
-------------------------	---------------------------	----------------



Разработана концепция функционирующего осветительного аппарата, работающего с использованием энергии ветра	Разработаны четыре пакета технической документации (чертежи, расчет, методические указания по сборке и монтажу)	Публикация на сайте проекта с закреплением авторских прав
Аппараты успешно установлены и функционируют	Установленные четыре аппарата освещают игровую зону детской площадки	Подтверждение от администрации п. Просторный, фоторепортаж видеосюжет
Получена обратная связь о проекте	Проведен социологический опрос путем распространения опросного листа среди жителей поселка через администрацию территориальной единицы	Анализ данных, документирование результата, публикация на сайте
Проект успешно презентован	Проведена публичная презентация в поселке; проект участвует в конкурсе «ENES», конференции «Ресурсоэффективным технологиям энергию и энтузиазм молодых» и «Ярмарке проектов ЭТО»	Фоторепортаж, видеосюжет опубликованы на сайте, тезисы работы опубликованы в сборниках конкурсов и конференций
Проект показывает допустимые результаты ресурсо- и энергоэффективности	Проведены подсчеты показателей для каждого аппарата и всей системы в целом	Результаты измерений и расчетов опубликованы на сайте и презентованы на публике

Расчетный эффект энергосбережения: планировалось получить стабильное свечение ламп в течение пяти часов в вечернее время. Лампы, при аналогичной освещенности (5 люксов), должны потреблять 84 Вт\*час энергии, в то время как фонарные лампы потребляют 250 Вт\*час. Причем в случае ветрогенератора энергия бесплатна.

Фактический эффект энергосбережения: получили стабильное свечение ламп в течение трех с половиной - четырех часов с момента наступления сумерек.

Качественный эффект энергосбережения: предполагается увеличение длительности свечения до пяти часов.

Простейший подсчет экономии финансов. В нашей системе 4 ветряка- 4 лампы:

Используем 4 светодиодные лампы мощностью 5 Вт/час

Потребляемая мощность – 20 Вт/час

Требуемая длительность свечения – 5 часов

Итоговая потребляемая мощность – 100 Вт

Стоимость 1 кВт/часа энергии на ноябрь 2014 года – 1,86 руб.

Стоимость 5 часов освещения 18 коп. (Для площадки с нашим «Ветросветом»)

Стандартная система освещения:

Используем 2 фонаря уличного освещения мощностью 250 Вт/час

Потребляемая мощность – 500Вт/час

Требуемая длительность свечения – 5 часов

Итоговая потребляемая мощность – 2,5 кВт

Стоимость 5 часов освещения 3,72 руб.

Экономия: 3,53 руб. в день, 1289, 91 рублей в год

В качестве результата, как оговаривалось ранее, предполагается не только создание самой системы аппаратов, но и документирование технологии. Таким образом, коммерциализация идеи быть может осуществлена через обучение технологии производства равно, как и через само производство. Поскольку и то, и другое требует участие создателей проекта (пусть путем проведения вебинаров), целевая аудитория должна находиться в непосредственной близости к городу Томску. Поэтому избранный рынок сбыта - Томская область. Мы производим небольшие аппараты ручной сборки, вырабатывающие небольшое количество энергии, потому стоит сделать основной акцент на образовательный потенциал проекта.

Как уже отмечалось, проблема недостатка энергии достаточно остра даже в пределах главного города области. В отдаленных районах ситуация еще критичнее. Жители этих мест нуждаются в ее улучшении уже сейчас и, как никто другой, осознают важность такой работы. Наша целевая аудитория – ученики старших классов районных школ, не обладающие доступом к достаточным образовательным ресурсам и учителя, стремящиеся повысить интерес к преподаваемому предмету. Ученики создают под руководством учителей и участников проекта собственную функционирующую установку, приобретая при этом полезные знания и навыки. Естественно, достаточно трудно наладить связь с бюджетными образовательными учреждениями, однако этот риск может быть снижен путем взаимодействия с университетами города Томска, которые проводят активную политику взаимодействия со школами. НИ ТПУ, например, работает уже сейчас более чем с двадцатью школами в трех районах Томской области в рамках программы социальных инвестиций «Родные города». Университет заинтересован в популяризации инженерной деятельности среди школьников, а это напрямую может быть осуществлено через работу над актуальными проектами. При относительной дешевизне установки, возможности заказа материалов через Интернет, а так же при наличии понятно и доступно изложенных инструкций, поставленная задача представляется осуществимой.

#### **Список литературы:**

1. Лаврус В.С. «Источники энергии» К.: НИТ 1997г.
2. Логинов В.Б., Новак Ю.И. Высокоэффективные ветроэнергетические установки / Проблемы машиностроения и автоматизации. 1995. №1-8.
3. Медведев Г.В. Ветроэнергетика региона.//Янтарьгосэнергонадзор. – 2001. - №3. – с.36,37
4. Огородников И.А., Огородников А.А. «На пути к устойчивому развитию: экодом. Сборник материалов» М.: Социально-экологический союз, 1998г.

## **Теория клеточных автоматов как метод описания процесса кристаллизации урана**

Сериков Д.А., Очоа Бикэ А.О.  
dmitrii\_serikov@mail.ru

***Научный руководитель: доктор технических наук Горюнов Алексей Германович, кафедра ЭАФУ ФТИ ТПУ***

*В данной работе рассматривается возможность применения теории клеточных автоматов к моделированию процесса кристаллизационного аффинажа нитрата уранила из азотнокислого раствора.*

*Представлено математическое описание модели, законы эволюции системы, а также текущие результаты работы модели.*

**Введение.** В данной работе описан первый этап синтеза модели процесса кристаллизационного аффинажа нитрата уранила из азотнокислого раствора с применением теории клеточных автоматов. Данный этап представляет собой разработку модели процесса кристаллизации в плоской гексагональной системе без учета ряда физических законов, а также части термодинамических свойств урана и его соединений, не оказывающих существенное влияние на достоверность протекания процесса. В данной работе рассматривается процесс роста кристалла в пересыщенном растворе без учета зародышеобразования.

Таким образом, модель представляет собой симулятор роста кристаллов в гексагональной плоской решетке с заранее определенными центрами кристаллизации, значениями концентраций азотной кислоты и урана, а также температурой раствора.

Цель работы – изучение и накопление информации о кристаллизационном аффинаже урана и его соединений для дальнейшего использования в методах выделения и очистки целевых продуктов при переработке облученного ядерного топлива.

Актуальность рассматриваемой проблемы определяется ориентацией современной российской атомной энергетики на технологию замкнутого ядерного цикла, которая подразумевает повторное использование отработанного ядерного топлива.

Принципиальной особенностью технологии переработки ОЯТ является его высокая радиоактивность, что требует организации биологической защиты для установок и высокого уровня автоматизации и контроля над процессами. Большинство технологических схем предполагает использование водных процессов (жидкостная экстракция, ионообменная сорбционная технология), в которых реагенты в значительной мере подвержены радиационному воздействию, что снижает возможность их многократного использования [1].

Сепарация кристаллизацией не может дать таких результатов, как сепарация экстракцией, поэтому кристаллизация сих пор не применялась в коммерческой переработке ОЯТ. Однако, несмотря на данный недостаток этого метода, он имеет несколько преимуществ по сравнению с традиционно используемыми методами.

Кристаллизационный аффинаж из растворов не требует участия сторонних реагентов. Срок работы кристаллизатора определяется только радиационной

стойкостью материалов. Поскольку процесс кристаллизации не требует использования горючих органических растворителей, использование данного метода значительно безопаснее. Помимо этого, некоторые процессы, связанные с растворителем, как, например, его промывка, могут быть исключены, что ведет к упрощению технологии переработки ОЯТ, а также уменьшению объема жидких радиоактивных материалов [2].

**Применение клеточных автоматов к процессу кристаллизации.** Клеточные автоматы являются дискретными динамическими системами, поведение которых полностью определяется в терминах локальных зависимостей. Клеточный автомат можно представить как некоторое пространство, разбитое равномерной сеткой на отдельные ячейки. При этом каждая ячейка или клетка содержит определенную информацию о своем состоянии. Время дискретно и задается числом итераций работы автомата, а законы мира выражаются единственным набором правил (законами эволюции), по которым новое состояние каждой клетки на каждом шаге определяется состоянием ее соседей. Законы системы являются локальными и повсюду одинаковыми [3].

Удобство присваивания некоторому выделенному объему жидкости клетки в решетке автомата, фиксирование фазовых состояний соответствующими значениями элементов массивов, а также наличие опыта применения клеточных автоматов для моделирования гидродинамических течений[4] указывают на возможность применения клеточных автоматов к процессу кристаллизации.

Основные задачи при моделировании процесса роста кристаллов:

- 1) определение законов эволюции системы;
- 2) описание процессов, происходящих при кристаллизации, таких как выделение тепла при затвердевании ячейки и снижение концентрации вещества в растворе в её окрестности;
- 3) принятие допущений, упрощающих реализацию модели, но не влияющих на суть данного исследования.

В данной модели используется гексагональная решетка (сеть), каждая клетка которой определяет элементарную ячейку пространства – раствора азотнокислого нитрата уранила. Разбиение пространства на ячейки гексагональной решетки обусловлено её большей изотропностью в сравнении с треугольной и прямоугольной решеткой (Рисунок 1.а). Для реализации и вывода на дисплей ЭВМ решетка была приведена к виду, изображенному на рисунке 1.б.

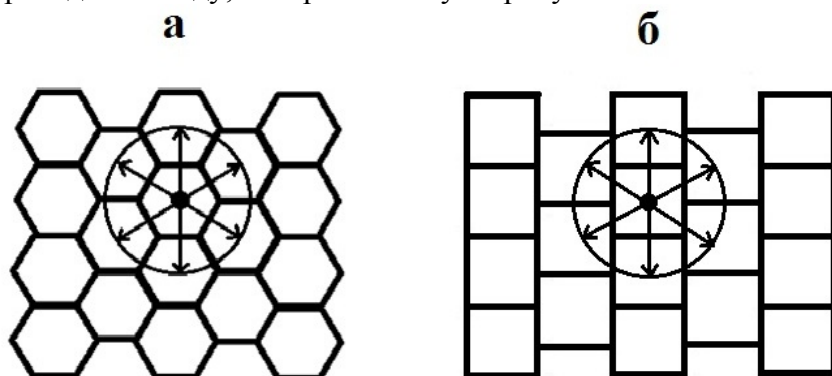


Рисунок 1. а – гексагональная решетка, б – преобразованная гексагональная решетка

Клеткам решетки приписывается двухфазное поле  $\Phi_{ij}^{(n)} = \{0; 1\}$ , где 0 соответствует жидкому состоянию, 1 – твердому, индекс  $n$  определяет номер итерации (время), а индексы  $i, j$  – координаты клетки на плоскости. Каждой клетке ставится в соответствие значение концентрации  $C_{ij}^{(n)}$  и температуры  $T_{ij}^{(n)}$ . Перед первой итерацией задаются начальные значения этих характеристик. Процесс роста кристалла происходит согласно определенным правилам и условиям эволюции.

Условия перехода клетки из жидкого состояния в твердое (условия фазового перехода):

- Процесс может происходить только в прямом направлении, то есть возможен переход только из жидкой фазы ( $\Phi_{ij} = 0$ ) в твердую фазу ( $\Phi_{ij} = 1$ ). Обратный переход здесь запрещен.
- Закристаллизоваться, то есть перейти в твердую фазу, клетка может только при условии, что хотя бы одна из ее соседей уже находится в твердом состоянии.
- Клетка перейдет из жидкого состояния в твердое, если выполняется следующее условие

$$\Delta_{ij}^{(n)} > \Delta^* - \lambda \cdot \left[ \sum_{k,l \in O(i,j)} \Phi_{kl}^{(n)} - 3 \right], \quad (1)$$

где  $\Delta_{ij}^{(n)}$  – пересыщение в  $\{i, j\}$ -ой клетке;

$\Delta^*$  – предельное пересыщение;

$\Phi_{kl}^{(n)}$  – фаза  $\{k, l\}$ -ой клетки ближайшего окружения  $\{i, j\}$ -ой клетки;

$\lambda$  – параметр, являющийся связным нормирующим коэффициентом в слагаемом, характеризующем влияние локальной кривизны межфазной поверхности на условие фазового перехода.

Фазовый переход  $\{i, j\}$ -ой клетки из жидкого состояния в твердое сопровождается увеличением температуры в ней самой на некоторую величину  $dT$  и уменьшением концентрации вещества в жидких клетках ближайшего окружения, то есть

$$T_{ij}^{(n+1)} = T_{ij}^{(n)} + dT, \quad (2)$$

$$C_{kl}^{(n+1)} = C_{kl}^{(n)} - q \cdot \Delta_{kl}^{(n)}, \quad (3)$$

где  $q$  – коэффициент, аналогичный кинетической константе скорости роста кристалла.

Кроме этого, на каждом шаге по времени происходит теплообмен между жидкими клетками и диффузия вещества по следующим законам

$$C_{ij}^{(n+1)} \rightarrow C_{ij}^{(n)} + \frac{D}{m} \cdot \left( \langle C_{kl}^{(n)} \rangle - C_{ij}^{(n)} \right), \quad (4)$$

$$T_{ij}^{(n+1)} \rightarrow T_{ij}^{(n)} + \frac{a}{p} \cdot \left( \langle T_{kl}^{(n)} \rangle - T_{ij}^{(n)} \right). \quad (5)$$

Здесь

$$\langle C_{kl}^{(n)} \rangle = \frac{1}{n_{\text{ж}}} \cdot \sum_{k,l \in O(i,j)} C_{kl}^{(n)}, \quad (6)$$

$$\langle T_{kl}^{(n)} \rangle = \frac{1}{8} \cdot \sum_{k,l \in O(i,j)} T_{kl}^{(n)}, \quad (7)$$

где  $n_{ж}$  – число жидких клеток из ближайшего окружения  $\{i,j\}$ -ой клетки ( $n_{ж} \leq 8$ ),  $\langle C_{kl}^{(n)} \rangle$  и  $\langle T_{kl}^{(n)} \rangle$  – соответственно средняя концентрация в жидких клетках и средняя температура в жидких и твердых клетках ближайшего окружения  $\{i,j\}$ -ой клетки,  $D$ ,  $a$ ,  $m$ ,  $p$  – параметры, характеризующиеся коэффициентом диффузии, теплопроводностью, а также дискретизацией пространства и времени [6].

В данной работе была использована следующая функция  $C_U = f(C_H, T_{abs})$ , определяющая соотношение концентраций урана и азотной кислоты в растворе в зависимости от температуры [2]:

$$C_U = 10^\alpha, \quad (8)$$

где

$$\alpha = 5,504 - 1,411C_H + 0,0263C_H^2 - 0,913 \cdot 10^{-2}T_{abs} + 0,088 \cdot 10^{-4}T_{abs}^2 + 3,586 \cdot 10^{-3}C_H T_{abs}.$$

Здесь  $T_{abs}$  – абсолютная температура раствора,  $C_H$  и  $C_U$  – массовые концентрации азотной кислоты (моль/л) и урана (г/л).

Функциональная зависимость (8) была выведена из диаграмм растворимости, полученных опытным путем (рисунок 2).

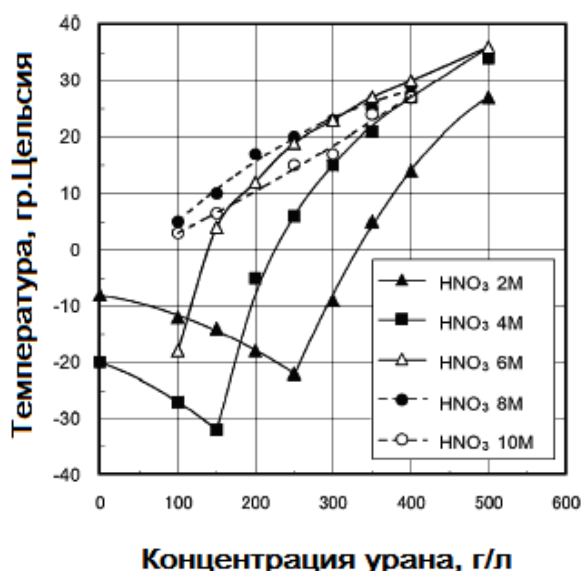


Рисунок 2. Диаграммы растворимости урана

На рисунках 3,4 и 5 представлены результаты работы модели для  $n=20$  и  $n=30$  итераций.

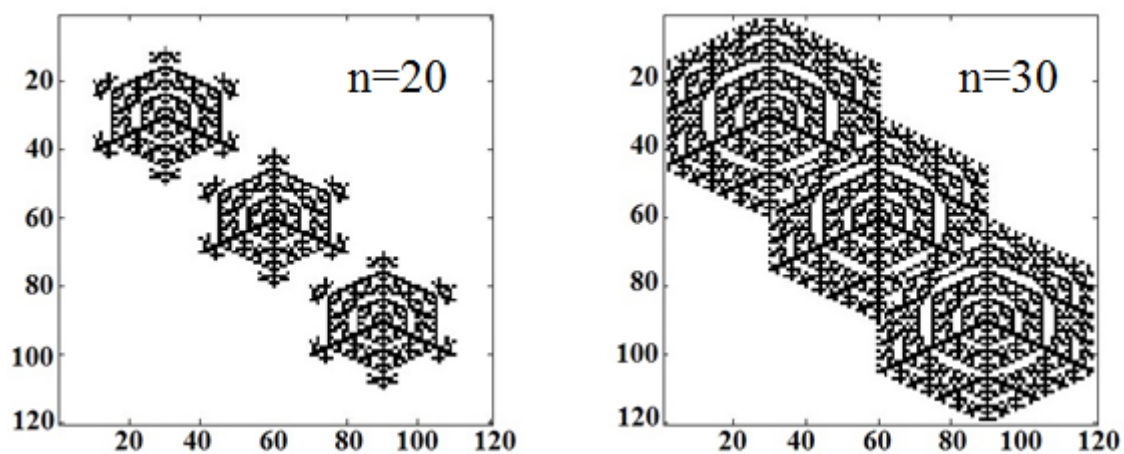


Рисунок 3. Форма образовавшегося кристалла

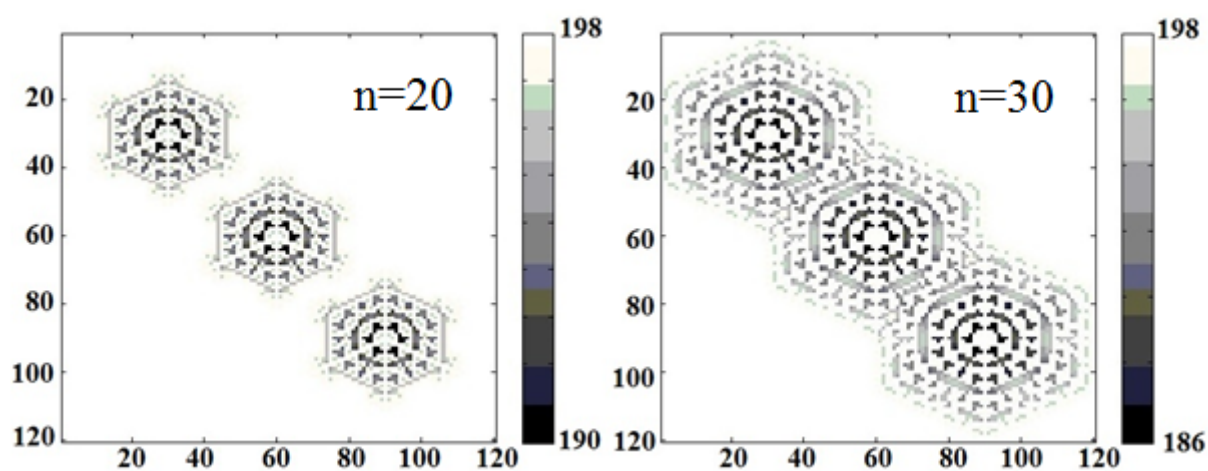


Рисунок 4. Поле концентрации урана

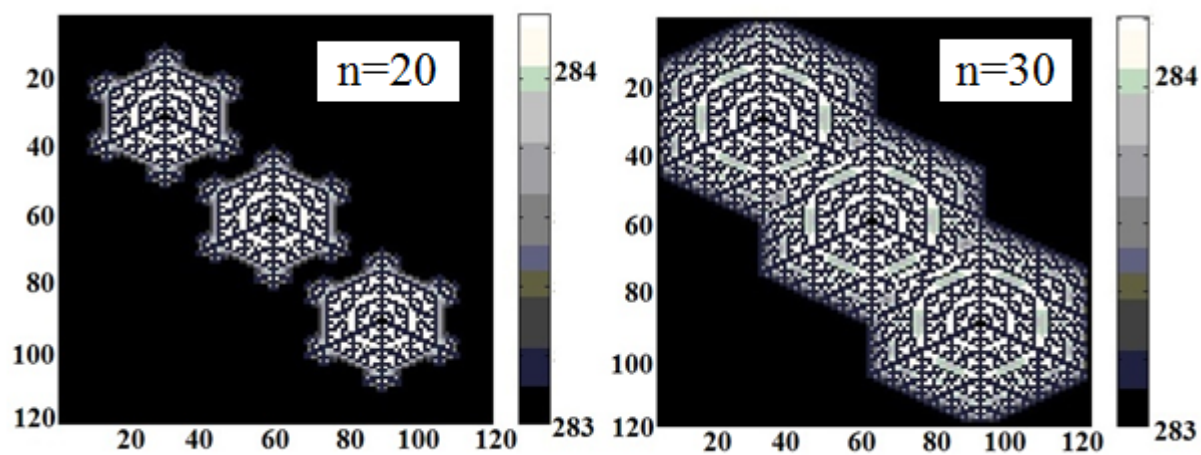


Рисунок 5. Распределение температуры

В данном случае использовались 3 центра кристаллизации. Начальная концентрация азотной кислоты составляла 6 моль/л, урана – 198 г/л, начальная температура – 283 К.

**Выводы:** была получена математическая модель процесса кристаллизационного аффинажа гексагидрата нитрата уранила в ее первом приближении. Данная модель представляет собой симуляцию роста кристалла в двухмерном пространстве при заданных начальных условиях, а именно: концентрации урана, концентрации азотной кислоты и температуры раствора. Результатом работы данной модели является форма полученного кристалла, а также конечное распределение температуры и концентрации урана в растворе. Модель адекватно работает как для одного центра кристаллизации, так и для нескольких.

В дальнейшем запланировано:

- 1) Определить все термодинамические константы, свойственные соединениям урана;
- 2) Уточнить процессы, происходящие при кристаллизации, и добавить их в модель;
- 3) Реализовать условие теплообмена между клетками с учетом фазового состояния клеток-соседей;
- 4) Реализовать трехмерную модель процесса кристаллизации.

#### **Список литературы:**

1. Кулагин, В.А. Переработка отработавшего ядерного топлива и обращение с радиоактивными отходами / В.А. Кулагин, Т.А. Кулагина, А.И. Матюшенко // Journal of Siberian Federal University.
2. Takahiro Chikazawa. Batch Crystallization of Uranyl Nitrate/ Takahiro Chikazawa, Toshiaki Kikuchi, Atsuhiko Shibata, Tomozo Koyama, Shunji Homma // Nuclear science and Technology, vol. 45, No. 6, p. 582–587, 2008.
3. Тоффоли Т. Машины клеточных автоматов / Т. Тоффоли, М. Марголус: Мир, 1991.
4. Наумов, Лев. Клеточные автоматы - реализация и эксперименты [Электронный ресурс] / Л. Наумов, А. Шалыто : <http://www.osp.ru/pcworld/2003/08/166226/>
5. Беркович, С.Я. Клеточные автоматы как модель реальности / С.Я. Беркович: Издательство МГУ, 1993.
6. Абашева, Э.Р. Исследование и моделирование процессов кристаллизации с применением клеточных автоматов / Э.Р. Абашева: РХТУ им. Д. И. Менделеева. Москва, 2007.

#### **Расчетно-экспериментальные исследования реактивностных параметров реактора ИРТ-Т**

Сливин А.А., Чертков Ю.Б., Аникин М.Н.  
slivin-a@mail.ru

*Научный руководитель: доцент, кандидат физико-математических наук, Чертков Ю.Б., НИ ТПУ, кафедра ФЭУ*

Реактор ИРТ-Т (исследовательский реактор типовой) – это водо-водяной реактор бассейнового типа на тепловых нейтронах с использованием в качестве замедлителя,



теплоносителя и защиты дистиллированной воды. Реактор является мощным источником нейтронного и гамма-излучения и предназначен для проведения научно-исследовательских работ в области ядерной физики, физики твердого тела, радиобиологии, решения прикладных задач в области экологии и медицины [1].

Реактор введен в эксплуатацию в 1967 году, его тепловая мощность составляет 6 МВт [1].

Улучшенный многогрупповой программный код (WIMS) [2] широко используется во всем мире для физического анализа решеток производственных и исследовательских реакторов. Существует множество версий WIMS, которые используются в настоящее время. Версия D4, отобранная по программе RERTR, была первоначально разработана в 1980 г. Программа была выбрана благодаря точному анализу решетки твэлов и возможностью неограниченного распространения данной программы.

Код и его 69-групповая библиотека были получены из Национальной лаборатории Окридж в 1992. Программа использует библиотеки ядерных данных на основе ENDF/B-VI.

Код имеет переменную размерность и может вместить библиотеку сечений с более чем 69 энергетическими группами. В настоящее время с кодом используются библиотеки сечений ENDF/B-VI с 69 и 172 энергетическими групповыми структурами. Основные области применения WIMS для моделирования исследовательских реакторов не требуют обширных знаний всех пользовательских опций WIMS.

Одной из последних модификаций данной программы является WIMS-ANL. Программа предназначена, в основном, для нейтронно-физических расчетов исследовательских ядерных реакторов, но может быть использована для большинства решеток тепловых реакторов. Данная программа была передана в ТПУ в 2014 году от ANL (США).

Целью данной работы является расчетно-экспериментальное исследование реактивных параметров реактора ИРТ-Т, проявляющихся во время его работы, с помощью программы WIMS-ANL [2] и изучение возможностей этой программы:

- изменения запаса реактивности;
- эффекта стационарного отравления ксеноном-135;
- эффекта отравления реактора самарием-149;
- темпа падения реактивности при выгорании топлива.

Один из основных физических параметров – запас реактивности реактора определяется по положению органов регулирования и по результатам определения их регулировочных характеристик в отдельные, довольно редкие моменты работы.

При проведении работы были решены следующие задачи:

- обработка результатов работы реактора (оцифровка и подготовка базы данных по работе реактора);
- численное моделирование работы реактора с помощью программ нейтронно-физического расчета;
- определение изучаемых параметров реактора по расчетным и экспериментальным данным.

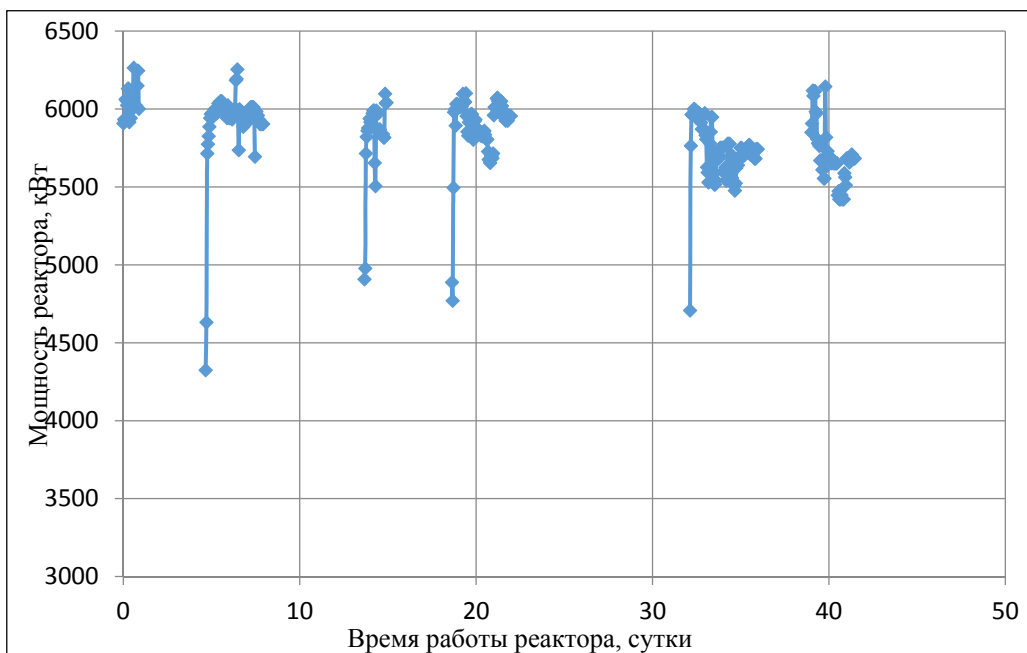


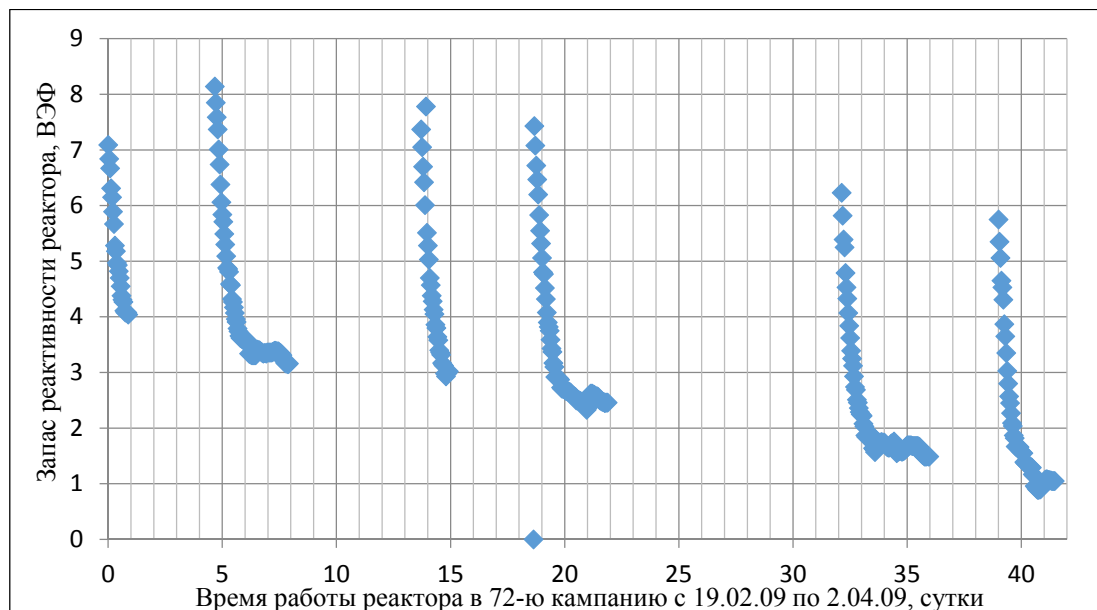
Рисунок 1. Диаграмма работы реактора в начале 2009 года

На рисунке 1 показаны обработанные результаты работы реактора на номинальной мощности.

Работа реактора ИРТ-Т в режиме частичных перегрузок топлива характеризуется недельными циклами. При продолжительности кампаний от 100 до 500 часов реактор работает с понедельника по пятницу в течение 10 – 100 часов. В оперативных журналах реактора фиксируются основные теплофизические параметры его работы.

Записи в этих оперативных журналах были исходным материалом для изучения реактивных параметров реактора.

В результате обработки экспериментальной информации были проанализированы более 100 недельных циклов работы реактора.



*Рисунок 2. зависимость изменения запаса реактивности*

На рисунке 2 изображена полученная при обработке экспериментальной информации зависимость изменения запаса реактивности. Данные кривые отражают особенности изменения одного из главных параметров реактора — запаса реактивности от времени его работы на мощности (энерговыворботки). Все недельные микрокампании (циклы) имеют одинаковые закономерности.

Каждый недельный пуск реактора осуществляется через 3-ое суток. За это время ксенон-135 практически полностью распадается. То есть реактор перед каждым запуском полностью разотравлен.

В течение первых 2-х суток основные потери реактивности связаны с накоплением одного из главных отравителей — ядер ксенона-135, имеющего очень большое значение сечения захвата тепловых нейтронов.

Далее в каждой из кривых наблюдается перелом из-за того, что их концентрация достигает равновесного значения. Все дальнейшие потери связаны с выгоранием топлива, накоплением шлаков и самария-149, а также накоплением в бериллии лития-6 и гелия-3.

В силу того, что ядра ксенона имеют достаточно короткий период полураспада ( $T_{1/2} \approx 9,5$  ч), уже примерно через 2-ое суток отравление реактора выходит на стационарное значение. В этот момент реактор начинает работать на мощности в стационарном отравлении.

Последующие пологие участки кривых позволяют оценить темп потери реактивности при выгорании топлива.

С помощью программы WIMS-ANL [2] с 69-ю групповой библиотекой микроконстант на основе базы данных ENDF/B-VI была создана одномерная расчетная модель реактора ИРТ-Т [3], которая позволила смоделировать все происходящие в реакторе процессы (изменение концентраций  $^{135}\text{Xe}$ ,  $^{149}\text{Sm}$ , урана,  $^3\text{He}$ ,  $^6\text{Li}$ , Т) и определить влияние отравления на запас реактивности в процессе данных кампаний.

На рисунке 3 приведены результаты расчета изменений концентраций отравителей  $^{135}\text{Xe}$  и  $^{149}\text{Sm}$  в гомогенизированной активной зоне реактора, полученные по программе WIMS-ANL [2], в результате численного моделирования регулярного режима работы реактора.

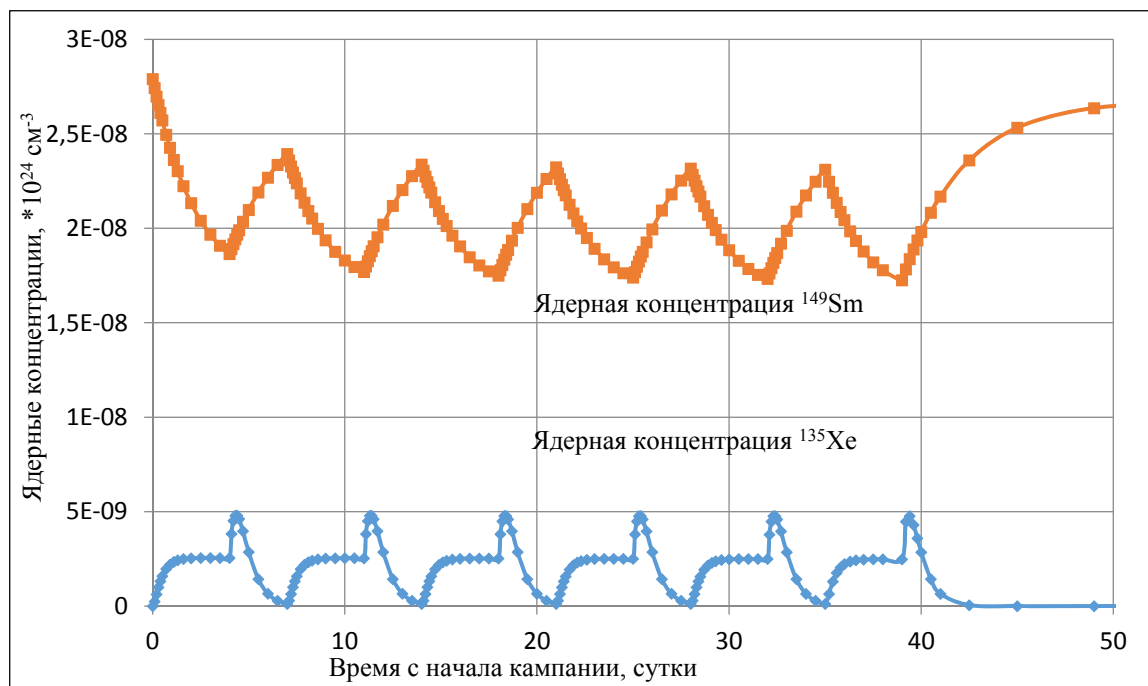


Рисунок 3. Изменение ядерных концентраций ядер-отравителей в топливе гомогенизированной активной зоны реактора

К началу каждой из микрокампаний реактора концентрация  $^{135}\text{Xe}$  практически равна нулю. В течение первых 2-х суток после ее начала концентрация ксенона достигает равновесного значения ( $2,5 \cdot 10^{15}$  ядер/см<sup>3</sup>). После завершения микрокампании в максимуме йодной ямы концентрация  $^{135}\text{Xe}$  повышается до  $5 \cdot 10^{15}$  ядер/см<sup>3</sup>.

Концентрация  $^{149}\text{Sm}$  в течение микрокампании понижается, стремясь к равновесному значению, за счет выгорания этого нуклида, но не достигает его, так как длительность кампании для этого недостаточна. После ее окончания концентрация самария растет за счет распада накопившихся ядер предшественника  $^{149}\text{Pm}$  возрастает до  $2,6 \cdot 10^{16}$  ядер/см<sup>3</sup>. Равновесная концентрация самария-149 устанавливается в реакторе только через 10 суток. Из рисунка 3 видно, что ядерная концентрация этого нуклида почти на порядок больше, чем концентрация ксенона.

Его сечение поглощения тепловых нейтронов ( $\sigma_{\text{a0}}^{\text{Sm}} = 40800$  барн) много меньше, чем у ксенона ( $\sigma_{\text{a0}}^{\text{Xe}} = 2720000$  барн). Изменение его концентрации во время работы и коротких интервалов между пусками (3 суток) в  $\sim 20$  раз больше, чем изменение концентрации ксенона. Поэтому он тоже оказывает влияние на изучаемые процессы.

Программа WIMS-ANL позволяет численно оценить и изменение запаса реактивности реактора. На рисунке 3 показаны результаты такого расчета. Они не только показывают, как меняется запас реактивности при работе реактора, но и при его остановке. Из анализа этих кривых можно определить глубину «йодной ямы», которая составляет 3,5 бэф.

Обработка экспериментальной информации позволила определить эффекты стационарного отравления ксеноном-135 – по изменению реактивности от начальной точки до точки перелома кривой после 2-3 суток от начала работы.

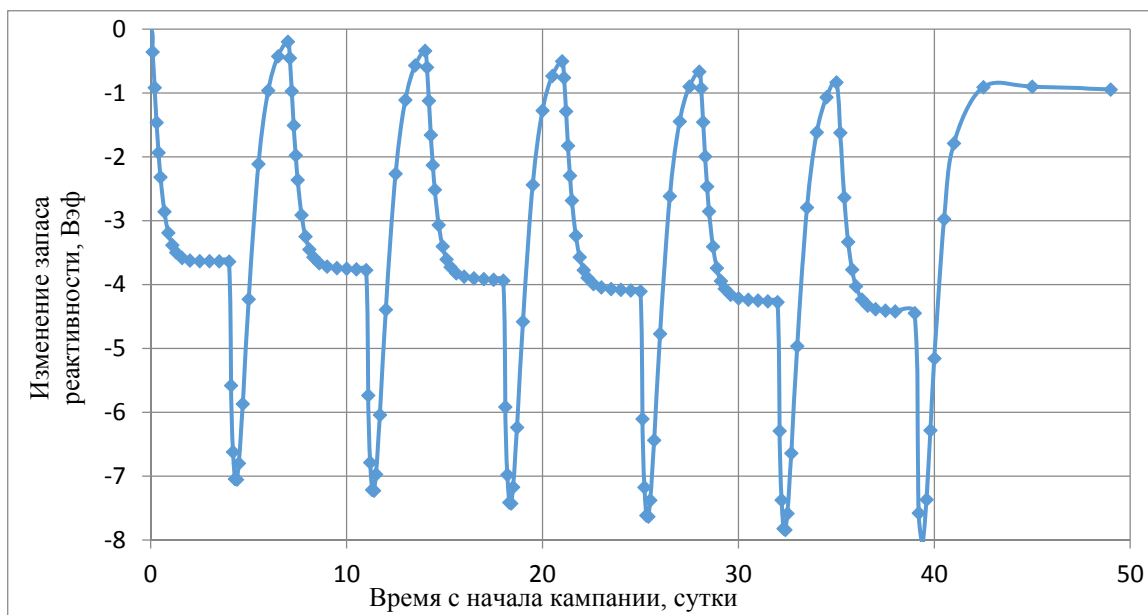


Рисунок 4. Изменение запаса реактивности реактора ИРТ-Т, полученное по расчетам по программе WIMS-ANL

На рисунке 4 показано результирующее уменьшение запаса реактивности реактора в процессе кампании.

В течение первых двух суток после начала каждой микрокампании уменьшение запаса реактивности связано, в основном, с эффектом отравления реактора  $^{135}\text{Xe}$ . На его фоне реактивность частично высвобождается при выгорании  $^{149}\text{Sm}$  и уменьшается при выгорании топлива. Но последние два эффекта практически компенсируют друг друга. Расчетное значение эффекта стационарного отравления реактора ИРТ-Т  $^{135}\text{Xe}$  составляет 3.5  $\beta_{\text{эф}}$ .

Провалы запаса реактивности в промежутках между микрокампаниями вызываются эффектом йодной ямы, когда в реакторе, после остановки, быстро распадается короткоживущий  $^{135}\text{I}$ , превращаясь в  $^{135}\text{Xe}$ . Расчетное значение глубины йодной ямы составляет 3.5  $\beta_{\text{эф}}$ .

Пологий участок в конце работы позволяет оценить темп потери реактивности за счет выгорания топлива и шлакования.

Расчетные значения эффекта отравления реактора ксеноном-135, полученные по программе MCU дают 4.2  $\beta_{\text{эф}}$ . Темп потери реактивности при выгорании топлива – 0.07 – 0.1  $\beta_{\text{эф}}/\text{сут}$ .

Максимальное расчетное значения эффекта отравления реактора самарием-149, полученные по программе WIMS-ANL, дают 0.96  $\beta_{\text{эф}}$ . При характерных для реактора ИРТ-Т времени работы и стоянки изменение реактивности не превысит 0.24  $\beta_{\text{эф}}$ .

#### Выводы:

Сравнение результатов расчета реактора ИРТ-Т по программе WIMS-ANL с экспериментальными данными позволило уточнить многие его параметры.

В результате данной работы были получены следующие значения эффектов реактивности:

Таблица 1. Значения эффектов реактивности  
Эффект стационарного отравления ксеноном-135

4.2  $\beta_{\text{эф}}$

Эффект изменения отравления самарием-149 при характерном ритме работы реактора	0,24 βэф
Темп потери реактивности при выгорании топлива	0,1 βэф/сут
Величина «йодной ямы»	3,5 βэф
Дополнительные потери реактивности за счет самария-149 при длительной стоянке реактора	0,33 βэф

#### **Список литературы:**

1. Варлачев В.А., Глухов Г.Г., Скуридин В.С. и др. Исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т. Томский политехнический университет, 2011.
2. J. R. Deen, W. L. Woodruff. WIMS-ANL USER MANUAL. REV. 6. Argonne National Laboratory. 9700 South Cass Avenue. Argonne, Illinois 60439-4841, 2004.
3. Варлачев В.А., Чертков Ю.Б., Наймушин А.Г. и др. Влияние отравления бериллия на нейтронно-физические характеристики реактора ИРТ-Т.

### **Создание модели обмотки низкого напряжения силового трансформатора ТРДН-25000/110**

Будько А.А., Корольков Д.П.  
budkoaleksander@yandex.ru

*Научный руководитель: кандидат технических наук, Васильева О.В., НИ ТПУ*

**Аннотация.** В работе приводится расчет частотной зависимости индуктивности и сопротивления витков круглого и прямоугольного сечений обмоток силового трансформатора от частоты при предположении слабой зависимости емкостей от частоты. Обмотке силового трансформатора сопоставлена электротехническая схема замещения, при составлении которой учтены три важных обстоятельства, а именно: схема замещения с распределенными параметрами, влияние скин-эффекта и использование принципа наложения по частотам.

**Введение.** Силовой трансформатор является одним из наиболее важных узлов электрической сети. Особенно актуальным в связи с этим является своевременное выявление развивающихся дефектов обмоток, которое позволяет вывести силовой трансформатор в ремонт прежде, чем случится авария, связанная с выходом его из строя.

В основе диагностики состояния обмоток трансформаторов низковольтными наносекундными импульсами [1] лежит импульсный генератор, формирующий импульсы с фронтом единицы наносекунд и длительностью нескольких сотен наносекунд. При этом амплитуда импульса должна быть более 200 В.

Обмотка силового трансформатора, по сути, является многочастотным колебательным контуром, состоящим из активных, индуктивных и емкостных элементов. Частотные характеристики (спектры амплитуд и фаз) несут в себе информацию о свойствах этого колебательного контура. Следовательно, можно соотнести параметры частотных характеристик с параметрами обмотки трансформатора. За основу взята обмотка низкого напряжения силового трансформатора марки ТРДН-25000/110. Трансформаторы данной марки широко распространены в отечественной энергосистеме [2].

**Экспериментальная часть.** Моделирование обмотки силового трансформатора производилось с помощью математического пакета COMSOL Multiphysics. Внешняя обмотка намотана медным проводом диаметром  $d = 2$  мм с шагом  $h = 4$  мм, количество витков  $n = 120$ , внутренний диаметр  $d_{\text{вн}} = 140$  мм, внешний диаметр  $D_{\text{вн}} = 160$  мм, длина медного кабеля  $l = 370$  мм, основа – полихлорвиниловый цилиндр (рис. 1, а). Внутренняя обмотка намотана медной шиной с размерами  $a = 4$  мм,  $b = 7$  мм, количество витков  $n = 20$ , внутренний диаметр  $d_{\text{вн}} = 86$  мм, внешний диаметр  $D_{\text{вн}} = 102$  мм, длина медного кабеля  $l = 370$  мм, основа – винипластовый цилиндр (рис. 1, б).

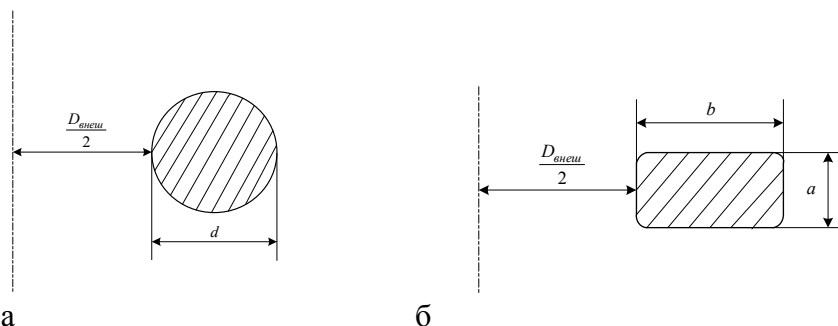


Рисунок 1. Сечение обмотки: а) в виде кольца диаметром  $d$  ; б) в виде прямоугольника размером  $4 \times 7$  мм

Структуру схемы замещения одного витка обмотки силового трансформатора можно определить на рис. 2, где  $U_{\text{вх}}$  - входное напряжение,  $U_{\text{вых}}$  - выходное напряжение. Из рисунка видно, что виток обмотки обладает омическим сопротивлением  $R$ , собственной индуктивностью  $L$  и емкостью на землю  $C_g$ . Между витками обмотки также существует последовательная емкость  $C_s$ . Взаимная индуктивность учитывается между витками с помощью коэффициента магнитной связи  $M$  и прибавляется к собственной индуктивности витка [3].

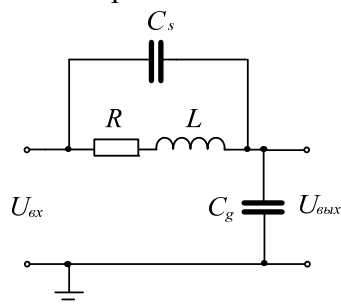
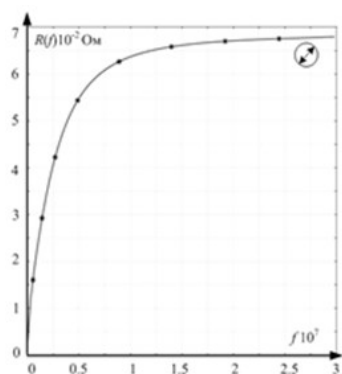
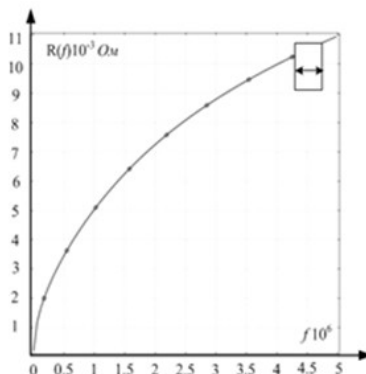


Рисунок 2. Схема замещения одного витка обмотки

**Результаты.** Примем допущения в нашей модели, что величины емкостей  $C_s$  и  $C_g$  постоянны. В среде COMSOL Multiphysics построим зависимости сопротивления  $R$  и индуктивности  $L$  от частоты  $\omega$  для двух сечений обмоток силового трансформатора (рис. 3, 4).

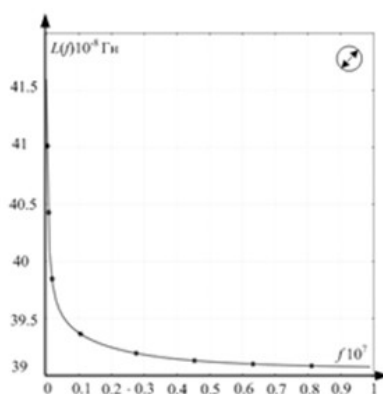


а

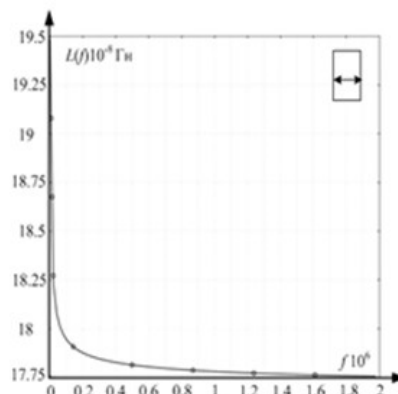


б

Рисунок 3. Зависимость сопротивления  $R$  от частоты  $\omega$ : а) сечение в виде кольца диаметром 2 мм, б) сечение в виде прямоугольника размером 4×7 мм



а



б

Рисунок 4. Зависимость индуктивности  $L$  от частоты  $\omega$ : а) сечение в виде кольца диаметром 2 мм, б) сечение в виде прямоугольника размером 4×7 мм

При создании модели одного витка обмотки электропроводность меди равнялась  $\sigma = 58.8 \cdot 10^6$  Ом/м, плотность тока  $\gamma = 1$  А/м.

#### Выводы.

Представлен расчет частотной зависимости элементов схемы замещения обмоток трансформатора методом конечных элементов с использованием математического пакета COMSOL Multiphysics.

Таким образом, представлен промежуточный этап работы создания модели обмотки низкого напряжения силового трансформатора марки ТРДН-25000/110, позволяющей определять тип дефекта обмотки и его локализацию.

#### Список литературы:

1. Лавринович В.А., Пичугина М.Т., Рамазанова А.Р. Применение наносекундных низковольтных импульсов для диагностики состояния обмоток силовых трансформаторов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2011. № 2. – С. 292-294.
2. Ильдарханов Р.Г., Усачев А.Е. Контроль состояния обмоток силовых трансформаторов путем спектрального анализа передаточных функций // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2010. № 3–4. – С. 38–47.
3. Калантаров П.Л., Цейтлин Л.А. Расчет индуктивностей: справочная книга. – 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние. 1986. – 488 с.



## **Пороговые ядерно-физические процессы, протекающие в решетках и системах с торием**

Кнышев В.В., Беденко С.В.  
vvk28@tpu.ru

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

Для надежной оценки эффективности (с точки зрения ядерной безопасности и радиологического воздействия) уран-ториевого ЯТЦ, имеет первостепенное значение точность оценок сечений взаимодействия нейтронов с ядрами топливных композиций. В настоящее время имеется множество разноплановых экспериментальных и расчетных ядерных данных, довольно полно они представлены в следующих библиотеках оцененных ядерных данных – ENDF (США), JEFF (Европа), JENDL (Япония), TENDL (РФ), РОСФОНД (РФ) и др. [15–13].

Одним из наиболее ценных источников информации является международная библиотека ENDSF (Evaluated Nuclear Structure Data File), в которой приводятся данные не только рекомендованные, но и исходные экспериментальные [9]. Отметим, что библиотеки этих ядерных данных, используются для проведения нейтронно-физических расчетов в таких прецизионных программах как Scale (Origen-Arp) [1,2], MCNP [14] и MCU [4].

Несмотря на это во всех существующих базах ядерных данных, в том числе и оцененных, практически, отсутствует информация о пороговых нейтронных реакциях на ядрах  $^{232}\text{Th}$ , а имеющиеся значения выходов и сечений отличаются на порядки. Достаточно привести базу ядерных данных JENDL-4.0, в которой при подготовке нейтронных данных для области тепловых и эпитепловых энергий сечения деления  $^{232}\text{Th}$  оценщиками, по всей видимости, подготавливались исходя из простых физических соображений, дающих зависимость типа  $\sim 1/v$  [9,11].

В библиотеке ядерных данных ENDF/B-VIII.0, рекомендуемой большинством расчетчиков, данные необходимые для расчета пороговых нейтронных реакций на ядрах  $^{232}\text{Th}$  вообще отсутствуют. Связано это, скорее всего, с наличием появляющейся сегодня недостоверной экспериментальной информации о тонкой структуре ядер  $^{232}\text{Th}$ . Таким образом, касательно пороговых реакций на ядрах  $^{232}\text{Th}$  в области тепловых энергий и разрешенных резонансов сложно говорить о практической достоверности имеющихся данных.

Что касается сечений радиационного захвата, то текущее положение вещей наглядно демонстрируют исследования, проведенные в Японии (Киотский университет, 2004 г.) [15]. В работе проведено сравнение значений сечений радиационного захвата на ядрах  $^{232}\text{Th}$ , полученных посредством кода системы SRAC из файлов библиотек оцененных ядерных данных (JENDL-3.3, JENDL-4.0, ENDF/B-VIII, JEFF 3.1.1). Полученные результаты говорят о том, что существует значительное расхождение (до  $\sim 40\%$ ) между библиотеками.

Очевидно, что множественность источников информации, их неполнота и рассогласование окажет влияние на результаты критических расчетов решеток и

систем с торием, прежде всего из-за того, что при расчете  $k_{\text{eff}}$  (эффективный коэффициент размножения), требуемые функционалы содержат в себе зависимости  $\sigma_i(E, r, \Omega)$ .

В исследованиях, проведенных для мультиплицирующих торийсодержащих системах  $\{(m\%U, n\%Th)O_2, (m\%Pu, n\%Th)O_2\}$  действующих на тепловых нейтронах нами проведена оценка точности существующих методов описания резонансных эффектов. Расчетные оценки показали, что формализм, описывающий процессы взаимодействия нейтронов с ядрами, включая поглощение и рассеяние, не всегда обеспечивает удовлетворительное согласие с экспериментом (Германия, Институт ISR-2 Исследовательского центра Forschungszentrum Julich, 1999 г.) [22].

Таким образом, существует необходимость в корректировке и подготовке ядерных данных, используемых в расчетах параметров резонансного поглощения в решетках и системах содержащих торий.

Отметим, что основная цель настоящей работы вновь обратить внимание на проблемы, связанные с вовлечением тория в ЯТЦ при реализации новой технологической платформы ядерной энергетики РФ.

**Аналитическая модель ядерно-физических процессов, протекающих в торий содержащих системах.** Механизм взаимодействия нейтрона в области разрешенных и неразрешенных резонансов, эффекты резонансного поглощения и рассеяния, относятся к классу волновых процессов и в квантово-механической интерпретации могут рассматриваться как произведение эффективного «размера» нейтрона  $\pi(\lambda_n/2\pi)^2$  на проницаемость фазовой поверхности  $p = 4k_1k_2/(k_1 + k_2)^2$ , сформированного внутриядерным потенциалом  $V_c(r)$  тяжелых ядер:

$$\sigma_c = \pi \left( \frac{\lambda_n}{2\pi} \right)^2 \cdot p, \quad (1)$$

где проницаемость  $p$  может быть найдена из уравнения Шрёдингера:

$$\left[ -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(r) \right] \psi(r, t) = E_n \psi(r, t). \quad (2)$$

В случае взаимодействия низкоэнергичных нейтронов, решением уравнения (2) является функция:

$$\psi(r, t) = \psi(r) \cdot T(t),$$

где  $\psi(r) = \sum C_i \psi_i$  – суперпозиция линейных комбинаций нейтронно-волновых функций  $\psi_i$ ;  $T(t) = e^{-iEt}$  – оператор, описывающие эволюцию квантовой системы массой  $\mu$  (нейтрон-ядро  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$ ) во времени;  $E$  – полная энергия системы.

Для определения нейтронных сечений в волновом приближении решение уравнения (2) необходимо искать, исключив временную часть решения  $\psi(r, t)$ , то есть в виде:

$$\psi(r) = \psi(r, \theta, \varphi) = X(r) \cdot Y(\theta, \varphi).$$

На этапе расчетной оценки использована модель Ферми-газа, в рамках которой, с учетом неупругих взаимодействий, потенциал  $V_c(r)$  должен быть представлен в виде:

$$V_c(r) = V_r(r) + iV_m(r), \quad (5)$$

где действительная часть выражения (5) отвечает за упругие каналы ядерных взаимодействий, мнимая часть за неупругие взаимодействия.

Одним из таких потенциалов, отвечающий требованию уравнения (5), является псевдопотенциал Ферми:

$$V_c(r) = \frac{2\pi\hbar^2}{\mu} \cdot b \cdot \delta(r) = U \cdot \delta(r), \quad (6)$$

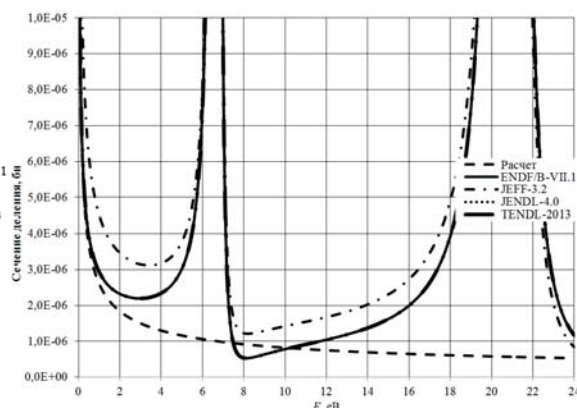
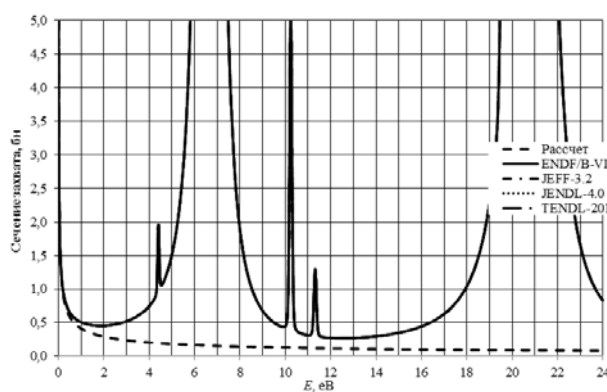
где  $\delta(r)$  – Дельта-функция Дирака;  $b$  – длина рассеяния, параметр  $b = x + iy$ , в общем случае, является комплексной величиной, определяемый экспериментальным или расчетным способом.

С учетом соотношения (1), найденных волновых чисел  $k_1$  и  $k_2$ , проведена расчетная оценка значений сечений радиационного захвата  $\sigma_\gamma$  и сечений деления  $\sigma_f$  (пороговые нейтронные реакции) для  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$  в интервале энергий от  $10^{-3}$  до 24 эВ. Найденные, таким образом, значения сечений сравнивались с данными приведенными в библиотеках оцененных ядерных данных (ENDF/B, JEFF-3.2, JENDL-4.0, TENDL-2013), результаты таких сравнений приведены на рис. 1 и 2.

В сравнительном анализе использована российская библиотека нейтронных данных TENDL (Transmutation Evaluated Neutron Data Library). В работах [12,13] были представлены результаты первого этапа по формированию этой библиотеки. Отметим, что значения сечений пороговых нейтронных реакции в области энергий до 4 эВ приведенных в TENDL для тория существенно разнятся в сравнения с JENDL (см. Рис. 2), а наличие первых двух разрешенных резонансов в области энергий от 4 до 18 эВ представляется сомнительным. Вообще, структура резонансной области поглощения ядер  $^{232}\text{Th}$  достаточно детально исследована в работах [16,17] и работах других исследователей [15], более того экспериментальные и численные исследования, проведенные с уран-ториевым топливом, показали что наилучшее согласование с экспериментом было достигнуто при использовании в расчетах константного обеспечения ENDF/B-VI.8 [15]. По этой причине база нейтронных данных TENDL1038 в дальнейшем анализе не использована.

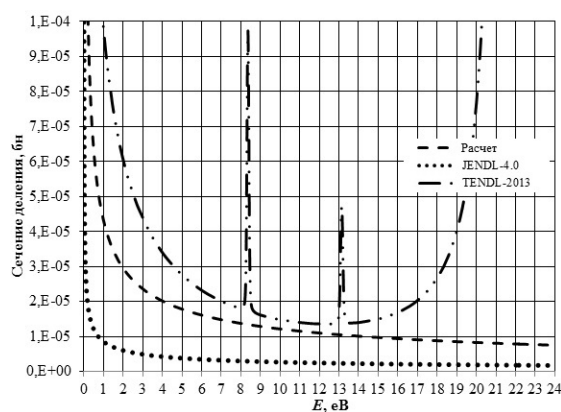
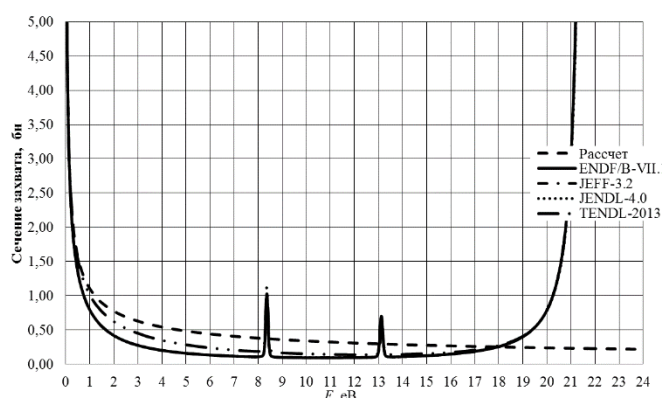
С учетом изложенного выше, выбранная нами модель ядра и форма потенциала в интервале энергий от  $10^{-3}$  до 18 эВ с удовлетворительной для практики точностью позволяет производить расчет микроскопических сечений  $\sigma(E, r, \Omega)$  нейтронных реакций в решетках с  $^{232}\text{Th}$  (см. Рис. 2).

Неопределенность в сечениях деления и радиационного захвата для  $^{238}\text{U}$  в области энергий до 2,9 эВ и 1,75 эВ, соответственно, не превышает 30%. Для  $^{232}\text{Th}$  сечения радиационного захвата с точностью в 30% могут быть найдены в интервале энергий от  $10^{-3}$  до 0,8 эВ.



Зависимость сечения  $\sigma_\gamma$  ядра  $^{238}\text{U}$  в области энергий нейтрона от  $10^{-3}$  до 24 эВ      Зависимость сечения  $\sigma_f$  ядра  $^{238}\text{U}$  в области энергий нейтрона от  $10^{-3}$  до 24 эВ

Рисунок 1. Результаты сравнений расчетных значений сечений  $^{238}\text{U}$  оцененными ядерными данными (ENDF/B, JEFF-3.2, JENDL-4.0, TENDL-2013)

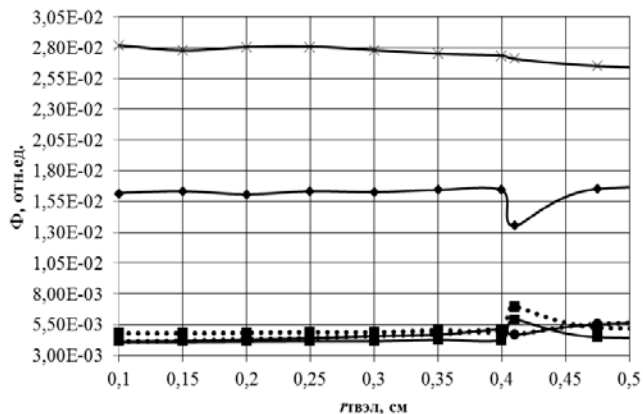


Зависимость  $\sigma_\gamma$  ядра  $^{232}\text{Th}$  в области энергий нейтрона от  $10^{-3}$  до 24 эВ

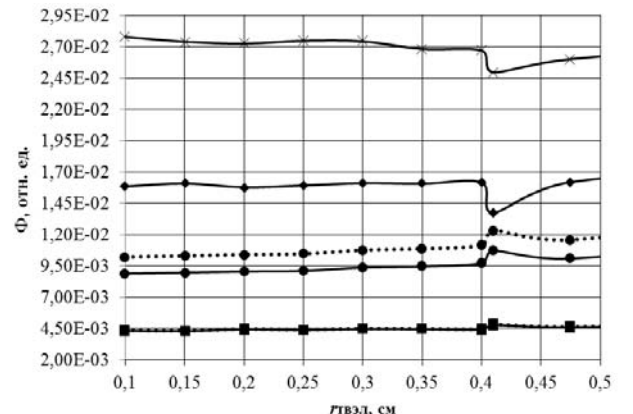
Зависимость сечения  $\sigma_f$  ядра  $^{232}\text{Th}$  в области энергий нейтрона от  $10^{-3}$  до 24 эВ

Рисунок 2. Результаты сравнений расчетных значений сечений  $^{232}\text{Th}$  с оцененными ядерными данными (JENDL-4.0, TENDL-2013)

В дальнейших расчетах с помощью кода программы MCU5 с использованием файлов библиотек оцененных данных (ENDF/B и JENDL-4.0) и аналитически найденных значений сечений подготовлены ядерные константы, используемые для расчета потока  $\phi(\Delta E_i, r_i)$ . При подготовке ядерных констант использована технология, разработанная в ИБРАЭ РАН [18]. Такой подход позволил не только провести корректировку ядерных констант в области энергий до 18 эВ, но и учесть тонкую структуру резонансной области поглощения нейтронов ядрами  $^{232}\text{Th}$  и  $^{238}\text{U}$ . Результаты расчетных исследований для мультиплицирующих решеток с торием приведены в графическом виде на рис. 3.



— Плотность потока нейтронов от 0 до 1 эВ  
 — Плотность потока нейтронов от 1 эВ до 24 эВ  
 — Плотность потока нейтронов от 24 эВ до 100 кэВ  
 — Плотность потока нейтронов от 100 кэВ до 20 МэВ  
 ••• Плотность потока нейтронов от 0 до 1 эВ (Скорр. ядерные данные)  
 ••• Плотность потока нейтронов от 1 до 24 эВ (Скорр. ядерные данные)



— Плотность потока нейтронов от 0 до 1 эВ  
 — Плотность потока нейтронов от 1 эВ до 24 эВ  
 — Плотность потока нейтронов от 24 эВ до 100 кэВ  
 — Плотность потока нейтронов от 100 кэВ до 20 МэВ  
 ••• Плотность потока нейтронов от 0 до 1 эВ (Скорр. ядерные данные)  
 ••• Плотность потока нейтронов от 1 до 24 эВ (Скорр. ядерные данные)

а) пространственно-энергетическое распределение потока нейтронов в графитовой решетке с торием – (5%Pu, 95%Th)O<sub>2</sub>

б) пространственно-энергетическое распределение потока нейтронов в графитовой решетке с торием – (5%U, 95%Th)O<sub>2</sub>

Рисунок. 3 – Пространственно-энергетическое распределение плотности потока нейтронов в ТВЭЛ полиячейки УГР

Таким образом, сочетание предложенного в работе аналитического подхода по определению сечений нейтронных пороговых реакций, статистических алгоритмов, основанных на методе Монте-Карло (MCU, Scale) [1, 4] и технологии разработанной в ИБРАЭ РАН [25], позволяет получать нужные нам функционалы для области энергий от  $10^{-3}$  до 20 МэВ при условии, если макроконстанты для области спектра от 18 эВ до 100 кэВ будут определены с использованием расчетного кода программы MCU5 без корректировки нейтронных данных.

Дальнейшие нейтронно-физические исследования систем хранения, содержащих торий будут проведены нами также с учетом аналитически скорректированных ядерных констант, расчет  $k_{eff}$  и  $\phi(\Delta E_i, r_i)$  будет произведен в многогрупповом приближении с использованием подгрупповых параметров при расчете групповых коэффициентов в разложенном уравнении Больцмана, с использованием методик и техник расчетов авторов [1,4,13].

**Заключение.** В работе приведены результаты исследований и численных экспериментов, направленных на определение ядерно-физических и радиационных характеристик решеток и систем хранения с торием. Показана необходимость в корректировке ядерных констант, используемых в расчетах на критичность.

Исследование выполнено на базе УНУ ИРТ-Т при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России (RFMEFI59114X0001).

Исследование выполнено при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации. Конкурс на право получения стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам. Грант № СП-295.2015.2 Тема: «Исследования по определению функциональных зависимостей между режимами и параметрами эксплуатации РУ нового поколения, свойствами свежего и ОЯТ в усовершенствованном ЯТЦ».

### Список литературы:

1. Gauld I.C., Hermann O. W., Westfall R. M. Origen-S: SCALE system module to calculate fuel depletion, actinide transmutation, fission product buildup and decay, and associated radiation source terms. – ORNL/TM. – 2005/39. – Vol. II. – 2009.
2. Шаманин И.В., Беденко С.В., Павлюк А.О. Использование программы ORIGEN-ARP при расчете изотопного состава отработанного топлива реактора ВВЭР-1000 // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317. – № 4. – С. 25–28.
3. Мжачих С.В., Алексеев А.В., Гребенников А.Н. и др. Расчет изотопного состава реакторных установок при моделировании процессов выгорания и остаточного энерговыделения ядерного топлива в программном комплексе CONCORD. // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Математическое моделирование физических процессов – 2014. – Т. 1. С. 49–64.
4. Проект MCU. Моделирование процесса переноса частиц методом Монте-Карло. URL: <http://mcuproject.ru/rinfo.html>.
5. Okumara K., Mori T. Validation of a continuous-energy Monte-Carlo burn-up code MVP-BURN and its application to analysis of post irradiation experiment // Journal of Nuclear Science and Technology. – 2000. – V. 24. – № 2. – P. 71–77.
6. 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.
7. Shamanin I.V., Bedenko S. V., Gubaydulin I. M., Novikova N. G. Materials of New Generation in Nuclear Power Industry // Advanced Materials Research. – 2014 – Vol. 1040. – p. 74 – 79.
8. Shamanin I. V., Bedenko S. V., Gubaydulin I. M., Novikova N. G., Plevaka M. N. Conceptual Approach to Handling Irradiated Nuclear Fuel in Storage Systems // Advanced Materials Research. – 2015 – Vol. 1084. – P. 285 – 288.
9. National Nuclear Data Center, Brookhaven National Laboratory. URL: <http://www.nndc.bnl.gov>.
10. Experimental Nuclear Reaction Data. URL: <http://www-nds.iaea.org>.
11. Japanese Evaluated Nuclear Data Library. URL: <http://www.ndc.jaea.go.jp>.
12. Абрамович С.Н., Горелов В.П., Горшихин А.А. и др. База данных для численного моделирования накопления осколков в топливе энергетических реакторов// Вопросы атомной науки и техники. Серия: Математическое моделирование физических процессов. – 1996. – №3. – с.40–61.
13. Гончаров Г.А., Горелов В.П., Иванникова В.Н. и др. Алгоритмы расчета групповых констант энергоуглового распределения рассеянных нейтронов в среде из неподвижных ядер// Вопросы атомной науки и техники. Серия: Математическое моделирование физических процессов. – 1991. – №1. – с.38–43.
14. MCNP – A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5, Vol. 1–3, X-5 Monte Carlo Team. Report LA-UR-03-1987, 2003.
15. Shiroya S., Kudo K. Criticality Analysis of Highly Enriched Uranium/Thorium Fueled Thermal Spectrum Cores of Kyoto University Critical Assembly // PHYSOR 2004 - The Physics of Fuel Cycles and Advanced Nuclear Systems: Global Developments. - Illinois: American Nuclear Society, 2004.
16. Шаманин И. В. Следствия, вызванные отличиями структур резонансной области поглощения ядер  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$  // Альтернативная энергетика и экология. – 2006. – № 11 (43). – С. 47–53.

17. Шаманин И. В., Годовых А.В. Структура резонансной области поглощения ядер  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$  и зависимости ее параметров от температуры // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309, № 5. – С. 49 – 56.
18. Блохин Д.А., Митенкова Е.Ф., Блохин А.И. Подготовка полных библиотек ядерных данных в поточечном представлении на основе файлов оцененных данных ENDF/B-VII.0, JEFF-3.1.1, JENDL-4.0. Препринт / Ин-т проблем безопасного развития атом. энергетики РАН, № IBRAE-2011-08. – М.: ИБРАЭ РАН, 2011. – 58 с.
19. Внуков В.С. Глубина выгорания как параметр ядерной безопасности хранилищ и транспортных упаковочных комплектов с отработавшим ядерным топливом. – Атомная техника за рубежом. – 1990. – № 12. – С. 9–11.
20. Опаловский В.А., Тихомиров Г.В. Расчетные исследования параметров ОЯТ в целях безопасного обращения, учета и контроля. Научная сессия МИФИ-2002 // Сборник научных трудов. Том. 8. – Москва. – МИФИ. – 2002.
21. Kryuchkov E.F., Opalovsky V.A., Tikhomirov G.V. «Comparative Analysis of Radiation Characteristics from various types of Spent Nuclear Fuel» // Proceeding of the SNA-2003. – Paris. – France – 2003.
22. Shamanin I.V., Ukhov A.A., Rutten H.-J., Haas K.A., Sherer W. The Use of (Th, U, Pu)O<sub>2</sub> Fuel in a Water Water Energy Reactor: Physics and Fuel Cycle Simulation by means of the V.S.O.P. (97) Computer Code // Forschungszentrum Julich. FZJ –ISR – IB – 1/1999. – 40 p

### **Изменение свойств бериллия под действием нейтронного излучения в отражателе исследовательских реакторов**

Николаев Ю.Ю.  
[potron38@yandex.ru](mailto:potron38@yandex.ru)

*Научный руководитель: Старший преподаватель каф. ФЭУ, кандидат физико-математических наук. А.Г. Наймушин, ТПУ ФТИ*

В процессе эксплуатации ядерно-энергетических установок под воздействием интенсивного нейтронного излучения изменяются структура и физико-механические свойства конструкционных материалов, что приводит к потере рабочих характеристик. Благодаря хорошим ядерно-физическим свойствам бериллий привлекает большое внимание исследователей и конструкторов при разработке и создании образцов атомной техники. Несмотря на свои особенности бериллий имеет ряд существенных недостатков которые не позволяют массово использовать бериллий.

Сочетание малой атомной массы, малого сечения захвата тепловых нейтронов (0,009 барн) делает бериллий одним из лучших материалов для изготовления замедлителей и отражателей нейтронов в атомных реакторах. В пороговой реакции  $^9\text{Be}(n,2n)2\alpha$  возникает гелий, поэтому при интенсивном облучении быстрыми нейтронами внутри бериллия накапливается газ, под давлением которого бериллий распухает. Для формирования представления о возможности использования бериллия в качестве конструкционного материала, были рассмотрены все возможные реакции,

протекающие вследствие взаимодействия нейтронов с данным веществом. Все данные были получены с помощью анализа базы данных «JANIS».

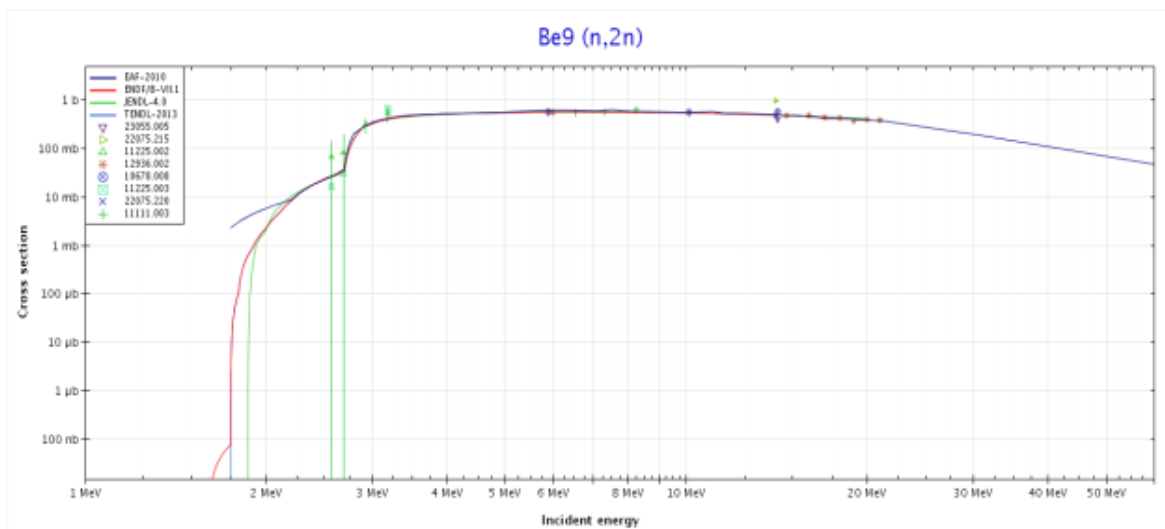


Рисунок 1 – Зависимость сечения взаимодействия реакции (n;2n) от энергии налетающих нейтронов

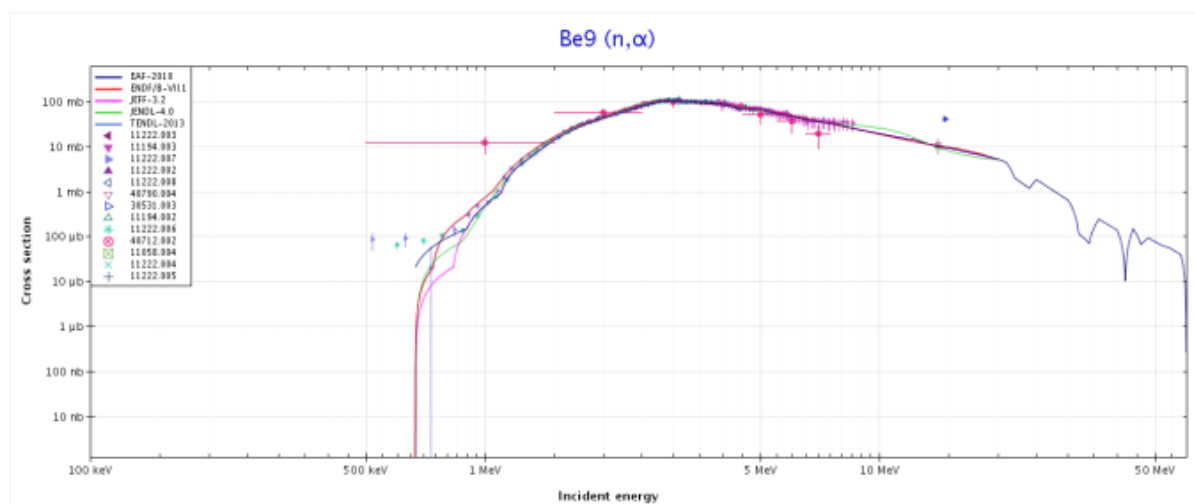
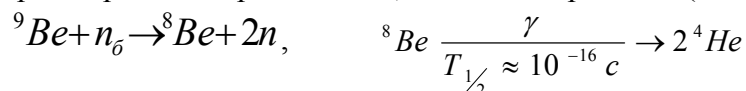


Рисунок 2 – Зависимость сечения взаимодействия реакции (n;α) от энергии налетающих нейтронов

В результате были отобраны две реакции, которые наиболее вероятны в бериллиевых блоках, это (n;2n) и (n;α). Все остальные реакции имеют либо высокие энергетические пороги взаимодействия либо низкие вероятности протекания данной реакции.

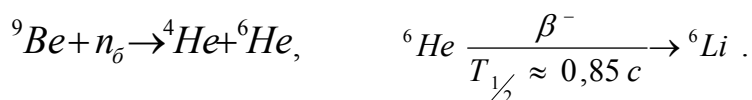
Для измерений количественных характеристик, описывающих изменение свойств бериллиевых блоков, были данные реакции:

При энергии нейтронов  $E \geq 1,7$  МэВ идет реакция (n, 2n)



При энергии нейтронов  $E \geq 0,75$  МэВ идет реакция (n, α)





Литий из-за высокого значения сечения реакции (945 барн) в нейтронном потоке практически мгновенно выгорает по следующей реакции:  ${}^6\text{Li} + n_0 \rightarrow {}^4\text{He} + {}^3\text{He}$ .

Таким образом, видно, что накопление гелия и трития в бериллии является одним из основных эффектов воздействия нейтронного облучения на бериллий. Гелий и тритий могут скапливаться в порах, образовывать газовые пузырьки, вызывающие нежелательное распухание. Для оценки накопления гелия и трития была рассмотрена система дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dN_{\text{Be}}}{dt} &= -N_0 \cdot R(\text{Be}) \\ \frac{dN_{\text{Li}}}{dt} &= N_0 \cdot R(\text{Be}) - N_{\text{Li}} \cdot R(\text{Li}) \\ \frac{dN_{\text{H}}}{dt} &= N_{\text{Li}} \cdot R(\text{Li}) - \lambda_{\text{H}} \cdot N_{\text{H}} + N_{\text{He}} \cdot R(\text{He}) \\ \frac{dN_{\text{He}}}{dt} &= \lambda_{\text{H}} \cdot N_{\text{H}} - N_{\text{He}} \cdot R(\text{He}) \end{aligned}$$

Общее решение каждого уравнения запишем в виде:

$$N_{\text{He}}(t) = a_{41} \cdot \exp(-R_{\text{Be}} \cdot t) + a_{42} \cdot \exp(-R_{\text{Li}} \cdot t) + a_{43} + a_{44} \cdot \exp((\lambda_{\text{He}} + R_{\text{He}}) \cdot (-t))$$

В результате проделанной работы были изучены основные свойства бериллия, все реакции, возникающие при взаимодействии с потоком нейтронов и особенности изменение структуры бериллиевого отражателя под действием этого облучения. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что на данный момент целесообразно использование бериллия только в качестве отражателя исследовательских реакторов. Так же были получены аналитические решения задачи изменения концентраций радионуклидов, которые позволят провести оценку отравления реактора продуктами облученного бериллия и могут быть использованы в основе программного комплекса для мониторинга отравления элементов бериллиевой кладки. Учитывая тот факт, что в настоящее время в мире существует большое количество облученного бериллия, который невозможно использовать дальше без дополнительной переработки и очистки, решение задачи об изменении концентрации накопленных радионуклидов приобретает особый вес. Одним из методов очистки бериллия от трития является метод высокотемпературной дегазации. Поэтому крайне важно знать параметры накопления и растворимости трития и гелия в облученном бериллии для выбора оптимальных условий проведения детритизации.

#### Список литературы:

1. Бериллий : 3 сб. / Под ред. Д. Уайта и Дж. Берка.- М.: ИИЛ, 1960. – 105 с.
2. Jones, P. Hydrogen in beryllium/ P. Jones, R.Gibson // J. Nucl. Mater. –Vol. 21. –1967. – P. 353-354.
3. Dupont E., Soppera N., Bossant M. Improved nuclear data services based on JANIS. – 2013.
4. Серняев, Г.А. Радиационное материаловедение бериллия / Г.А. Серняев, З.И. Чечеткина. – Минск: Наука и техника, 1977. – 15 с.

## Анализ моделей каскадной функции для оценки скорости накопления точечных дефектов в реакторном графите топливных блоков реактора ГТ-МГР

П.А. Комаров, Д.К. Пугачев, А.М. Мочалов  
dkp2@tpu.ru

*Научный руководитель: к.т.н., В.Н. Нестеров, доцент кафедры ФЭУ ФТИ  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.  
Томск*

**Состояние исследований.** Высокотемпературные реакторы с гелиевым теплоносителем – это новый тип универсальных атомных энергоисточников, уникальные свойства которых, позволяют получать высокопотенциальное тепло. Температура теплоносителя на выходе из активной зоны достигает значения 850°C. Это определяет широкие возможности использования данного типа реакторов для производства электроэнергии с высоким КПД в газотурбинном цикле и для снабжения высокотемпературным теплом процессов химической, нефтеперерабатывающей, металлургической и других отраслей промышленности.

Замедлителем в высокотемпературных реакторах служит ядерночистый реакторный графит. Он же является основным конструкционным материалом топливных блоков. Под действием нейтронного излучения в кристаллической структуре графита образуются точечные дефекты (пары Френкеля), которые под действием сопутствующего гамма-излучения и температуры облучения могут либо рекомбинировать, либо диффундировать к местам «стока» образуя тем самым более сложные дефекты. Аналитическая схема процесса дефектообразования в кристаллической решетке графита при реакторном облучении описана в работе [1]. Для ее реализации необходимо определить значения скоростей образования точечных дефектов в графите. Расчет проводится на примере спектра потока нейтронов, полученного для высокотемпературного реактора типа ГТ-МГР. В работе рассмотрим четыре модели каскадной функции ( $\nu_{\text{ПВА}}$ ). Значение каскадной функции дает среднее число атомов, образованных атомом отдачи с энергией ( $E_{\text{ПВА}}$ ).

**Модели каскадных функций.** В работе представлены четыре модели каскадной функции с общими условиями:  $\nu_{\text{ПВА}} = 0$ , если  $E_{\text{ПВА}} < E_d$ ;  $\nu_{\text{ПВА}} = 1$ , если  $E_d \leq E_{\text{ПВА}} < 2E_d$ , где  $E_d$  – средняя энергия смещения атома из кристаллической решетки, это энергия ПВА ниже которой он не способен создавать дефекты, для графита это значение составляет 63 эВ. В тексте модели различаются по именам ученых, которые ввели соответствующие поправки [2]:

1. Модель Кинчина и Пиза:

$$\nu_{\text{ПВА}} = \frac{E_{\text{ПВА}}}{2E_d}, \text{ если } 2E_d \leq E_{\text{ПВА}}.$$

2. Модель Снайдера и Нейфельда:

$$\nu_{\text{ПВА}} = \frac{E_{\text{ПВА}}}{2E_d}, \text{ если } 2E_d \leq E_{\text{ПВА}} \leq 4E_d;$$

$$v_{\text{ПВА}} = 0,56(1 + \frac{E_{\text{ПВА}}}{E_d}), \text{ если } 4E_d < E_{\text{ПВА}}.$$

3. Модель Сандерса:

$$v_{\text{ПВА}} = 0,52 \frac{E_{\text{ПВА}}}{2E_d}, \text{ если } 2E_d \leq E_{\text{ПВА}}.$$

4. Модель Линдхарда:

$$v_{\text{ПВА}} = 987 - 980 \exp(-3,81 \cdot 10^{-6} E_{\text{ПВА}}), \text{ если } 2E_d \leq E_{\text{ПВА}}.$$

**Результаты расчетов.** На рис 1 представлены каскадные функции для 4-х моделей в 26-групповом спектре потока нейтронов, видно, что максимальное значение каскадной функции достигает 10 000. В модели Линдхарда это значение не превышает 1 000. Экспериментально установлено, что нейтроны с энергией меньше 10 МэВ не могут создавать каскад дефектов более чем из 1 000 шт [2].

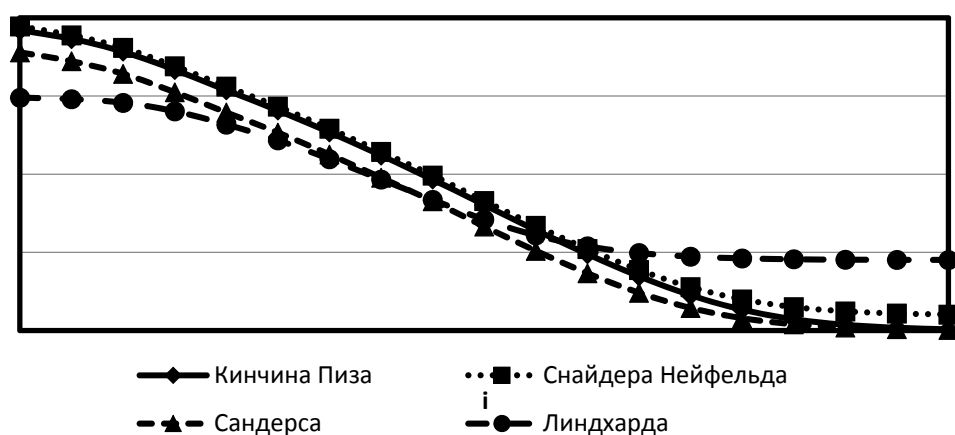


Рис. 1. Каскадная функция для U-Ри ЯТЦ при  $C(^{235}\text{U})=20\%$ ,  $C(\text{Pu})=0\%$  ( $i$  – номер группы нейтронов, создающих дефекты, в 26-групповом представлении спектра потока нейтронов)

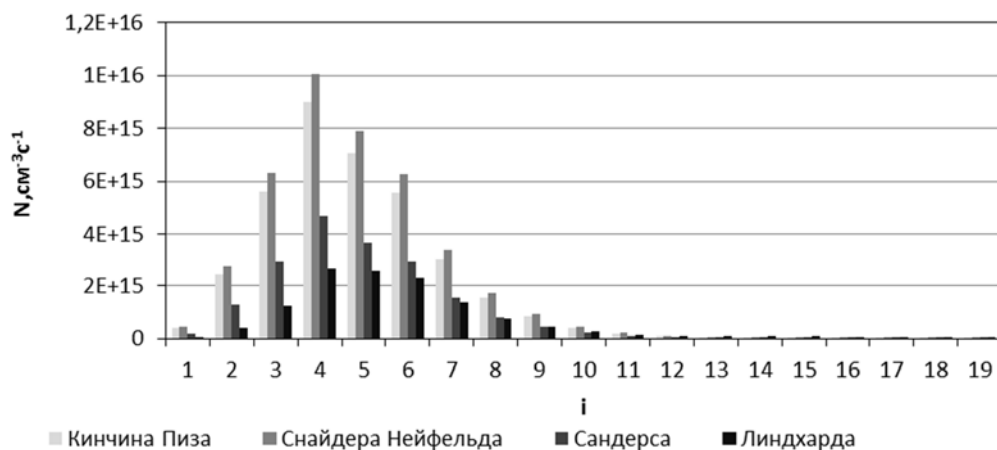


Рис. 2. Скорости образования дефектов для 26-ти групп по четырем расчетным моделям для U-Ри ЯТЦ при стартовой загрузке ядерного топлива  $C(^{235}\text{U})=20\%$ ,  $C(\text{Pu})=0\%$  на четвертый год эксплуатации (конец кампании ядерного топлива)

**Выводы.** Анализ данных показывает, что при определении скорости накопления дефектов в 4-х групповом расчете значение завышается на 27 %, причем данная погрешность справедлива не только для уран-плутониевого ядерного топливного цикла, но и для торий-уранового для различных стартовых загрузок топлива. В моделях Снайдера и Нейфельда, Сандерса расчетная погрешность сохраняет свое значение 27 %. Этот факт объясняется тем, что во всех 3-х моделях каскадная функция описывается линейной зависимостью. В отличие от этих моделей, математическое выражение Линдхарда имеет экспоненциальную зависимость, вследствие чего, погрешность определения 4-х групповым методом составляет 37%, в сторону увеличения расчетных результатов. Скорость образования дефектов, полученная по модели Линдхарда, в течение кампании проектного ядерного топлива увеличивается от  $1,1 \cdot 10^{16}$  до  $1,7 \cdot 10^{16}$  см<sup>-3</sup>с<sup>-1</sup>.

**Список литературы:**

Нестеров В.Н., Шаманин И.В., Емец Е.Г., Цыганов А.А., Котляревский С.Г., Павлюк А.О. Аналитическая схема дефектообразования в кристаллической решетке графита при реакторном облучении //Известия вузов. Ядерная энергетика, 2008, - № 1. - с. 120-128.

1. М. Томпсон. Дефекты и радиационные повреждения в металлах, Издательство «Мир», М: 1971. – 368 с.

### СЕКЦИЯ № 3. НАНОТЕХНОЛОГИИ И ПУЧКОВО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДААННЫМИ СВОЙСТВАМИ

#### Процессы, происходящие при ионной имплантации

Айжигитов Д.М.  
daniel5555@mail.ru

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, Постников Д.В., ОмГТУ.*

В последнее время очень сильно возрос интерес к методам модифицирования материалов. Во-первых, это связано с рационализацией использования материалов. Во-вторых, методы модифицирования позволяют создать структуры с иными свойствами, отличающимися от свойств исходных образцов. В-третьих, очень важно отметить то, что методы модифицирования зачастую являются экономически выгодными, что не может остаться без внимания. В статье рассматриваются расчетные модели и результаты расчетов первично смещенных атомов при ионной имплантации, распределение температуры твердой мишени при облучении пучком электронов, величина пробега ионов в твердом теле.

#### **Основная часть.**

В данной работе рассмотрено распределение температуры образца при облучении пучком электронов. При электронно-лучевом нагреве можно достигнуть очень высокой концентрации тепловой энергии при сравнительно малой общей мощности пучка. При прохождении ионов в твердую мишень большая часть поглощенной веществом энергии пучка переходит в теплоту. Пока нагрев не сопровождается изменением агрегатного состояния вещества, закономерности проникновения электронов в образец при удельной мощности пучка до  $10^5$  Вт/см<sup>2</sup> остаются такими же, как и в случае маломощных потоков. Распределение температуры  $T$  в облучаемом образце в любой момент времени  $t$  можно найти, решая неоднородное уравнение теплопроводности

$$\nabla^2 T - \frac{c\rho}{\lambda} \frac{\delta T}{\delta t} = \frac{P(x, r, t)}{\lambda}, \quad (4)$$

где  $\lambda$  – теплопроводность материала,  $c$  – его теплоемкость,  $\rho$  – плотность.

Это уравнение необходимо решать в каждом конкретном случае, определив вид  $P$  ( $x, r, t$ ) и задав условия на границах образца и в начальный момент времени.

На основе уравнения теплопроводности была построена зависимость температуры от глубины пробега атома Be (Рисунок 2).

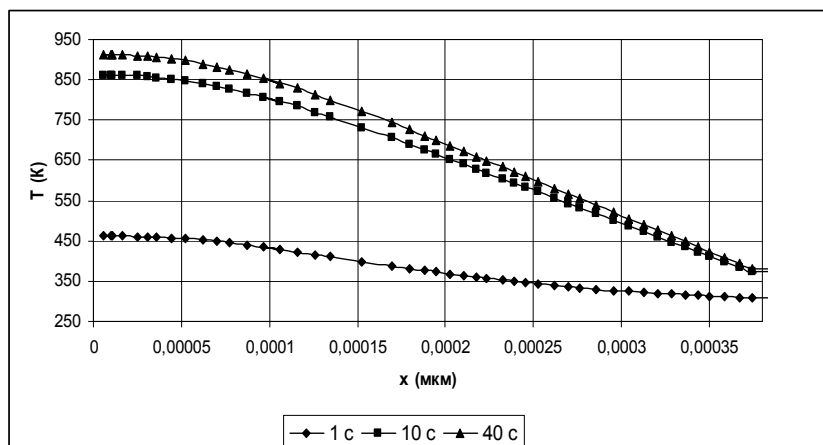


Рисунок 2. Зависимость  $T$  от  $x$  атома Be.

В работе проведен расчет концентрации смещенных атомов при ионной имплантации по глубине образца. Данный параметр позволяет предсказывать механические свойства материалов после радиационной обработки. Данные виды расчетов также используются при дальнейшем расчете перераспределении элементов в поверхностном слое при ионной имплантации в результате диффузии.

Теоретические исследования проводились как путем составления соответствующих уравнений, определяющих распределение по глубине упругих потерь энергии или числа смещенных атомов с энергиями в интервале от  $T_0$  до  $T_0 + dT_0$  и последующего определения из этих величин концентрации смещенных атомов  $n_d$  на глубине  $x$ , так и методом Монте-Карло. Выяснилось, что графики распределения концентрации смещенных атомов  $n_d(x)$  представляют собой колоколообразные функции и в первом приближении могут быть получены по соотношению:

$$n_d(x) = n_c \Phi = 0,4 \left( \frac{dE}{dx} \right)_n T_d^{-1} \Phi, \quad (1)$$

где  $\Phi$ -доза упавших ионов;  $n_c$  - число пар Френкеля, создаваемых ионом на единице глубины.

Если провести сопоставление, то оказывается, что профили распределения, полученные расчетным путем и экспериментально, хорошо согласуются. Если же говорить об абсолютных значениях концентраций или об интегральном числе созданных дефектов  $N_{d1}\Phi$ , где  $\Phi$ -доза, а  $N_{d1}$  определяется по формулам:

$$N_{d1} = 0,42 v/T_d \quad (2)$$

$$v(E_1) = \int_0^{E_1} S_n(S_n + S_e)^{-1} dE \quad (3),$$

то ситуация оказывается хуже. Для металлов даже при низких температурах экспериментально наблюдаемое количество дефектов может оказаться на порядок меньше предсказанного. Возможно, это связано с тем, что и при таких температурах имеет место спонтанная рекомбинация внутри каскадов смещений. В полупроводниках, наоборот, количество наблюдаемых дефектов в определенных условиях может быть больше, чем рассчитанное. Ярко этот эффект проявляется при облучении ионами с большими  $Z_I$  и  $M_I$ .

Итак, мы очень кратко обсудили механизмы, которые могут приводить к образованию смещенных атома и соответственно вакансий при прохождении ионов

через вещество, и получили некоторое представление о профиле генерации по глубине дефектов Френкеля, т. е. рассмотрели первичные процессы дефектообразования.

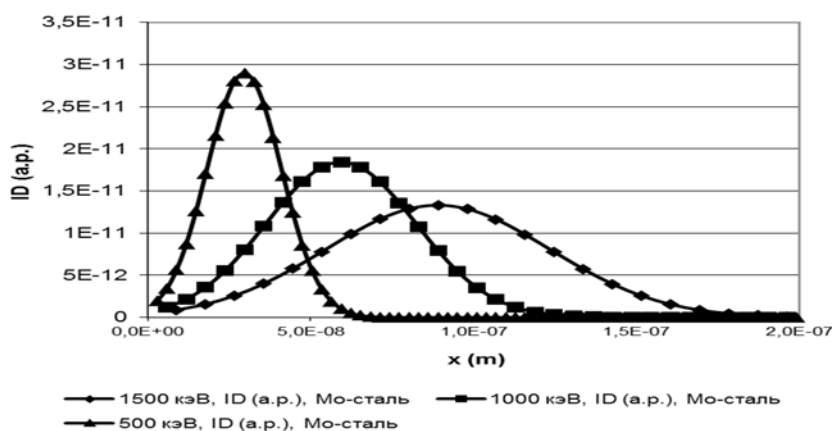


Рисунок 3. Зависимость концентрации смещенных атомов при имплантации ионов молибдена в сталь при разных энергиях.

### Заключение

Была разработана компьютерная программа на основе литературных данных по расчету распределения имплантированных атомов на глубине образца, по распределению температуры при облучении пучком электронов. Данная программа позволяет провести расчеты концентрации примеси по глубине образца, температуру в зависимости от энергии ионов и дозы облучения. Данный алгоритм может быть использован при разработке радиационных технологий, в частности ионной имплантации.

### Список литературы:

1. И. А. Аброян, А. Н. Андронов, А. И. Титов. Физические основы ионной и электронной технологии. – Москва.: Высшая школа, 1984.
2. Шиллер Э., Гайзиг У., Панцер З. Электронно-лучевая технология: Пер. с нем. – М.: Энергия, 1980.
3. Пранявичюс Л., Дудонис Ю. Модификация свойств твердых тел ионными пучками. – Вильнюс: Мокслас, 1980.

### Исследование структуры тонких пленок оксида и нитрида меди, полученных магнетронным напылением при различном составе атмосферы

Ажгихин М.И., Шульте Й., Элмер К.  
ashg@sibmail.com

Научный руководитель: доцент, к.т.н. Ан В.В., Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет

*Аннотация. В настоящее время становится актуальным разработка солнечных элементов на основе соединений меди. В связи с этим становится важным выяснить оптимальные условия получения тонких пленок. Для этого в данной работе исследована структура пленок оксида и нитрида меди, полученных методом*

*магнетронного напыления постоянного тока. Рассмотрена динамика изменения напряжения и вольтамперных характеристик при увеличении концентрации активного газа.*

В настоящее время происходит стремительный рост потребления энергии, причем основная часть энергии берется от использования ископаемых энергоносителей (нефть, газ, уголь и т.д.). В связи с этим происходит истощение доли ископаемых ресурсов планеты и ухудшение экологической обстановки. Поэтому разработка альтернативных источников энергии является одним из самых актуальных проблем современного общества. Одним из возможных источников альтернативной энергии является получение и накопление солнечной энергии с помощью солнечных элементов. Применение в качестве полупроводникового материала соединений меди обусловлено низкой токсичностью материалов, высоким коэффициентом абсорбции света в видимом диапазоне, широкой доступностью и, как следствие, относительной низкой стоимостью [1].

Одним из возможных вариантов синтеза и напыления тонких пленок служит магнетронное напыление, в связи с тем, что данный метод получения наноматериалов является чистым, позволяет контролировать состав осаждаемых пленок, толщину напыления, а также обеспечивает достаточную адгезию пленки.

Целью данной работы является исследование структуры пленок, полученных методом магнетронного напыления при различных соотношениях пассивного и активного газов.

**Экспериментальная часть.** Пленки оксида и нитрида меди были получены методом магнетронного напыления постоянного тока в средах активного ( $O_2$ ,  $N_2$ ) и пассивного (Ar) газов при температуре  $26^{\circ}C$ . Конструкция магнетрона планарная, мощность разряда при вариации составов газов Ar и  $O_2/N_2$  составляла 50 Вт. Для напыления использовали медную мишень диаметром 5 см, толщиной 6 мм. Чистота материала мишени 99,99%. Напыление проводилось на стеклянные подложки, предварительно обработанные в изопропанол в ультразвуковой ванне и промытые дистиллированной водой.

Кривые гистерезиса были исследованы путем изменения соотношения газов и параллельной регистрацией напряжения. Сначала повышали содержание реактивного газа (РГ) от 0% до 100% и снижали обратно до 0%. Изменение состава газов происходило каждые 90 с, из которых 60 с затрачивались на ожидание стабильного напряжения разряда, а во время оставшихся 30 с происходил сбор данных о величине напряжения.

Вольтамперные характеристики разряда среде активного и пассивного газов (ПГ) определялись путем изменения мощности разряда со 120 Вт до 10 Вт с параллельным сбором данных о токе и напряжении разряда. Время ожидания стабильных параметров составляло также 90 с.

Исследование фазового состава пленок оксида и нитрида меди, полученных при долях активных газов 5%, 33% и 66%, проводили на дифрактометре D8 ADVANCE BRUKER AXS. Тип сканирующего пучка – скользящий.

Экспериментальная часть работы проводилась в Берлинском Гельмгольц Центре Материалов и Энергии.

**Результаты и обсуждение.** Для определения процессов, происходящих на поверхности мишени в ходе напыления, были построены вольтамперные характеристики (ВАХ) для разряда, происходящего в следующих средах: Ar,  $O_2$ ,  $N_2$  (рис. 1).



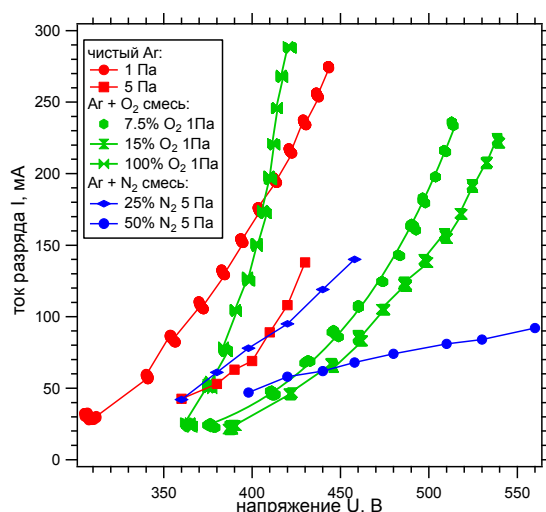


Рис. 1. Вольтамперная характеристика разряда при использовании медной мишени, находящейся в средах различных газов. ВАХ для газов с давлением 5 Па взяты из [2]

Как известно из [3, 4], напряжение разряда и наклон кривой вольтамперной характеристики зависит от материала используемой мишени и от содержания РГ в атмосфере камеры. Отсюда следует, что при воздействии РГ на поверхность мишени, будут изменяться характеристики разряда, что и можно видеть на рисунке 1. При увеличении доли кислорода до 15% сначала происходит смещение кривой вправо с уменьшением наклона, затем при достижении 100% содержания кислорода кривая смещается влево и увеличивается наклон. Для кривых, полученных в среде азота можно видеть, что наклон уменьшается при увеличении содержания РГ. Как было сообщено в [3, 4] чем меньше наклон кривой ВАХ, тем выше напряжение разряда.

На рисунке 2 представлены кривые гистерезиса для тлеющего разряда при различных значениях соотношений РГ и ПГ.

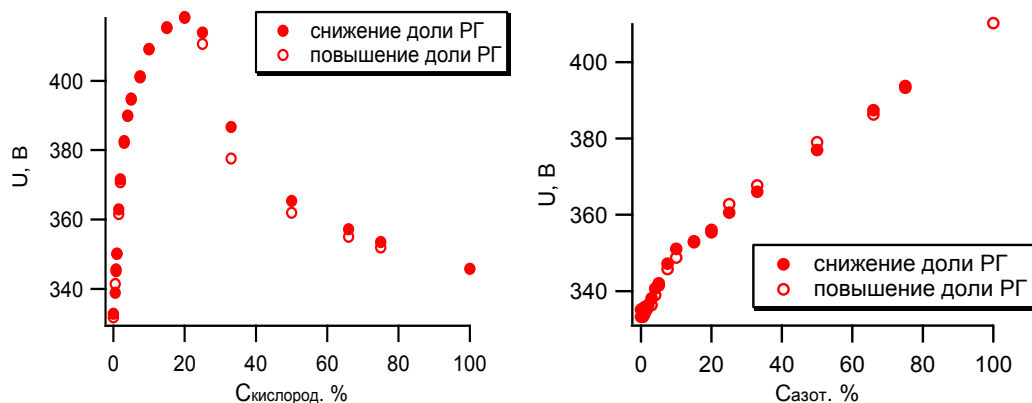


Рис. 2. Кривые гистерезиса напряжения для меди при различном соотношении аргона и кислорода (слева) и аргона и азота (справа).

Как видно из рисунка 2, площадь петель гистерезиса является малой величиной, что свидетельствует об обратимых реакциях на поверхности мишени меди и о стабильности разряда. Из графиков видно, что при увеличении доли азота постоянно

происходит увеличение напряжения. При увеличении кислорода до 20% напряжение возрастает, затем, при дальнейшем увеличении доли РГ, падает. Подобная динамика изменения параметра разряда наблюдается также и для наклона кривых ВАХ на рисунке 1. Такое поведение может быть объяснено тем, что в ходе увеличения доли РГ на поверхности медной мишени происходит формирование оксида или нитрида меди, которые обладают отличными коэффициентами вторичной эмиссии электронов (КВЭЭ). Чем ниже КВЭЭ, тем меньше электронов покидает поверхность мишени в ходе разряда, тем, следовательно, выше напряжение разряда. Очевидно, что КВЭЭ для нитрида меди ниже, чем для оксида меди при разряде в среде 100% РГ.

На рисунке 3 представлены рентгенограммы полученных пленок.

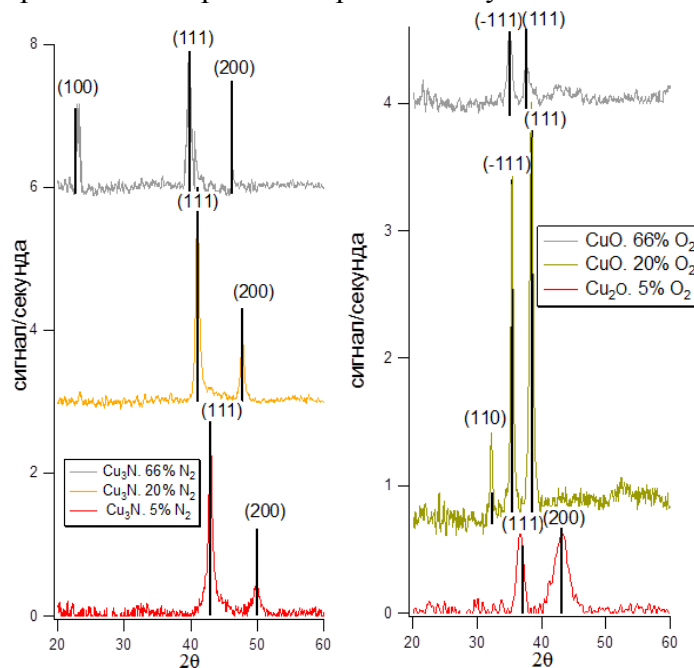


Рис. 3. Рентгенограммы пленок, полученных в среде азота (слева) и кислорода (справа). Из рентгенограмм удалены рефлексы аморфных фаз

Из правой рентгенограммы видно, что при малой концентрации кислорода происходит формирование  $\text{Cu}_2\text{O}$  на подложке при распылении. При увеличении доли РГ при напылении главные рефлексы смещаются в левую сторону. Смещение пиков происходит за счет увеличения постоянной решетки, как для соединений нитрида меди, так и для ее оксидов. Также можно сказать, что увеличение доли азота до 66% влечет за собой изменение кристаллической решетки  $\text{Cu}_3\text{N}$ , но не фазу вещества.

**Закключение.** В ходе работы построены кривые гистерезиса, выявлена ВАХ медной мишени для разряда при различных составах среды. Получены тонкие пленки  $\text{Cu}_2\text{O}$  и  $\text{Cu}_3\text{N}$ .

Установлено, что в активной среде изменяется КВЭЭ и, как следствие, изменяется напряжение разряда за счёт формирования оксида или нитрида меди на поверхности мишени. Динамика изменения наклона ВАХ изменяется аналогично напряжению при изменении состава газа, из чего можно сделать вывод, что наклон ВАХ зависит от КВЭЭ материала мишени, который в ходе изменения состава газа изменяется.

С помощью метода рентгенофазового анализа установлено, что при малой концентрации  $\text{O}_2$  происходит формирование  $\text{Cu}_2\text{O}$ . При большей –  $\text{CuO}$ . Увеличение доли  $\text{N}_2$  влечет за собой изменение кристаллической решетки и не влияет на

формируемую фазу. Также было установлено, что увеличение доли РГ влечет за собой увеличение параметра кристаллической решетки.

**Список литературы:**

1. K. Akimoto. Thin film deposition of Cu<sub>2</sub>O and application for solar cells // Solar Energy, v. 80, p. 715, (2006)
2. A Rizk, S.B. Youssef, S.K. Habib. Glow discharge characteristics when magnetron sputtering copper in different plasma atmospheres operated at low input power // Vacuum, v. 38, № 2, p. 93 (1988)
3. D. Depla, S. Heirwegh, S. Mahieu, J. Haemers, R. De Gryse. Understanding the discharge voltage behavior during reactive sputtering of oxides // Journal of applied physics, v. 101, № 013301 (2007)
4. D. Depla, S. Mahieu, R. De Gryse. Magnetron sputter deposition: Linking discharge voltage with target properties // Thin Solid Films, v. 517, p. 2825, (2009)
5. Берлин Е.В., Двинин С.А., Сейдман Л.А. Вакуумная технология и оборудование для нанесения и травления тонких пленок. М.: Техносфера, 2007. – 176 с.

**Оценка физико-механических свойств, структурных составляющих сплава Ti-Nb**

Беляков А.В.<sup>1</sup>, Парилов Е.А.<sup>1</sup>, Химич М.А.<sup>2</sup>  
[infyufbnehybr@mail.ru](mailto:infyufbnehybr@mail.ru)

*Научный руководитель: Ковалевская Ж.Г., к.т.н., доцент кафедры МТМ ИФВТ ТПУ*  
*<sup>1</sup>ГОУ ВПО НИ Томский политехнический университет,*  
*<sup>2</sup>Томский государственный Университет*  
*634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30*

Развитие технологий неизбежно приводит к уменьшению размеров различных электронных компонентов. Поэтому все больше растет актуальность наноматериалов, которые позволяют создавать более совершенные устройства. Для создания любого устройства необходимо изучить свойства материала. Эмпирически доказано, что при уменьшении какой-либо структуры до размеров, не превышающих 1000 нм, происходит изменение свойств материала. При размерах меньше 10 нм происходит радикальное изменение. Поэтому для дальнейшего развития различных научных областей необходимо изучение свойств наноструктур.

Одним из методов формирования материалов с наноструктурой является интенсивная пластическая деформация (ИПД) Объемные заготовки. В роли заготовки могут быть использованы слитки сплава, способного к длительной пластической деформации без разрушения

Одним из таких сплавов является сплав Ti-Nb.

Целью данной работы являлось исследование физико-механических свойств (нанотвердости и модуля упругости структурных составляющих сплава Ti-Nb. Анализировались свойства слитков разного химического состава и образцов после интенсивной пластической деформации.)

**Материалы и методика исследования.** В работе исследовались слитки сплава Ti-Nb, полученные электродуговой плавкой с не расходуемым электродом в

охлаждаемый медный тигель. Слитки были произведены в институте цветных металлов. г. Пекин. Полученный сплав содержал 10, 25, 40 массовых процентов ниобия.

Слитки имели небольшой размер диаметр-8 мм, высота-20 мм. Поэтому в процессе кристаллизации в сплаве формировались равновесные и неравновесные фазы. ИПД проводилось на образцах из сплавов 40% Nb и состояло из операции абс прессования и последующей прокатки. Данная часть работы была выполнена в Институте Материаловедения СО РАН. Из фрагментов слитков и заготовок полученных ИПД вырезались шлифы. Плоскость сечения шлифа заготовок ИПД совпадало с продольным и поперечным сечением профиля проката. Рентгено-структурный анализ проводился на дифрактометре ДРОН-7. Оптическая микроскопия проводилась на микроскопах Carl Zeiss Axio Observer. Травитель: в равных объемных долях вода, плавиковая и азотная кислота. Нанотвердость и модуль упругости определяли на приборе.

**Результат эксперимента.** В сплавах титана, в зависимости от режимов термической обработки и от химического состава, могут образовываться твердые растворы на основе  $\alpha$ - и  $\beta$ - модификаций титана как стабильные  $\alpha$ ,  $\beta$ , так и метастабильные  $\alpha'$ ,  $\alpha''$ ,  $\omega$ .

РСА отливки сплава Ti-10% Nb показывает, что основной фазой является  $\alpha$ -титан. Возможно с небольшим содержанием количество  $\alpha'$ - фазы.

Наличие  $\alpha'$ -фазы подтверждается микроструктурным анализом. Игольчатая структура на снимке говорит о сформировавшейся неравновесной мартенситной  $\alpha'$ -фазе.  $\alpha$ -фаза представлена первичными дендритами, расположенными равномерно по всем исследуемым участкам

Для  $\alpha$ -фазы, представленной темными участками на металлографических снимках, среднее значение твердости  $HV_{cp} = 1958$  МПа с интервалом значений 1677–2588 МПа; среднее значение модуля упругости  $E_{cp} = 106$  ГПа. Для  $\alpha'$ -фазы, представленной на снимке светлыми участками игольчатой формы,  $HV_{cp} = 1850$  МПа с интервалом значений 1700–1970 МПа, а  $E_{cp} = 92,4$  ГПа.

Основываясь на результатах рентгеноструктурного и микроструктурного анализов можно сказать, что в отливке сплава Ti-10% Nb присутствуют две структурные составляющие. Основной объем сплава занимают дендриты равновесной  $\alpha$ -фазы с единичными включениями иголок  $\alpha'$ -мартенсита. Твердость и модуль упругости неравновесной структурной составляющей немного ниже.

Анализ дифрактограммы отливки сплава Ti-25% Nb показал, что сплав представлен  $\alpha''$ - и  $\beta$ -фазой. Такой фазовый состав подтверждается результатами микроструктурного анализа (рис. 2б). Как можно заметить, сплав неоднородный по своей структуре. Присутствуют дендриты с мелко-игольчатой мартенситной структурой, расположенной равномерно по всему образцу. Мелко-игольчатая структура, занимающая большую часть объема является  $\alpha''$ -фазой. Помимо того, на образце при большом увеличении наблюдаются белые участки, они занимают небольшую площадь исследуемой поверхности и предположительно представляют  $\beta$ -фазу.

Измерения микротвердости показали, что в структурной области  $\alpha''$ -фазы  $HV_{cp} = 4100$  МПа с интервалом значений 3930–4430 МПа, а  $E_{cp} = 140,8$  ГПа; в структурной  $\beta$ -области  $HV_{cp} = 4060$  МПа с интервалом значений 3670–4520 МПа, а  $E_{cp} = 140$  ГПа. Структурная неоднородность связана с дендритной ликвацией.

В исходном литом состоянии отливки сплава Ti-40% Nb основной является  $\beta$ -фаза.

Металлографический анализ показал, что  $\beta$ -фаза формирует полиэдрические зёрна с хорошо сформировавшимися границами, имеющие линейный вид. По всему объёму слитка фиксируются близкие значения микротвердости  $HV_{cp} = 3220$  МПа в интервале 3110–3340 МПа. Модуль упругости  $E_{cp} = 86,5$  ГПа.

Таким образом, определено, что в слитке сплава Ti-40% Nb однородная зернистая структура, состоящая из зерен  $\beta$ -фазы.

По результатам РСА, после ИПД в сплаве Ti-40% Nb фазовый состав не меняется. Изменение интенсивности интерференционных линий указывает на формирование текстуры. Металлографически текстура наблюдается в виде вытянутых в направлении деформации линий скольжения.

В поперечном сечении среднее значение твердости  $HV_{cp} = 3170$  МПа с интервалом значений 2585–3870 МПа; среднее значение модуля упругости  $E_{cp} = 79$  ГПа. В продольном сечении,  $HV_{cp} = 2796$  МПа с интервалом значений 1210–3250 МПа, а  $E_{cp} = 80$  ГПа.

**Заключение:** В процессе формирования слитков электродуговой плавкой в сплаве Ti-Nb формируются равновесные и неравновесные фазы, наличие и количество которых определяется составом сплава: при 10% Nb наблюдаются  $\alpha$ -фаза и неравновесная  $\alpha'$ -фаза; при 25% Nb –  $\beta$ -фаза и неравновесные  $\alpha'$ - и  $\alpha''$ -фазы; при 40% Nb –  $\beta$ -фаза.

В слитках сплава Ti-Nb не наблюдается ярко-выраженной структурной неоднородности, что позволяет их использовать для интенсивной пластической деформации

**В Результате эксперимента.** Одной из основных проблем машиностроения, как известно, является проблема изнашивания технических средств. Естественно, что борьба с ней является, по сути, одним из главных направлений в развитии машиностроения вообще [1]. В первой половине 90-х годов прошлого столетия сотрудником НИИ «Механбор» (г. С.-Петербург) Д.М. Телухом были опробованы смазочные композиции. Испытания таких композиций с добавлением тонкодисперсных порошковых железистых кварцитов на испытательном полигоне НПО «Микрогонмаш» в г. Омске в 1985г. дали положительные результаты. Были проведены первые испытания новых смазочных композиций (СК). Экспериментальное использование таких СК привело к увеличению прочности и долговечности тестируемых деталей. Сотрудниками НПО «Руспромремонт» было установлено, что для реализации ремонтно-восстанавливающей технологии наилучшими материалами являются минералы типа серпентинитов [2].

Нами была поставлена задача экспериментальным путем оценить характер взаимодействия СК с материалом детали из сплава на основе железа – стали при формировании защитного металло-керамического слоя – покрытия, повышающего прочность и износостойкость деталей.

Для изучения процесса взаимодействия СК с поверхностью стали использовался термогравиметрический (ТГ) и дифференциальный сканирующий калориметрический (ДСК) анализ. В настоящее время проводится рентгеноструктурный анализ (РСА) и оптическая металлография.

За основу эксперимента нами были взяты порошки серпентина и технически чистого железа. Первое, что мы сделали – разделили порошок железа на фракции. В эксперименте был использован порошок, размер крупинок которого составлял 40-125мкм.

Был проведен анализ следующих материалов: серпентина, порошка железа и механической смеси 50об.% серпентина и 50об.% железа. С помощью **прибора для синхронного ТГ-ДСК анализа STA 409 PC Luxx** проведена оценка потери веса и количества поглощаемого тепла навесок серпентина, технически чистого железа и механической смеси серпентина и железа. Оценивались процессы, происходящие в материале в интервале температур 25 – 1400°C.

Анализ кривой потери массы серпентина показал, что при нагреве происходит уменьшение массы вещества в интервале температур 520 – 720°C и составляет 10 мас.%. Как показывает ДСК кривая, нагрев серпентина до температуры 500°C идет без тепловых скачков. Затем начинается потеря тепла, что говорит о том, что в материале происходят эндотермические процессы (рис.1).

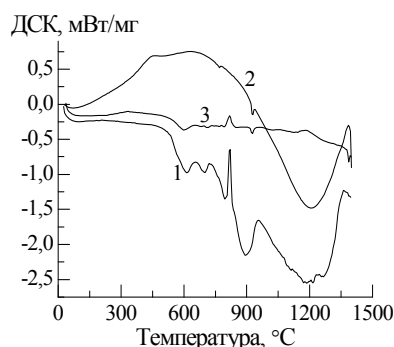


Рис. 1. Изменение тепловой энергии при нагревании серпентина (1), железа (2) и смеси серпентина и железа (3)

В случае нагрева порошка железа потери веса во всем интервале температур не происходит. ДСК кривая имеет плавный подъем до 700°C с выделением энергии с переходом к плавному спаду с эндотермическим эффектом при температуре 900°C. На кривой в виде перегибов и пиков регистрируются все характерные для технически чистого железа критические точки: температура рекристаллизации; точка Кюри; полиморфное превращение  $\alpha$ -железа в  $\gamma$ -железо и т.д. Все перечисленные процессы происходят с незначительной потерей энергии.

ТГ анализ показал, что добавление в серпентин 50об.% железа затруднило процесс снижения масса вещества до значения 2%. Сравнительный анализ ДСК кривых показал, что до температуры 450°C динамика процесса нагрева смеси серпентина и железа повторяет процесс нагрева серпентина с той лишь разницей, что при нагреве смеси поглощается меньшее количество тепла, что обусловлено протеканием экзотермических процессов в железной составляющей смеси (рис. 1). В интервале температур 450 – 700°C влияние экзотермического выделения тепла в железной составляющей смеси почти полностью нивелирует потерю тепла, характерную для реакций, протекающих в серпентине в этом температурном интервале. При дальнейшем нагреве, несмотря на то, что в случае нагрева железа или серпентина в отдельности имеет место значительное поглощение тепла, при нагреве смеси порошков данного процесса не происходит. Следовательно в смеси серпентина с железом при нагреве выше 700°C происходят дополнительные реакции [3].

Для оценки фазовых превращений происходящих в исследуемой смеси при нагреве до определенных нами критических температур, были нагреты отдельно порошки железа и серпентина, а также их смесь в атмосфере аргона. Нагрев проводили в защитной атмосфере аргона до 550 и 850°C и охлаждали с печью. При нагреве серо-зеленый порошок серпентина изменил свой цвет – после нагрева до

550°C стал песочным, а после нагрева до 850°C – терракотовым, что говорит об изменении его фазового состава (рис.2).

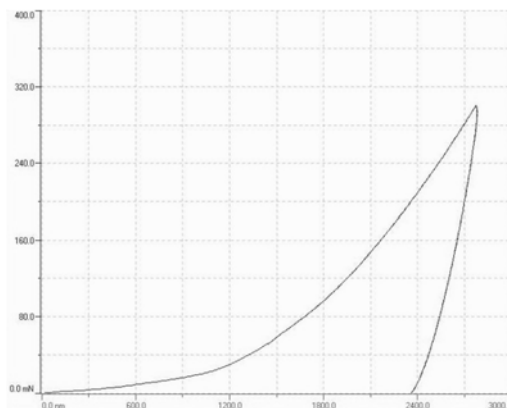


Рис.2. Изменение цвета порошка серпентина при нагреве его в воздушной атмосфере до 600 и 900°C

При нагреве порошок железа также изменил цвет – стал значительно темнее. При нагреве смеси порошков железа и серпентина до вышеуказанных температур произошло спекание компонентов с образованием конгломерата.

Полученные нами смесь серпентина и железа, а также продукты нагрева были отправлены в НГТУ (г. Новосибирск) для РСА.

Следующим этапом работы, было исследование механического взаимодействия компонентов смеси. Для этого проводили механическое смешивание составляющих в шаровой мельнице. Всего порошки смешивались 336 часов (две недели). В результате, на шариках шаровой мельницы сформировалось рыхлое покрытие серо-зеленого цвета (рис.3).



Рис.3. Шарика шаровой мельницы с образовавшимся на них покрытием

Возможно, что на шарики налип серпентин, а железо оказалось слишком тяжелым, тогда надо было использовать более мелкую фракцию. Для точного определения состава сформировавшегося покрытия образцы были отправлены на РСА.

Несколько шариков с налипшим на них слоем были использованы для проведения оптической металлографии. Мы подготовили форму, поместили в нее шарики и залили эпоксидной смолой. Сделали шлиф и обнаружили, что покрытие не имеет адгезионной связи с шариком. Можно предположить, что в ходе механического перемешивания воздействия, которое оказывали падающие друг на друга стальные шарики, было не достаточно для образования связи между частицами серпентина и материалом шарика.

**Выводы:**

1. Для формирования металлокерамических покрытий процессы, протекающие в зоне взаимодействия, должны соответствовать условиям нагрева в интервале 520...700°C.
2. Для формирования покрытия получаемого из смеси порошков железа и серпентина в условиях перемешивания в шаровой мельнице, необходимо использовать более мелкую фракцию железа.
3. Для образования связи между частицами серпентина и железа необходимо не только механическое воздействие, оказываемое падающими друг на друга шариками, но и какое-либо другое – возможно ультразвуковое и термическое.

#### **Список литературы:**

1. Зуев В.В., Лазарев С.Ю. и др. Новые подходы к процессам трения и износа // сайт <http://www.forsan.biz>
2. Телух Д.М., Кузьмин В.Н., Усачев В.В. // Трение, износ, смазка (электронный ресурс). – 2009. – №3. – 2с.
3. Ковалевская Ж.Г., Белявская О.А., Уваркин П.В. Исследование влияния температуры на взаимодействие геомодифицирующего материала и стальной детали // Изв. вузов. Физика. – 2011. – Т. 54. – №. 11/3 – С. 242-245.

#### **Исследование продуктов системы Fe-O, полученных плазмодинамическим методом**

Бракк И.С., Ломакина А.А., Сивков А.А., Ивашутенко А.С.  
brakkivan@mail.ru

*Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет*

**Аннотация.** В представленной работе показана возможность прямого плазмодинамического синтеза ультрадисперсных гетерофазных порошков оксидов железа принципиально новым высокоэффективным способом. Образование и сохранение значительного количества метастабильной (в обычных условиях орторомбической) модификации  $\epsilon$  –  $Fe_2O_3$  оксида железа является уникальной особенностью порошков плазмодинамического синтеза.

**Введение.** Нанодисперсные магнитные материалы на основе оксида железа имеют достаточно широкий спектр применений, в таких областях, как медицина, спинтроника, магнитные записывающие устройства. Также материалы системы Fe-O могут применяться в качестве сорбента тяжелых металлов для очистки природных и сточных вод и даже от загрязнения их нефтью. В том числе магнитные фазы Fe-O находят свое применение и в магнитных жидкостях [1-3].

**Экспериментальная часть.** Ультрадисперсный порошок оксида железа получен универсальным плазмодинамическим методом в гиперскоростной струе электроразрядной плазмы. Струя в замкнутом объеме камеры-реактора (КР) генерируется импульсным, сильноточным, коаксиальным магнитоплазменным ускорителем (КМПУ) со стальными электродами. Электропитание КМПУ осуществляется от емкостного накопителя энергии (ЕНЭ) с емкостью конденсаторной батареи  $C = 14,4$  мФ и зарядным напряжением  $U_{зар} = 4,0$  кВ, показаны в работе [4]. Ствол ускорителя изготавливается из отрезка стальной трубы



с диаметром цилиндрического ускорительного канала (УК)  $d_{ук} = 15$  мм и длиной  $l_{ук} = 224$  мм. Давление воздушной атмосферы в камере-реактора (КР) составило  $P_0 = 1,0$  атм. Так же основание ствола заполнено водой массой 1 грамм. В данном опыте вода выполняла несколько функций - выступала в качестве окислителя и являлась проводником.

Осциллограммы рабочего тока  $i(t)$ , напряжения  $U(t)$ , мощности  $P(t)$  и энергии  $W(t)$  на электродах ускорителя приведены на рис.1. В течение всего рабочего цикла происходит электроэрозионная наработка металла с поверхности УК. Эродированный металл поступает в плазму разряда и выносится сверхзвуковой струей, распыляясь в КР с образованием ультрадисперсных порошков (УДП) оксидов железа.

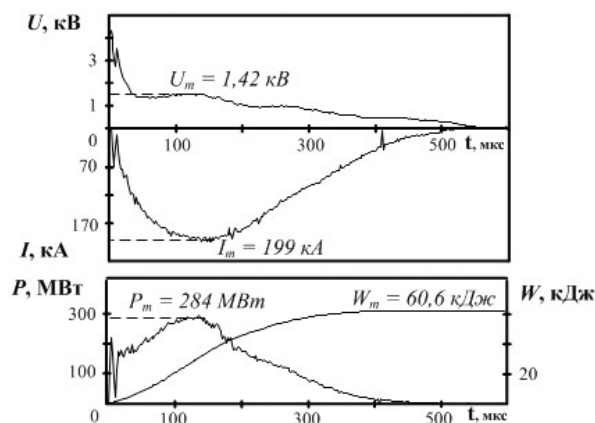


Рисунок 1. Осциллограммы рабочего тока  $i(t)$  и напряжения  $U(t)$ , мощности  $P(t)$  и энергии  $W(t)$  на электродах ускорителя

На рис.2 приведены в сравнении характерные рентгеновские дифрактограммы УДП (дифрактометр Shimadzu XRD-6000) полученных при  $P_0 = 1,0$  атм. выстрелом в воздушную атмосферу (1) и с использованием 1 грамма воды, как окислителя (2).

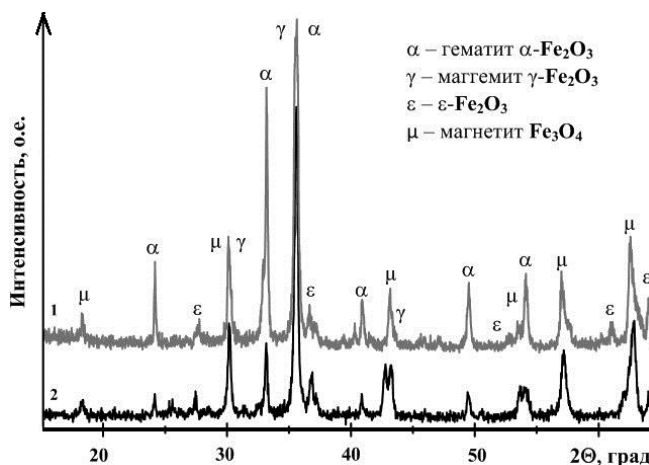


Рисунок 2. Характерные дифрактограммы УДП

Процентное содержание масс показывает, что наличие магнитных фаз во втором случае (рис. 2, кривая 2) гораздо выше, чем в первом случае (рис. 2, кривая 1). Являясь дополнительным окислителем (в первую очередь это воздушная атмосфера), вода

быстрее проводит окислительный процесс и, следовательно, в нашем случае мы имеем значительное увеличение фазы магнетита.

Так же были проведены дополнительные исследования полученного материала. Часть полученного порошка оксида железа была подвергнута температурному влиянию, нагрев происходил в течение часа при температуре 600°C. Необходимо было рассмотреть изменения магнитных свойств и размеров частиц оксидов железа под влиянием температуры и времени.

Вывод. Приведенные экспериментальные данные показали возможность синтеза нанодисперсных гетерофазных порошков оксида железа новым плазмодинамическим методом с относительно высокой производительностью и низкими энергетическими затратами.

Магнитные свойства nano размерных частиц определяются многими факторами – химический состав, тип кристаллической решетки, размер и форма, так же и взаимодействие их с другими частицами. Изменяя размеры, форму и состав частиц можно в определенных пределах управлять магнитными характеристиками материалов на их основе. Однако, контролировать все эти факторы при плазмодинамическом синтезе удастся далеко не всегда, поэтому и свойства однотипных материалов могут различаться.

#### **Список литературы:**

1. Губин С.П., Кокшаров Ю.А., Хомутов Г.Б., Юрков Г.Ю. Магнитные наночастицы: методы получения, строение и свойства// Успехи химии. – 2005. – №74(6). – С.539-574.
2. Осипов В.В., Платонов В.В., Уймин М.А., Подкин А.В. Лазерный синтез нанопорошков магнитных оксидов железа// Журнал технической физики. – 2012. – Т.82. – №4. – С.123-129.
3. Лютоев А.А., Смирнов Ю.Г. Моделирование поведения магнитных наночастиц в жидкой среде с целью разработки технологии очистки загрязненных нефтью сточных вод// Информационные технологии в управлении и экономике. – 2012. – №2. – Ухта, УГТУ.
4. Сивков А.А., Найден Е.П., Герасимов Д.Ю. Прямой динамический синтез нанодисперсного нитрида титана в высокоскоростной импульсной струе электроэрозионной плазмы// Сверхтвердые материалы. – 2008. – №5(175). – С.33-39.
5. Найден Е.П., Итин В.И., Магаева А.А., Терехова О.Г. Процессы старения в наноразмерных порошках феррошпинелей// Физика твердого тела. – 2009. – Т.51. – в.8. – С.1576-1579.

#### **Исследование морфологии тонкопленочного гетероперехода $p\text{-SnS}/n\text{-ZnO}$**

Дронова М. В.  
dronova.mariya@mail.ru

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, Ан В.В., кафедра наноматериалов и нанотехнологий, ТПУ*

В работе представлены результаты исследования морфологии тонкопленочного гетероперехода  $p\text{-SnS}/n\text{-ZnO}$ , полученного методом магнетронного распыления в DC

и HF режимах. Определены основные параметры структуры пленок с использованием инструмента визуализации и анализа АСМ-изображений Gwyddion, а также их элементный состав.

Сульфид олова – многообещающий полупроводниковый материал для фотовольтаики с высоким коэффициентом поглощения и оптимальным значением ширины запрещенной зоны равной 1.3 эВ [1].

Большинство существующих методов синтеза пленок SnS (термическое испарение [2], гидрохимическое осаждение из водных сред [3]), плазмохимическое осаждение, молекулярная эпитаксия) обладают рядом существенных недостатков. Для первых двух случаев характерны малая скорость нанесения покрытия, небольшой выход материала в вопросах промышленного применения. Основной недостаток для последних двух методов заключается в повышении пористости пленки и неравномерного распределения осаждаемых элементов по толщине за счет протекания неоднородных газовых потоков в вакуумном объеме [4].

Наряду с этим, большой интерес для получения тонкопленочных структур с низкой стоимостью и стабильностью процесса при высокой скорости осаждения напыляемого материала представляет собой метод магнетронного распыления [5].

Типичный гетеропереход, базирующийся на тонкопленочных технологиях содержит: сплошной тыльный контакт (Ag), полупроводник *p*-типа (SnS) и лицевое покрытие *n*-типа (ZnO). Значительный интерес при исследовании гетеропереходов такого типа связан с анализом топографии, являющийся первоначальным базовым этапом перед тем, как переходить к рассмотрению оптоэлектрических процессов, протекающих на границе раздела *p*-SnS/*n*-ZnO. В связи с этим, в данной работе изучены параметры поверхности тонкопленочного гетероперехода Ag/*p*-SnS/*n*-ZnO, полученного магнетронным распылением.

Однослойные пленки Ag, SnS, ZnO, а также многослойные тонкопленочные гетеропереходы Ag/SnS/ZnO напылялись на керамические подложки методом магнетронного распыления на установке ННВ-6 «Булат» при параметрах, подробно описанных в Таблице 1. Для предварительной ионно-плазменной очистки подложек установка оснащена ионным источником с замкнутым дрейфом электронов. Время очистки 5 минут, ток пучка 10 мА, напряжение 1000 В.

Напыление образцов проводили в атмосфере аргона при давлении газа равным  $6 \cdot 10^{-3}$  Па. Расстояние между мишенью и подложками составляло 55 мм.

Для анализа морфологии пленочных структур использовали атомно-силовой микроскоп (АСМ) «Ntegra-Aura» с полем сканирования  $40 \times 40$  мкм в полуконтактном режиме с использованием кремниевых кантилеверов NSG01. Обработка и анализ АСМ-изображений осуществлялись с помощью программного модуля Gwyddion. На основе функциональных возможностей программного модуля Gwyddion определяли следующие параметры: средняя шероховатость  $R_a$ , поверхностная пористость  $P_{surf}$  и средний размер пор  $D_{por}$ . Согласно [6], поверхностная пористость определяется как:

$$P_{surf} = \frac{S_{por}}{S_{scan}},$$

где  $S_{por}$  – площадь, занимаемая порами,  $S_{scan}$  – площадь всего снимка.

Элементный анализ проводили методом оптической спектроскопии высокочастотного тлеющего разряда (RF-GD-OES) Gd-Profilер2 в постоянном режиме.

Таблица 1. Условия напыления

Мишень	Ag	SnS	ZnO
Остаточное давление	$6 \cdot 10^{-3}$ Па		
Мощность режима	HF, W=100 Вт ; F=100 кГц; D=80%	DC, W =40 Вт	DC, W=40 Вт
Давление газа	2–2,5 Па		
Расстояние мишень-подложка	55 мм		
Рабочая среда (газ)	Аргон	Аргон	Аргон
Температура подложки	комнатная	комнатная	120–125°C
Время напыления, мин	2	3	5

Визуализация поверхностных параметров для образцов Ag, SnS и ZnO проводилась с помощью атомно-силовой микроскопии, результаты исследования представлены на Рисунке 1. Результаты АСМ-анализа позволяют предположить механизм роста пленок в системе  $p$ -SnS/ $n$ -ZnO по Фольмеру-Вебера. Такой механизм предполагает зарождение пленки путем образования изолированных трехмерных островков – зародышей с последующим ростом и их увеличением в размерах до образования сплошной пленки [7]. Экспресс-анализ по определению толщины, а также значения средней шероховатости  $R_a$  исследуемого гетероперехода представлены в Таблице 2.

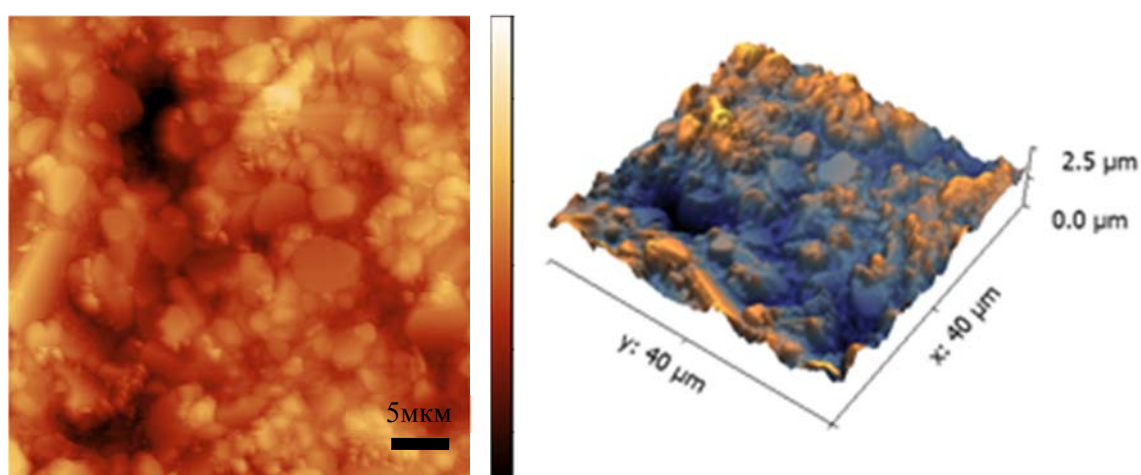


Рисунок 1. АСМ-снимок поверхности тонкопленочного гетероперехода Ag/ $p$ -SnS/ $n$ -ZnO в 2D и 3D вариациях

Таблица 2. Результаты по определению средней высоты профиля  $R_z$  и средней шероховатости  $R_q$  пленок Ag, SnS, ZnO и всего гетероперехода Ag/p-SnS/n-ZnO на керамической подложке

Образец	Средняя высота профиля $R_z$ , нм	Средняя шероховатость $R_a$ , нм
Ag	≈90	73
SnS	≈50	56
ZnO	≈20	50
Ag/p-SnS/n-ZnO	≈ не более 200	15

Параметры  $P_{surf}$  и  $D_{por}$  для каждого из образцов, полученные с помощью программного модуля Gwyddion, приведены в Таблице 3.

На всех АСМ-снимках помимо частиц напыляемого образца наблюдаются также крупные зерна керамической подложки. Топография тонких пленок характеризуются расположением некоторого числа глубоких впадин порядка 6-8 мкм в связи с большой неоднородностью самой подложки, число которых в полностью сформированной структуре Ag/p-SnS/n-ZnO заметно снижается, и параметр шероховатости падает до значения 15 нм.

Уменьшение пористости и соответственно размера пор в системе «Подложка–Ag–SnS–ZnO» можно связать с постепенным заполнением пустот, вызванных большой шероховатостью керамики частицами серебра, сульфида олова и оксида цинка, что способствует созданию более однородной структуры. Характерный размер пор в структуре Ag/p-SnS/n-ZnO достигает порядка 1,04 мкм, значение поверхностной пористости составляет 1,8%.

Таблица 3. Результаты по определению  $P_{surf}$  и  $D_{por}$  исследуемых образцов

	$P_{surf}$ , %	$D_{por}$ , мкм
Ag	5,6	1,28
Ag/p-SnS	3,6	1,07
Ag/p-SnS/n-ZnO	1,8	1,04

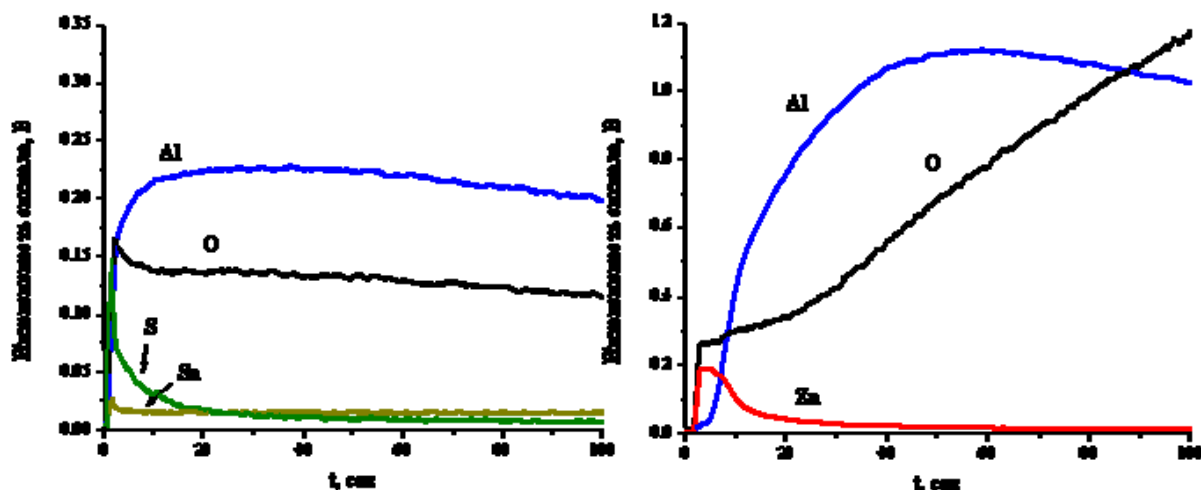


Рисунок 2. Результаты элементного анализа пленок SnS, ZnO на спектрометре тлеющего разряда

Качественные профили пленок сульфида олова и оксида цинка представлены на Рисунке 2. По четко сформированным полочкам на начальных этапах распыления для Zn, O и Sn, S элементов можно предположить об образовании фаз  $Zn_xO_y$  и  $Sn_xS_y$ . С увеличением времени распыления аргона, а, соответственно, и продвижением вглубь поперечного сечения образцов интенсивность кривых для Al и O, являющихся элементами используемых подложек, растет. Малую интенсивность линий для Zn, O и Sn, S можно связать с достаточно небольшой толщиной исследуемых образцов, которая была определена по АСМ-снимкам в программном модуле Gwyddion.

Таким образом, исследуемый гетеропереход характеризуется небольшой пористостью и шероховатостью, отчасти вызванной влиянием керамических пластин. Толщина всего гетероперехода составляет не более 200 нм. Результаты элементного анализа подтвердили наличие напыляемых элементов в образцах.

#### Список литературы:

1. S.A. Bashkirov, V.F Gremenok, V.A. Ivanov, V.V. Lazenka, K. Bente // Thin Solid Films, v. 520, pp. 5807–5810, (2012);
2. P.A. Nwofe, K.T. Ramakrishna Reddy, J.K. Tan, I. Forbes, R.W. Miles // Physics Procedia, v. 25, pp.150–157, (2012);
3. Федорова Е.А., Базанова Е.А., Маскаева Л.Н., Марков В.Ф. Механизм формирования пленок SnS химическим осаждением из водных растворов
4. Удовиченко С.Ю. Пучково-плазменные технологии для создания материалов и устройств микро- и наноэлектроники. Часть 1-я: Методическое пособие, Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2014. – с.28;
5. J. Orava, T. Kohoutek, T. Wagner // Chalcogenide Glasses. Preparation, Properties and Applications, p. 278, (2014);
6. V.V. Bolotov, Yu.A. Stenkin, N.A. Davletkildeev, O.V. Krivozubov, I.V. Ponomareva // Physics and techniques of semiconductors, v. 43, №1, p.101, (2009);
7. Иевлев В.М., Трусков Л.И., Холмянский В.А. Структурные превращения в тонких пенках. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1988. – 6 с.

**Сравнительный анализ структуры полимерных нетканых материалов,  
полученных методом электроспиннинга и аэродинамического формования в  
турбулентном газовом потоке**

Фомичев А.К., Волокитина Т.Л.  
agronianin@mail.ru

*Научный руководитель: Волокитина Т.Л., аспирант кафедры ТиЭФ ФТИ  
Национального исследовательского Томского политехнического университета*

Медицина в наши дни ищет новые способы скорейшего восстановления организмом человека важных жизненных функций и реабилитации пациентов после тяжелых заболеваний. Поэтому внимание ученых направленно на перспективные полимерные материалы, которые позволяют управлять структурно-функциональным состоянием клеток, участвующих в регенеративных процессах.

Для этих целей широко применяют специальные трехмерные нетканые матриксы, которые могут регулировать процессы восстановления живых тканей. Однако данные материалы должны обладать рядом необходимых физико-механических, химических и биологических свойств.

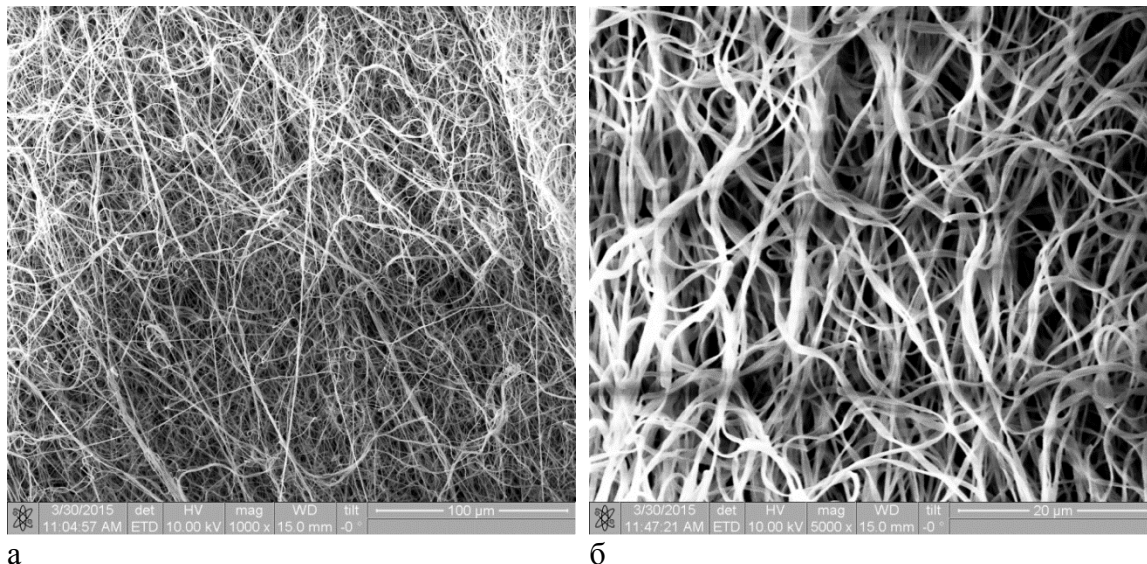
Существуют различные методы получения полимерных матриксов. Самыми передовыми и эффективными на данный момент являются метод электроспиннинга (electrospinning, ES) и аэродинамического формования в турбулентном газовом потоке (solution blow spinning, SBS). Метод электроспиннинга основан на использовании электростатических сил для формирования волокон из полимерного раствора или расплава. Этот метод подходит для создания тонких волокон, диаметром от нано- до микрометра, имеющих большую удельную поверхность. Матриксы, полученные данным методом, имеют высокую степень однородности, а также высокие прочностные свойства [1, 2]. Аэродинамическое формирование в турбулентном газовом потоке – это изготовление полимерных нетканых материалов из растворов или расплавов под действием нагретого сжатого газа или воздуха [3].

Манипулируя технологическими параметрами формирования можно получить нетканые материалы, которые будут обладать требуемыми характеристиками. Одними из значимых свойств нетканых матриксов является их морфология, определяющая механические свойства, а также дальнейшую сферу применения материалов. Целью данной работы было сравнение структуры нетканых матриксов, полученных методом электроспиннинга и аэродинамическим формированием.

Полимерные нетканые матриксы были сформированы из раствора сополимера тетрафторэтилена с винилиденфторидом в смеси метилэтилкетона и диметилформамида, взятых в объемном отношении 1:2. Формирование нетканых материалов методом электроспиннинга осуществлялось с помощью установки «NANON-01» при следующих параметрах: расход полимерного раствора 5 мл/час, диаметр иглы 0,1 мм, расстояние от сопла до сборочного коллектора 16 см, разность потенциалов 20 кВ. Формирование нетканых материалов методом SBS осуществляли с использованием установки, описанной в работах [4, 5] при следующих технологических параметрах: расход раствора 60 мл/час, давление сжатого воздуха 0,2 МПа, диаметр сопла подачи полимерного раствора 0,6 мм, диаметр сопла для подачи сжатого воздуха 0,9 мм расстояние от сопла до сборочного коллектора 30 см.

Морфологию поверхности нетканых матриксов исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа Quanta 200 3D (ускоряющее напряжение 10 кВ). Анализ диаметра волокон проводился в ручную с использованием программного обеспечения Image J 1.38 измерением диаметров не менее 100 волокон.

Изображения сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) поверхности нетканых материалов, сформированных из раствора сополимера тетрафторэтилена с винилиденфторидом методом электроспиннинга, приведены на рисунке 1.



а

б

Рисунок 1. СЭМ-изображения нетканых материалов, полученных методом электроспиннинга при увеличении  $\times 1000$  (а) и  $\times 5000$  (б)

Полученные результаты демонстрируют, что нетканые материалы, полученные методом электроспиннинга, состоят из одиночных не выровненных нановолокон, которые плотно упакованы и сильно переплетены.

Морфология поверхности матриксов, сформированных методом аэродинамического формования, приведена на рисунке 2. Результаты сканирующей электронной микроскопии показывают, что матриксы обладают сложной пространственной организацией с преобладанием в структуре свободно упакованных пучков выровненных микроволокон.



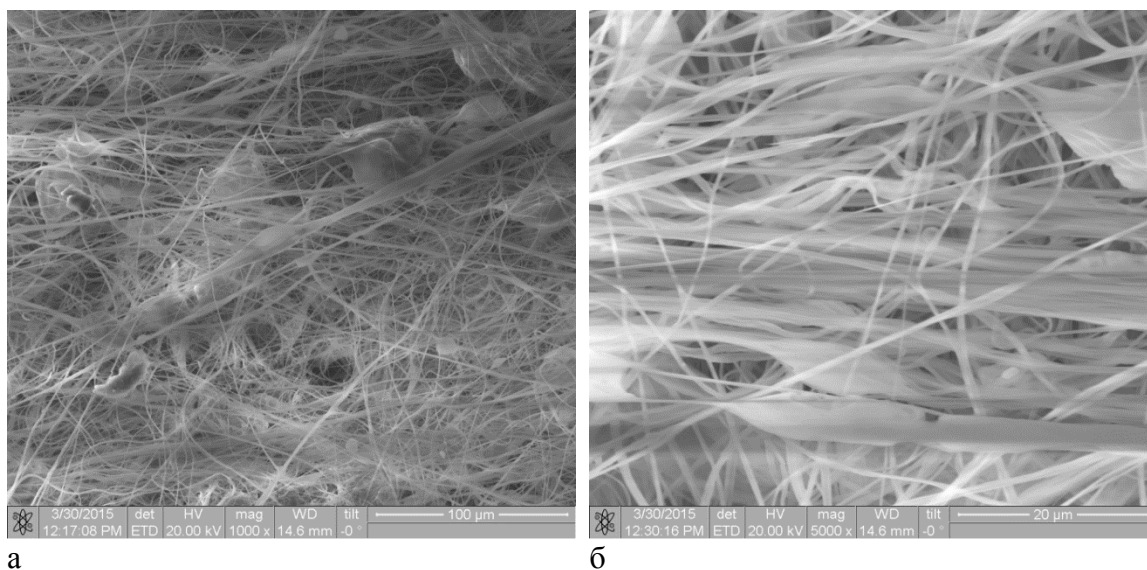


Рисунок 2. СЭМ-изображения нетканых материалов, полученных аэродинамическим формованием при увеличении  $\times 1000$  (а) и  $\times 5000$  (б)

На рисунке 3 представлены гистограммы распределения одиночных волокон материалов по диаметру, которые показывают, что электроспиннинговые материалы имеют узкое распределение волокон со средним диаметром  $(0,37 \pm 0,14)$  мкм. В то время, как нетканые матриксы, полученные аэродинамическим формованием, представлены волокнами среднего диаметра  $(0,54 \pm 0,20)$  мкм, объединяющихся в пучки размерами от 1,2 до 12,8 мкм в зависимости от их количества. Кроме того, в SBS материалах присутствуют глобулы (Рис. 2а), организованные клубками пучков волокон, средними размерами в диаметре  $(11,4 \pm 4,8)$  мкм. Таким образом, проведенные исследования показывают, что сформированные нетканые материалы, существенно отличаются по своей структуре.

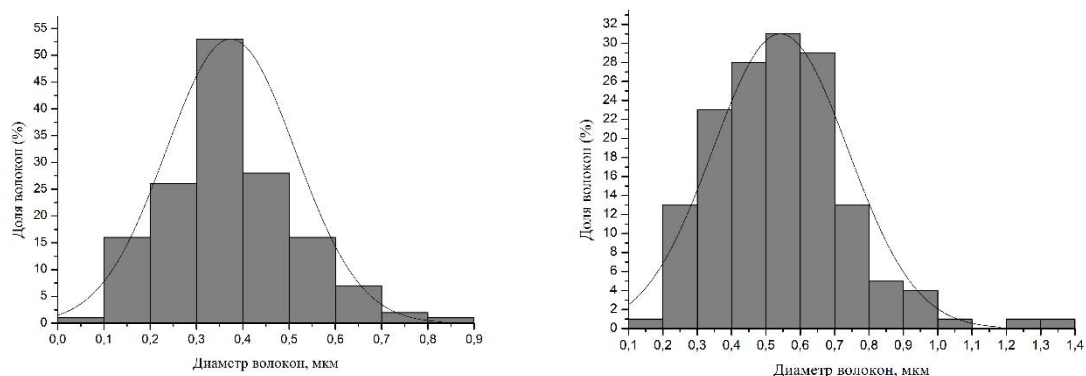


Рисунок 3. Гистограммы распределения по диаметру волокон нетканых материалов, полученных методом электроспиннинга (а) и аэродинамическим формованием (б)

Структура нетканых матриксов обусловлена механизмами образования волокон в процессе их формирования. Для электроспиннинговых материалов характерно узкое распределение волокон по диаметру, т.к. в процессе растяжения струи полимерного раствора под действием высокого напряжения происходит образование конуса Тейлора с дальнейшим разделением первичной струи на равные части, которые в дальнейшем также продолжают разделяться на микроволокна до высыхания растворителя и достижения коллектора твердым волокном [1]. При аэродинамическом формовании образование волокон происходит под действием сжатого газа, когда полимерный раствор попадает в зону турбулентного потока, где основным процессом является изгиб и закручивание струи в волокна [6].

В работе исследовано влияние метода формирования на структуру нетканых материалов, сформированных из раствора сополимера тетрафторэтилена с винилиденфторидом. Показано, что нетканые материалы, сформированные методом электроспиннинга, представлены в виде цилиндрических одиночных волокон среднего диаметра 0,37 мкм, а нетканые материалы, полученные аэродинамическим формованием в турбулентном газовом потоке, состоят из волокон среднего диаметра 0,54 мкм, объединенных в макропучки. Обладая более узким распределением волокон по диаметру, электроспиннинговые материалы, могут широко использоваться в качестве мембран [7], а также для определения специфичных белков в образце [8]. Нетканые материалы с наличием глобул, характерных для метода аэродинамического формования, подходят для некоторых биомедицинских применений, где основные волокна обеспечивают большую поверхностную площадь, а глобулы выступают в качестве резервуаров лекарственных средств или биомолекул для контролируемого высвобождения [9].

#### **Список литературы:**

1. Reneker D.H., Yarin A.L. Electrospinning jets and polymer nanofibers // *Polymer*. – 2008. – V. 49. – N. 10. – P. 2387-2425.
2. Subbiah T., Bhat G.S., Tock R.W., Parameswaran S., Ramkumar S.S. Electrospinning of nanofibers // *Journal of Applied Polymer Science*. – 2005. – V. 96. – N. 2. – P. 557-569. doi:10.1002/app.21481.
3. Medeiros E.S., Glenn G.M., Klamczynski A.P., Orts W.J., Mattoso L.H.C. Solution blow spinning: A new method to produce micro- and nanofibers from polymer solutions // *Journal of Applied Polymer Science*. – 2009. – V. 113. – P. 2322-2330. doi:10.1002/app.30275
4. Bolbasov E.N., Lapin I.N., Tverdokhlebov S.I., Svetlichnyi V.A. Aerodynamic synthesis of biocompatible matrices and their functionalization by nanoparticles obtained by the method of laser ablation // *Russian Physics Journal* – 2014. – V. 57. – P. 293-300. doi:10.1007/s11182-014-0238-2.
5. Bolbasov E.N., Anissimov Y.G., Pustovoytov A.V., Khlusov I.A., Zaitsev A.A., Zaitsev K.V., et al. Ferroelectric polymer scaffolds based on a copolymer of tetrafluoroethylene with vinylidene fluoride: fabrication and properties // *Materials Science and Engineering: C*. – 2014. – V. 40. – P. 32-41. doi:10.1016/j.msec.2014.03.038.
6. Sinha-Ray S., Yarin A.L., Pourdeyhimi B. Meltblowing: I-basic physical mechanisms and threadline model // *Journal of Applied Physics*. – 2010. – V. 108. – N. 3. – P. 034912. doi:10.1063/1.3457891.
7. Lalia B.S., Guillen-Burrieza E., Arafat H.A., Hashaikh R. Fabrication and characterization of polyvinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene (PVDF-HFP)

electrospun membranes for direct contact membrane distillation // Journal of Membrane Science. – 2013. – V. 428. – P. 104-115. doi:10.1016/j.memsci.2012.10.061.

8. Cho E., Kim C., Kook J.-K., Jeong Y.I, Kim J.H., Kim Y.A., et al. Fabrication of electrospun PVDF nanofiber membrane for Western blot with high sensitivity // Journal of Membrane Science. – 2012. – V. 389. – P. 349-354. doi:10.1016/j.memsci.2011.10.047.
9. Oliveira J.E., Mattoso L.H.C., Orts W.J., Medeiros E.S. Structural and morphological characterization of micro and nanofibers produced by electrospinning and solution blow spinning: A comparative study // Advances in Materials Science and Engineering. – 2013. – V. 2013. doi:10.1155/2013/409572.

### **Радиационно–химическая и термическая прививка тонких пленок ПВДФ для функциональной мембраны**

Иль А.П., Дюсембекова А.А.  
nastya\_111993@mail.ru

*Научный руководитель: с.н.с Сохорева В.В., НИ ТПУ*

Проведена термическая полимеризация стирола, сорбированного в пленку ПВДФ из толуольного раствора, с последующим сульфированием полученного материала.

В работе исследовались закономерности радиационно-химической и термической прививки для тонких пленок ПВДФ. Показано, что объединение процессов образования свободных радикалов и прививки мономера позволяет значительно улучшить параметры функциональной мембраны и сократить время эксперимента.

**Ключевые слова:** протонообменные мембраны, термическая полимеризация стирола, радиационно-химическая полимеризация.

**Введение:** Протонпроводящие мембраны для твердотельных топливных элементов должны удовлетворять определенным требованиям: во-первых высокой протонной проводимостью химической стойкостью способностью работать при повышенных температурах.

Применяемые в настоящее время перфторсульфоновые мембраны «Нафийон» (фирма DuPont, USA) удовлетворяют этим требованиям, однако имеют ограничения по температуре (их температурный диапазон ограничен 90<sup>0</sup>С), кроме того их коммерческая цена достаточно высокая.

В связи с этим актуальными являются синтез и исследования новых термически устойчивых и более дешевых мембран. Альтернативным аналогом могут быть полимерные мембраны (ПОМ) из поливинилиденфторида (ПВДФ), модифицированного радиационно-химическим путем. Для этого полимеру необходимо придать протонопроводящие свойства так как в обычном состоянии ПВДФ является диэлектриком и проводимостью не обладает [2].

Работа посвящена исследованию процессов радиационно-химической и термической модификации ПВДФ для формирования в нем протонопроводящих свойств.

**Материалы:** ПВДФ, Фторопласт 2М 20 мкм, стирол, толуол.

**Эксперимент:** Исследования проводились как с образцами ПВДФ облученными ионами гелия с энергией 28 МэВ, так и с образцами ПВДФ не облученными ионами. Все облучения проводились на выведенном в воздух пучке ионов ускорителя Р-7М ФТИ ТПУ. Исходные полимерные пленки из ПВДФ толщиной 20 мкм вырезались диаметром 60 мм и помещались в специальный держатель из которого откачивался воздух затем в контейнер напускался прививочный раствор стирола с толуолом в соотношении 1:1. Раствор предварительно барботировали азотом. Перед заполнением контейнеров раствором проводились исследования влияния скорости пропускания азота через раствор и определялось минимальное количество остаточного кислорода предварительно барботировали азотом, чтобы исключить нежелательное присутствие кислорода. Дополнительно провели такой анализ с аргоном. Эти газы активно вытесняют кислород из раствора. На рисунке 1 представлена зависимость содержания кислорода от времени барботирования.

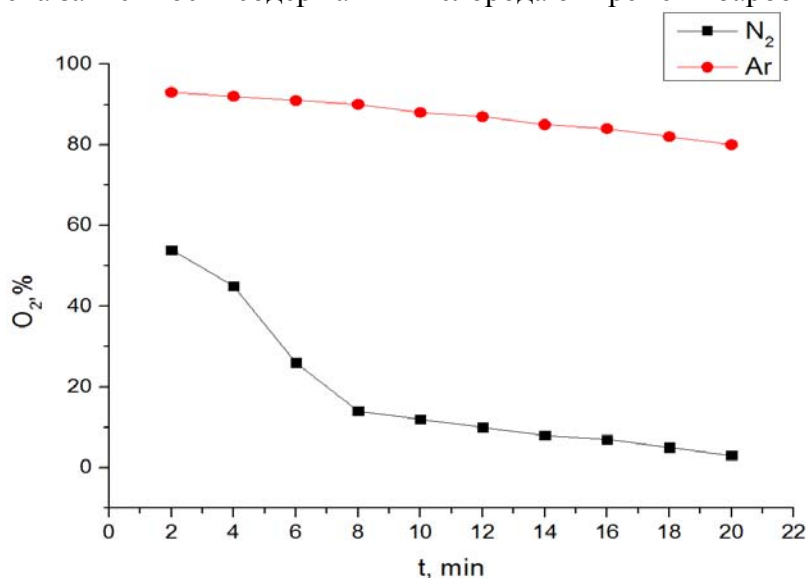


Рис. 1. Влияние времени барботирования аргона и азота на концентрацию кислорода в прививочном растворе

Барботирование газами проводилось в течение 20 мин. Замещение кислорода в растворе азотом происходит быстрее, нежели с аргоном. Ввиду того, что плотность у аргона меньше, чем у азота, соответственно содержание его в воздухе меньше и на удаление кислорода нужно израсходовать большое количество. В итоге азот при контакте с воздухом поглощает из него кислород, при этом плавится, образуя раствор кислорода в азоте.

Затем контейнеры с образцами облученными ионами помещались в термостат и выдерживались при температуре 60°C в течение 8 часов. Другая часть образцов необлученная, так же помещенная в контейнеры с прививочным раствором выдерживалась в термостате при температуре 90°C 20 часов.

В процессе облучения в полимерной матрице образуются свободные радикалы, далее при термическом воздействии, в присутствии стирольного раствора, происходит пришивка к полимерному скелету матрицы боковых подвесок, к которым при сульфировании должны прикрепиться сульфогруппы -SO<sub>3</sub>H. После прививки контейнеры разгерметизировались, образцы полимеров

тщательно промывались для удаления с поверхности остатков стирола и проводились гравиметрические измерения [1].

Промытые и просушенные полимерные матрицы взвешивались и затем помещались на час в дистиллированную воду и снова взвешивались. По разнице в весе можно судить о гидрофильности облученных полимерных образцов. Весь цикл облучения и химической обработки занял более 60 часов.

После внедрения стирола мембраны промывались толуолом и высушивались при 90°C на воздухе до постоянной массы.

Степень прививки определяли по гравиметрическому (весовому) методу по формуле:

$$R_g = \frac{W_f - W_i}{W_i} \cdot 100\%, \quad (1)$$

Где:  $W_f$  и  $W_i$  - масса полимерной пленки после и до прививки, г.

**Результаты и обсуждения:** В целом, развитие представлений о селективных и «дальнедействующих» эффектах на ранних стадиях радиационно-химических превращений макромолекул не только представляет фундаментальный научный интерес, но и является основой для формулировки новых принципов радиационной стабилизации и радиационного модифицирования полимерных систем. Речь может идти о подходах, использующих достаточно низкие дозы облучения и малые концентрации добавок или химически модифицированных звеньев, введенных в определенное положение. В таблице 1 представлены результаты гравиметрических исследований.

Радиационно-химическая полимеризация			Термическая полимеризация				
№	Масса а исх. ПВД Ф,г	Масса после облучени я, г	Выход привив ке,%	№	Масса исх. ПВДФ, г	Масса прививочн ого ПВДФ, г	Выход привив ке,%
1	0,204	0,252	23,5	1	0,215	0,218	1,4
2	0,249	0,277	11	2	0,219	0,220	0,5

Таблица 1. Результаты сравнения радиационно-химической и термической полимеризации гравиметрическим методом

**Заключение:** Проведенные исследования показали, что степень прививки мономера стирола к тонким пленкам ПВДФ значительно выше чем в случае термической прививки без облучения. В процессе облучения образуются достаточное количество свободные радикалов к которым происходит боковая пришивка стирола. В случае термической прививки, возможно, требуется значительно больше времени для образования свободных радикалов. Дальнейшие исследования будут посвящены сульфированию образцов ПВДФ привитых

стиролом для придания им протонопроводящих свойств и синтезированию протонопроводящей функциональной мембраны.

#### **Список литературы:**

1. Абдрашитов Э.Ф., Бокун В.Ч., Крицкая Д.А., Сангинов Е.А., Пономарев А.Н., Добровольский Ю.А. Синтез и транспортные свойства протонпроводящих мембран на основе пленок поливинилиденфторида с введенным и сульфированным полистиролом //Электрохимия, 2011, том 47, №4.-С 411-419
2. Головков В.М., Марачковская Ю.В., Сохорева В.В. Исследование кинетики радиационной прививке стирола к Фторопласту-2М при его облучении ионами гелия// Изв.Вузов. «Физика».-2013.-11/3.-Том 56.-С 120-125

#### **Системы естественного освещения для промышленных помещений**

Иванова С.С.  
ivsvser@gmail.com

*Научный руководитель: ассистент каф. ЛиСТ, Коржнева Т.Г., НИ ТПУ*

Промышленное освещение, как большой класс, разделяется на более мелкие типы и подтипы. В зависимости от выполняемых работ, от их точности, производится нормирование освещенности, выбор типа источников света [1]. Условия искусственного освещения на промышленных предприятиях оказывают большое влияние на зрительную работу, физическое и моральное состояние людей, а, следовательно, на производительность труда, качество продукции и производственный травматизм [2]. В металлургической промышленности уровень освещенности должен быть увеличен от 300 до 2000 лк. При таких уровнях освещенности возникают биологические эффекты без оптического изображения (БОИ-эффекты). При этом наблюдается повышение зрительной работоспособности на 16%, снижение брака на 29%, а количество несчастных случаев уменьшается на 52% - все это приводит к росту производительности труда более чем на 20% [3].

Мероприятия по улучшению освещения на промышленных предприятиях требуют дополнительных, иногда значительных затрат, которые быстро окупаются. Промышленное освещение должно отвечать следующим критериям:

- достаточное количество света для выполнения зрительной задачи;
- хорошая равномерность освещения в рабочей зоне;
- баланс распределения яркости в помещении в целом;
- отсутствие прямой и отраженной блескости;
- отсутствие пульсации [2].

Для общего освещения промышленных помещений традиционно применяются разрядные лампы: люминесцентные лампы (ЛЛ), дуговые ртутные лампы (ДРЛ), металлогалогенные лампы (МГЛ), а в отдельных случаях натриевые лампы (ДНаТ). Не исключено и применение ламп накаливания (ЛН), что ведет к высоким затратам на электроэнергию.

В России на освещение расходуется около 12% вырабатываемой электроэнергии. В мире в среднем 19%, в США около – 22%. возможная экономия в России составляет

45-50% - это более 50 млрд. кВт.ч. Максимальный потенциал экономии электроэнергии сосредоточен в расширении производства и области их применения эффективных источников света (до 14% современного потребления). На увеличение световой отдачи, повышение КПД осветительных приборов, применение систем общего локализованного освещения и регулирование в зависимости от уровня естественной освещенности приходит примерно по 6% потенциала экономии современного потребления [4].

Экономия электроэнергии в промышленных помещениях может быть осуществлена в результате оптимизации светотехнических частей осветительных установок искусственного света и осветительных сетей, применением систем управления и регулирования освещения, рациональной организации и эксплуатации освещения. А также применение систем естественного света. Снижение затрат на энергию происходит за счет уменьшения использования искусственного освещения.

Естественный свет – это эффективный энергосберегающий инструмент. Единственным источником естественного света является солнце. Оно излучает прямой солнечный свет, часть которого рассеивается в атмосфере и создает рассеянное излучение. Дневной свет управляет биологическими, физиологическими и психическими процессами в организме человека. В нормальных условиях солнечный свет вызывает образование небольшого количества активных продуктов фотолиза, которые оказывают на организм благотворное действие. Так под влиянием ультрафиолетовых лучей с длиной волны 280-313 нм провитамины превращаются в витамин D и всасываются в организм. Роль витамина D заключается в усвоении кальция.

Стратегии внедрения естественного освещения можно разделить на две основные категории: боковое освещение, которое поступает через стены по периметру здания и освещение через крышу, которое поступает через верхнюю часть здания. Выбор стратегии естественного освещения зависит от планировки, ориентации и местности, в которой стоит здание, а также от климатических условий.

Большинство промышленных помещений имеют большую площадь с широкими окнами вдоль стены. Окна обеспечивают контакт с внешним миром и позволяют проникать дневному свету. Для улучшения проникновения света и уменьшения бликов можно использовать пассивные устройства, известные как «световые полки». Световая полка – горизонтальный отражатель, который изменяет направление солнечных лучей. Свет проникает в помещение не напрямую – сначала отражается от полки и затем об потолок – зигзагообразно, как показано на рисунке 1а, таким образом, это приводит к более равномерному освещению помещения [5].

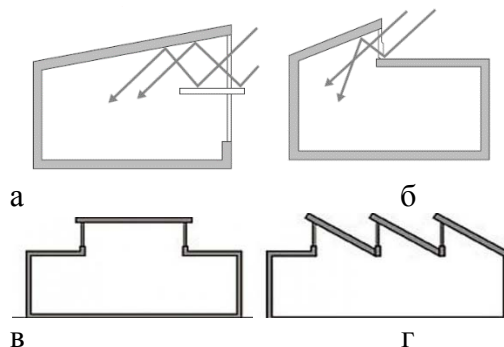


Рисунок 1. Системы ЕО: а – световая полка; б – зенитный фонарь; в – фонарь-надстройка; г – шедовый фонарь

При этом для большего проникновения света, потолок должен быть светлым с хорошими отражающими свойствами, а остекление должно быть как можно ближе к потолку. Количество проникающего дневного света при такой стратегии зависит от ориентации фасадов здания. Хорошая ориентация оконных проемов может максимизировать поступление солнечного света и свести к минимуму блики и перегрев. Для большинства промпомещений, имеющих постоянное испарение, высокую температуру работы оборудования, поддержание чистоты потолка является невыполнимой задачей.

Освещение естественным светом возможно и через крышу. Используя световые люки в крыше здания можно обеспечить равномерное распределение дневного света по всей площади верхнего этажа. Основные типы систем естественного освещения через крышу: 1) Зенитный фонарь, как показан на рисунке 1б, обеспечивает естественное освещение помещения через остекленные проемы в кровле здания. Посредством горизонтального зенитного фонаря в помещение поступает примерно в три раза больше дневного света, чем через вертикальное окно такого же размера. Поскольку зенитные фонари могут располагаться только ближе к центральной части помещения, они создают равномерное освещение по всей площади. Однако зенитные фонари сильно повышают риск перегрева, поэтому необходимо так же использовать различные солнцезащитные устройства, что приводит к повышению затрат на установку такой системы [5].

2) Фонари-надстройки представляют собой остекленное возвышение над крышей (рисунок 1в). Их преимущество заключается в некоторой защите помещения от прямых солнечных лучей. Недостаток таких фонарей состоит в том, что при их близком расположении друг к другу между ними может скапливаться снег. Такие устройства трудно использовать в условиях Сибири.

3) Крыша с шедовыми фонарями в профиль напоминает пилу. Фонари устанавливаются либо вертикально, либо наклонно и разделяются наклонными участками крыши (рисунок 1г). Систему можно использовать для равномерного освещения помещений большой площади. При ориентации на север получается естественная защита от прямых солнечных лучей. Однако для снежных районов эта система также не очень подходит из-за образования снеговых мешков возле стекол.

Такого рода системы естественного освещения через крышу выгоднее и проще устанавливать в возводимых помещениях, т.к. при реконструкции крыши это приводит к значительным капитальным затратам.

Альтернативной системой естественного освещения можно считать применение световых колодцев или полых трубчатых световодов (ПТС), как на рисунке 2.

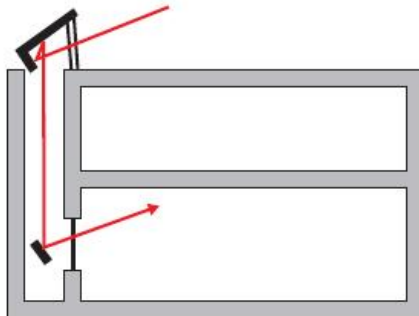


Рисунок 2. Световой колодец.



Светоприемное устройство может быть расположено на крыше здания для сбора света из зенитных областей небосвода. Альтернативно их можно располагать на фасадах здания. Первая система, предложенная Стивом Сатанном (Австралия), имела металлическое зеркало, отражающее солнечные лучи, идущие с юга прямо в трубу, но затеняющий диффузный свет неба с других сторон. После этого было предпринято много неудачных попыток исправить эту систему [4]. Так ПТС впервые были разработаны в 1980-х гг. в СССР Ю.Б. Айзенбергом, Г.Б. Бухманом, В.М. Пятигорским, А.А. Коробко и др. Тогда же началось интенсивное использование ПТС для освещения цехов промышленных предприятий [7].

В целом, световой колодец состоит из внешнего коллектора, трубы с высоким коэффициентом отражения на внутренней поверхности и диффузора. Купол устройства изготавливают из сверхпрочного стекла. При помощи такой технологии можно освещать также и удаленные площади в помещениях. Эти устройства собирают солнечный свет на зеркалах или линзах, расположенных в трубе, и направлять свет в выбранное помещение. Он изолирован настолько герметично, что попадание внутрь устройства пыли, воды или насекомых совершенно исключено, поэтому применим к промышленным помещениям, также может применяться в больших промышленных зданиях: складах, цехах, подземных помещениях и т. д.

ПТС позволяют принимать естественный свет на крыше или стенах зданий и проводить с минимумом потерь внутри зданий и сооружений. При этом сохраняются многие положительные качества природного освещения: непрерывный спектр света, ритм освещения, соответствующий «биологическим часам» человека, динамика света, позволяющая судить о погоде.

В отличие от обычных светопроемов, ПТС не вызывают теплопотерь помещений и препятствуют теплопоступлениям в них в летнее время. Этим они экономят энергию на отопление, вентиляцию и охлаждение помещений [7].

Значительным минусом любой системы естественного освещения остается зависимость от времени года, времени суток и погодных условий, причем эти изменения носят случайный характер. Так же на использование солнечного света в течение светлого времени суток влияют другие факторы: ориентация помещения относительно сторон света и других построек. Поэтому в зданиях с преимущественно естественным освещением наиболее оптимальным способом является подключение систем искусственного света, причем через датчик света, который будет фиксировать освещенность в промышленном помещении.

#### **Список литературы:**

1. Электронный ресурс. Светотехническое сообщество ЭкспертЮнион. Режим доступа: <http://expertunion.ru/metodiki-osvescheniya/promyishlennoe-osveschenie.html> - 2.12.2014
2. Айзенберг Ю.Б. Справочная книга по светотехнике. М.: Знак, 2006 – 940 с.
3. Иоффе К. И. Биологическое влияние видимого света на организм человека // Светотехника и электроэнергетика. – 2008. – №3. – С. 21-29
4. Электронный ресурс. Тематическое сообщество «Энергоэффективность и Энергосбережение». Консолидированный обзор «Приоритеты технологического развития светотехники». Участники обсуждения: Юнович А.Э., Айзенберг Ю.Б., Кокорин А.О., Галиева Т.М.. Режим доступа: <http://solex-un.ru/energo/reviews/prioritety-razvitiya-svetotekhniki> - 20.02.2015
5. Шилкина Н.В. Система естественного освещения // Журнал «Здания высоких технологий» - осень 2013 – С. 74-83.

6. Бракале Дж. Естественное освещение помещений с помощью новой пассивной световодной системы «Solarspot» // Светотехника. – 2005. – №5. – С.34-42.
7. Соловьев А.К. Полые трубчатые световоды: их применение для естественного освещения зданий и экономия энергии // Светотехника. – 2011. – №5. – С.41-47.

### **Плазменный источник, основанный на лазерной абляции и вакуумном дуговом разряде**

Попов С.А., Канонихин А.В., Матайбаев В.В.  
[kanonsan@mail.ru](mailto:kanonsan@mail.ru)

*Научный руководитель: заведующий лабораторией ВЭ, Батраков А.В., ИСЭ СО РАН*

В последнее время в мире существует устойчивая тенденция к всё большей и большей миниатюризации беспилотных космических аппаратов различного назначения. Масса спутников непрерывно уменьшается вплоть до нескольких десятков и даже единиц килограммов (микро- и нано- спутники). Для корректировки орбит таких космических аппаратов и их местоположения в составе спутниковой группировки требуется создание миниатюрных двигательных установок, генерирующих импульсы малой тяги, выверенные с высокой точностью. Таким требованиям удовлетворяют лазерно-плазменные двигатели, работающие в импульсно-периодическом режиме. Принцип их действия основан на использовании импульса отдачи потока абляционной плазмы [1, 2]. Основным преимуществом ЛПД является возможность стабильной работы в режиме генерирования сверхмалых импульсов тяги ( $<10^{-7}$  нс), а также высокая эффективность использования рабочего тела, достигаемая за счет высокой скорости разлета продуктов абляции ( $> 10^6$  см/с). В настоящее время Nd:YAG (алюмо-иттриевый гранат) лазеры, имеющие относительно малые габариты и вес, широко распространены в ЛПД [2]. При использовании рабочего вещества в твердотельном состоянии, необходима специальная механическая система для подачи рабочего тела в область фокуса лазерного излучения [3] и с последующим зажиганием дуги при приложенном к электродам напряжении. Но громоздкой механической системы можно избежать, если использовать жидкофазный металл в качестве рабочего тела. В этом случае форма поверхности мишени восстанавливается сама по себе в течение короткого времени под действием сил поверхностного натяжения.

В [3] исследованы основные параметры плазмы лазерной абляции жидкофазного галлий-индиевого сплава. Конструктивно мишень представляла собой капилляр из нержавеющей стали, заполненный жидким металлом. Для абляции использовался лазер с длиной волны 1064 нм с накачкой от светодиода, аналогичный описанному в [2]. Основные параметры лазерного импульса следующие: длительность импульса на полувысоте  $t_{1/2} = 2,7$  нс, пиковая мощность до  $10^5$  Вт, энергии излучения 0,3 мДж за импульс, частота следования импульсов до 500 Гц. Благодаря фокусировки лазерного луча в фокальном пятне с диаметром до 0,01 см, плотность энергии и мощности достигает значений 3 Дж/см<sup>2</sup> и  $10^9$  Вт/см<sup>2</sup> соответственно.

Было показано [3], что поток ионного компонента лазерной абляционной плазмы распределен в основном в угол 35 градусов, а средняя массовая скорость заряженных частиц достигает 28 км/с.

Было показано [4], что абляционные характеристики становятся более устойчивы от импульса к импульсу в течение длительного времени работы.

Идей настоящей работы является положение о концепции гибридного плазменного двигателя с жидким раствором галлия и индия, работающего в двух режимах: генерация плазмы посредством лазерной абляции или генерирование плазмы импульсного вакуумного дугового разряда с запуском от лазера с последующим поджигом дуги при приложенном к электродам напряжении [3]. Схема действия тростера проиллюстрирована на рис. 1. В последнем режиме импульс тяги обеспечивается как за счет высокоскоростной катодной струи подобно тростеру со слаботочной дугой в несколько десятков ампер, так и за счет магнитодинамических сил, выталкивающих канал разряда в осевом направлении при сильных токах разряда [4]. Пожалуй, ближайшим аналогом предлагаемого тростера является импульсный плазменный двигатель с лазерным запуском разряда с тока дуги в несколько кА [5].

Актуальной задачей в рамках настоящей работы является исследование режима зажигания вакуумной дуги с лазерным поджигом и закономерности протекания тока разряда.

Принципиальная схема эксперимента проиллюстрирована на рис. 1. Эксперимент проводился в условиях глубокого безмасляного вакуума, поддерживаемого ионным насосом типа НМДО-250 со скоростью откачки 250 л/с при остаточном давлении  $10^{-7}$  мБар.

Цилиндрический анод внутренним диаметром 17 мм был выполнен из нержавеющей стали. Он имел два фрезерованных выреза. Они использовались для оптической регистрации. Следует отметить, что с такими вырезами, актуальная конфигурация анода отличается от чисто цилиндрической формы.

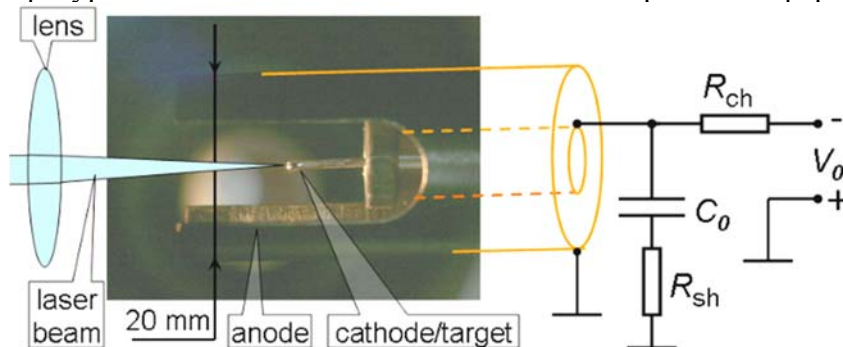


Рис. 1. Принципиальная схема установки.

Для работы в режиме дугового тростера, к мишени прикладывалось постоянное напряжение отрицательной полярности до 1 кВ. Разрядный ток обеспечивался батареей  $C_0$  из 20 конденсаторов емкостью 0.15 мкФ каждый, соединенных параллельно. Электрический вакуумный ввод был выполнен коаксиально. Батарея из 20 конденсаторов также была выполнена в виде коаксиала. Анод был заземлен. Для измерения тока служил малоиндуктивный шунт  $R_{sh}=30$  мОм. Напряжение регистрировалось с помощью стандартного  $100^X$  пробника с полосой пропускания до 200 МГц. Для записи осциллограмм использовался осциллограф Textronix полосой до 250 МГц.

Для визуализации разряда использовалась быстро-активизирующаяся 4-канальная камера HSFC-Pro.

**Результаты и обсуждение.** На рис. 2 приведена типичная фотография свечения плазмы лазерной абляции в отсутствие напряжения на электродах (в отсутствие разряда). Лазерный луч юстировался так, чтобы струя плазмы лазерной абляции была направлена по оси. При подаче напряжения на электроды инициирование разряда носило вероятностный характер. В случае юстировки лазерного пучка так, что поток абляционной плазмы был направлен радиально в сторону цилиндрического анода, вероятность инициирования разряда увеличивалась. Если же поток лазерной абляционной плазмы был направлен вдоль оси разряда (как на рис. 2), вероятность инициирования разряда снижалась. Однако мы исследовали именно этот случай, поскольку именно этот случай отвечает заявленной идее работы.

Типичные осциллограммы тока в разрядной цепи в отсутствие инициирования разряда приведены на рис. 3 для различных напряжений  $V_0=400-1000$  В. При увеличении напряжения с 300 до 1000 В амплитуда тока возрастала с 0.14 до 0.3 А. Ток начинался непосредственно в момент действия лазерного импульса, через 70-80 нс достигал максимума, и в затем в течение примерно 100 нс спадал практически до нуля.

Обсудим природу этого тока. С одной стороны, этот ток может быть связан с распадом плазмы, прежде всего, с уходом плазменных электронов на цилиндрический анод. При этом можно ожидать, что ионы, имеющие значительную направленную вдоль струи компоненту скорости, смогут преодолевать тормозящее действие

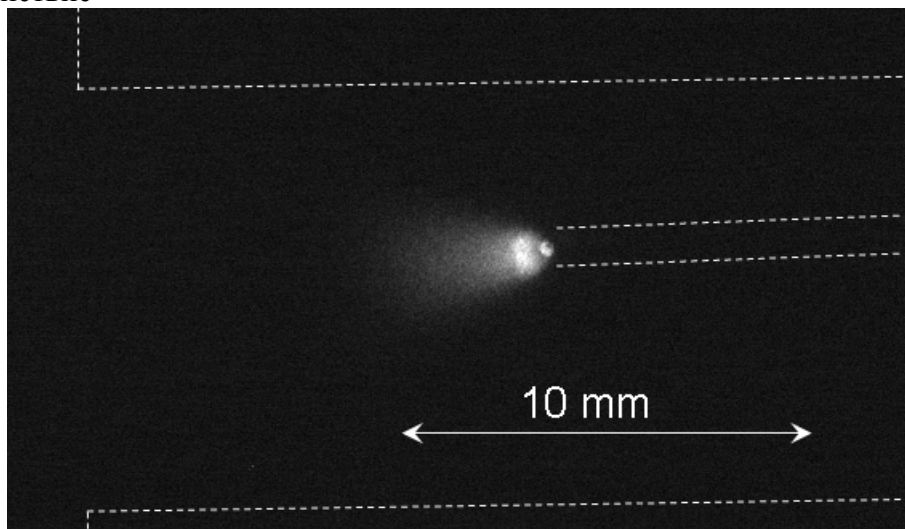


Рис. 2. Фотография свечения плазмы лазерной абляции без напряжения на электродах.

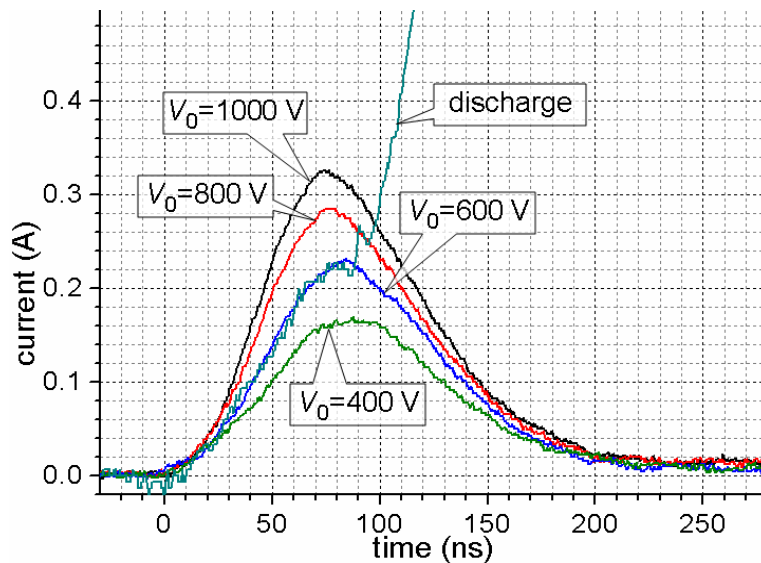


Рис. 3. Диаграмма при приложенном напряжении в отсутствии пробоя.

электрического поля, и будут продолжать распространяться вдоль оси по направлению от катода к открытому торцу разрядной системы. На катод возвратятся только ионы с относительно невысокими энергиями.

С другой стороны, электроны могут поступать в плазму из области абляции на катоде. Можно ожидать, что, благодаря интенсивному нагреву лазерным излучением, в этой области создаются условия для интенсивной термоэлектронной эмиссии. Затем эмитированные катодом в плазму электроны дают вклад в общий ток. Для оценки вклада тока эмиссии в общий ток вначале найдем интегральный электрический заряд, переносимый током

$$Q_d = \int i_d(t) dt ,$$

где  $i_d(t)$ - ток из осциллограмм на рис. 3. Затем сравним этот заряд с интегральным электрическим зарядом  $Q_{ion}$ , переносимым ионами лазерной абляционной плазмы на коллектор, расположенные фронтально к поверхности мишени. При напряжении  $V_0=300-1000$  В величина заряда  $Q_d=(1.6-3.3)*10^{-8}$  Кл/импульс, соответственно. В то же время заряд ионов  $Q_{ion}$ , может достигать величины  $10^{-7}$  Кл/импульс. Из сравнения величин,  $Q_d$  и  $Q_{ion}$  можно сделать вывод, что в отсутствии разряда регистрируемый ток представляет собой далеко не полный ток распада плазмы. Т.е. из плазменной струи отбирается лишь часть плазменных электронов (не более 30%), остальная часть электронов удерживается ионным потоком струи и распространяется вместе с ним. В этой связи очевидно, что интегральный заряд электронов, эмитированных из области абляции на катоде в плазму, невелик по сравнению с полным зарядом электронов в плазме лазерной абляции [6].

Вероятность инициирования разряда также возрастала с ростом напряжения. При  $V_0<400$  В разряд возникал довольно редко. При напряжении  $>800$  В возникал с большой вероятностью. Типичные осциллограммы начального этапа зажигания разряда при напряжении  $V_0=600$  и  $800$  В приведены на рис. 3. Иницирование разряда состояло в резком нарастании тока и связано, очевидно с появлением взрывоэмиссионного центра на катоде в области лазерного фокуса.

Типичные осциллограммы тока разряда при зарядном напряжении  $V_0=600, 800$ , и  $1000$  В представлены на рис.4. На рис. 5 представлена серия фотографий разрядного

промежутка в различные моменты времени с шагом 500 нс, для случая  $V_0=1000$  В. Стрелки с номерами на осциллограмме указывают моменты времени, в которые сделаны фотографии. Длительность экспозиции камеры составляла 25 нс. Также, выборка фотографий с шагом 250 нс приведена на рис.6 вместе с осциллограммами тока для трех различных импульсов при  $V_0=1000$  В.

Разряд развивался в два этапа. Первый этап разряда (500-600 нс относительно момента прикладывания лазерного импульса) мы связываем с заполнением вакуумного объема между катодом и анодом катодной плазмой. На этом этапе ток нарастал относительно медленно до величины 150-200 А. К началу второго этапа промежуток был заполнен плазмой. На втором этапе нарастание тока ограничено, главным образом, индуктивностью контура. Амплитуда тока достигала 1.8, 2.4, и 3 кА при зарядном напряжении 600, 800, и 1000 В, соответственно. В процессе роста тока на этом этапе канал разряда смещается в направлении открытого торца разрядной системы, о чем свидетельствует локализация свечения на аноде в области открытого торца. Такой вынос канала разряда обеспечивается, очевидно, благодаря действию магнитодинамической силы, возникающей при взаимодействии с собственным азимутальным полем. При токах 1 кА и выше наблюдается также осевое контрагирование (пинчевание) канала разряда (показаны на рис. 5, 6 и 7 стрелками). Формирование такого пинча всегда сопровождается небольшим спадом тока, по крайней мере, остановкой нарастания тока. Это связано с возрастанием сопротивления и индуктивности в цепи разряда из-за уменьшения поперечного сечения токопроводящего канала. Что касается осциллограмм напряжения, то особенности на них отсутствуют. Это из-за того, что напряжение измеряется фактически на батарее конденсаторов, а не непосредственно на разрядном промежутке. Длительность существования пинча составляет, как правило, 200-500 нс. После распада пинча канал разряда продолжает замыкаться на анод в области вблизи открытого торца. Вблизи максимума тока это наблюдается всегда.

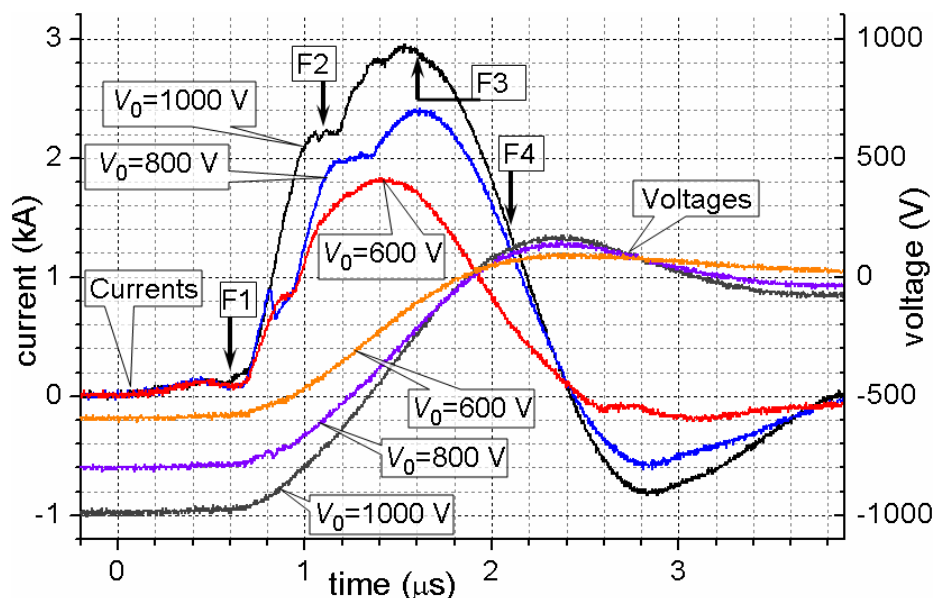


Рис. 4. Диаграмма разрядного промежутка в различные моменты времени.



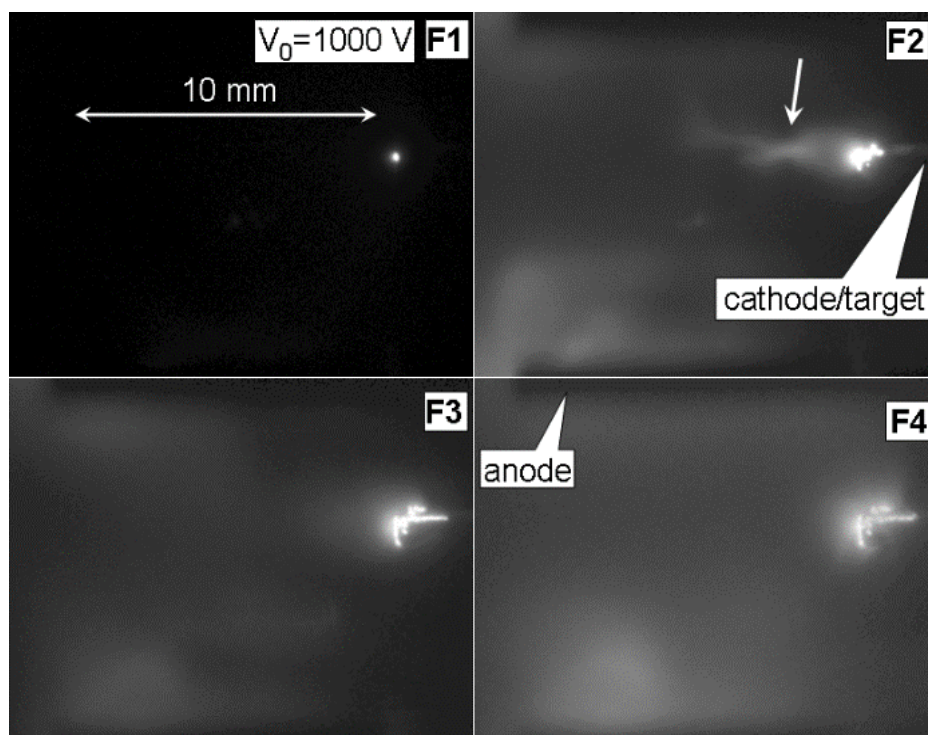


Рис. 5. Серия фотографий разрядного промежутка в различные моменты времени.

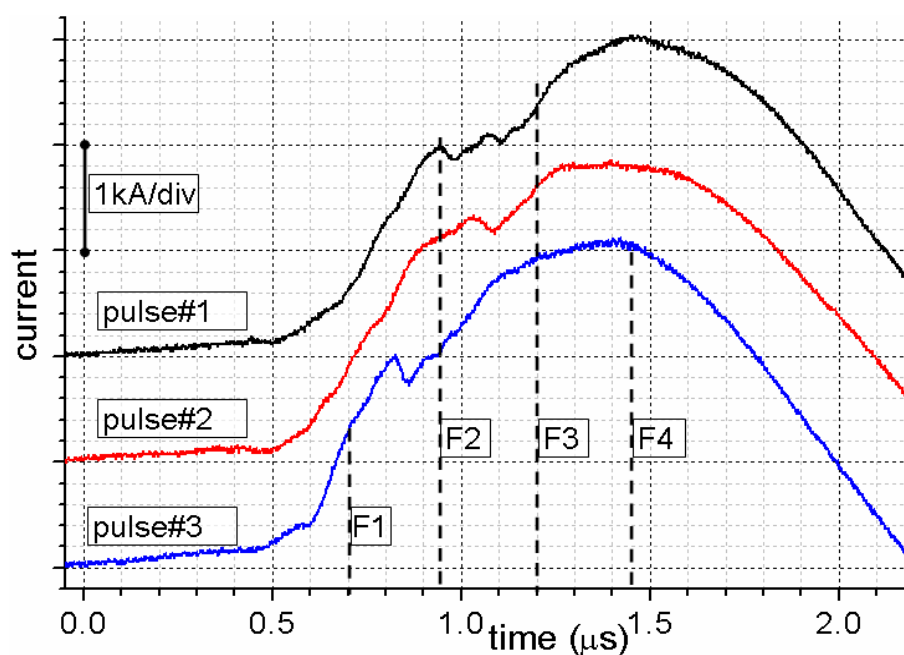


Рис. 6. Примеры контрагирования канала разряда (диаграмма).

**Выводы:** Представленные данные показывают особенности инициирования вакуумной дуги благодаря импульсной лазерной абляции материала катода. На первый взгляд, тепловой режим в зоне абляции довольно благоприятен для инициирования взрывоэмиссионного центра на катоде (катодного пятна). Проблема состоит в том, что в соответствии с фактической геометрией разрядной ячейки и при

относительно низком приложенном напряжении ток в разрядном промежутке ограничен пространственным зарядом ниже порогового тока катодного пятна. С расширением абляционной плазмы, ток в разрядном промежутке растет. Но в то же время, поверхность катода в области абляции остывает настолько, что взрывозмиссионный центр должен быть инициирован заново. Согласно полученным данным, природа такого повторного инициирования ВЭЦ состоит в росте потенциала абляционной плазмы и последующего пробоя прикатодного слоя. Вероятность зажигания разряда увеличивается с ростом приложенного напряжения и становится достаточно высокой при напряжении  $V_0 > 800$  В.

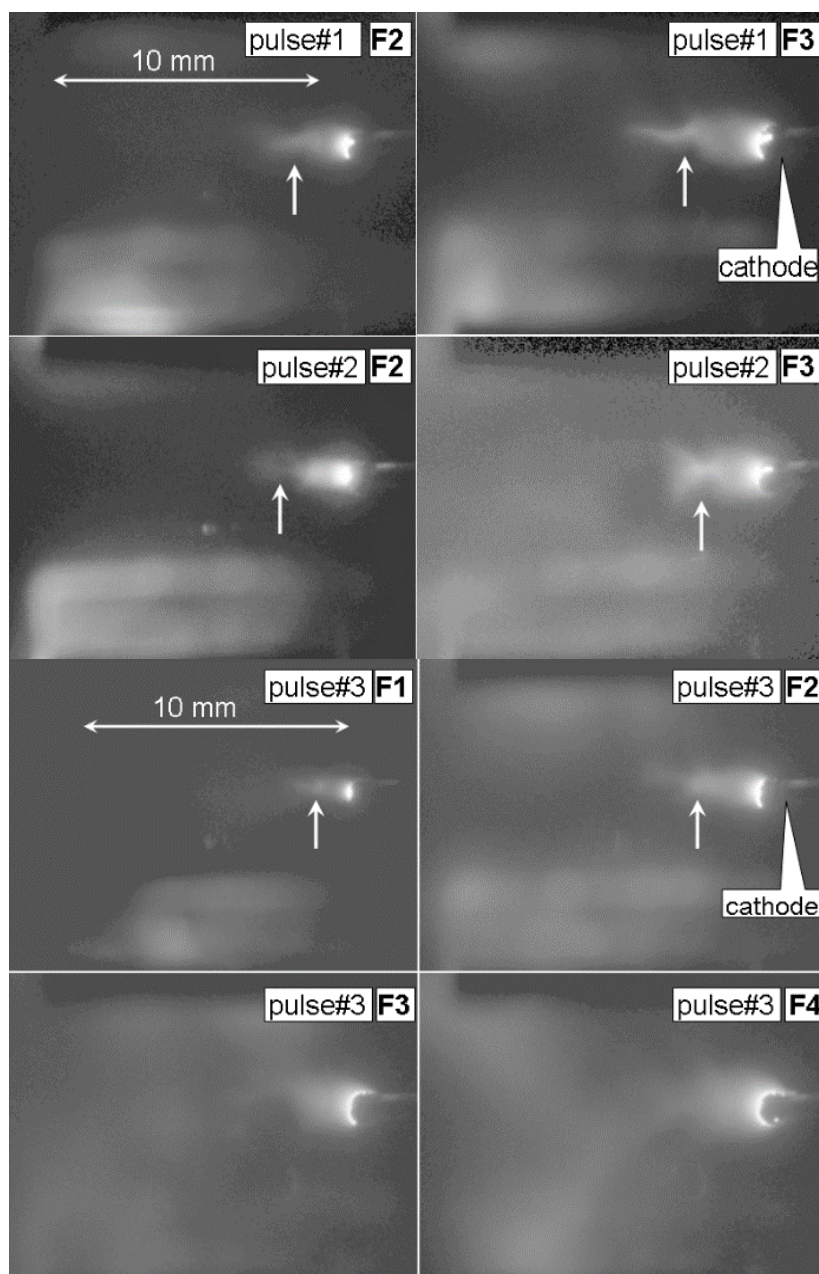


Рис.7. Примеры контрагирования канала разряда (серия фотографий).



При токе дуги в несколько кА наблюдается ускорение выпускного канала под действием самогенерируемого азимутального магнитного поля, что является положительным эффектом при использовании плазменного источника в качестве двигателя. С другой стороны, сильное собственное магнитное поле приводит к эффекту пинчевания (контрогирования), который является отрицательным. Очевидно, необходимы дальнейшие исследования, направленные на оптимизацию геометрии разрядной ячейки и электрических параметров схемы.

Жидкометаллический катод характеризуется режимом стабильной работы без специальных усилий на поставку рабочей жидкости к фактической области катода.

#### **Список литературы:**

1. Laser plasma thruster: patent 6530212 USA / Phipps C. R., Luke J. R. March 11, 2003.
2. N. Chumakov, A. S. Grabtchikov, V. A. Orlovich, P. V. Shpak, N. A. Bosak, A. M. Petrenko, P. V. Chekan, P. N. Malevich, Study of microchip laser use possibility in laser-plasma thrusters for space application, in *Proc of 7<sup>th</sup> Belarussian-Russian Workshop: Semiconductor lasers and systems*, 1-5 June 2009, Minsk, Belarus, pp.124-128 (in russian).
3. S.A. Popov, A.N. Panchenko, A.V. Batrakov, F.N. Ljubchenko, and V.V. Mataibaev, Experimental study of the laser ablation plasma flow from the liquid Ga-In target // *IEEE Trans. Plasma Science*. - V. 39. - 2011. - No. 6, Part 1. - pp. 1412 - 1417.
4. J. Schein, N. Qi, R. Binder, M. Krishnan, J.K. Ziemer, J.E. Polk, and A. Anders, Low mass vacuum arc thruster system for station keeping missions, presented as a paper IEPC-01-228 at the 27<sup>th</sup> International Electric Propulsion Conference, Pasadena, CA, 15-19 October, 2001.
5. M. Karima, H. Horisawa, and Y.Oigawa, Characteristics of high-repetition rate operation of a laser-assisted pulsed plasma thruster, presented as a paper IEPC-2013-193 at the 33<sup>rd</sup> International Electric Propulsion Conference, The George Washington University, USA, October 6-10, 2013.
6. G.A.Mesytz and D.I.Proskurovsky, *Pulsed Electrical Discharge in Vacuum*, Springer-Verlag, Berlin, 1989.

#### **Магнетронная распылительная система с жидкофазным катодом**

Николаев М.В. Зайцев Д.А.

[Mvn4@tpu.ru](mailto:Mvn4@tpu.ru)

*Научный руководитель: Юрьева А.В., ассистент кафедры водородной энергетики и плазменных технологий ФТИ*

**Введение.** Получение высококачественных тонкопленочных слоев является едва ли не самой главной задачей среди современных актуальных направлений развития технологий и материаловедения.

Постоянно возрастающие потребности в покрытиях различного назначения – металлизации рулонных материалов, нанесении защитных, износостойких, декоративных покрытий, изготовление различных пленочных элементов изделий электронной техники – приводит к появлению новых и модификации уже давно известных способов получения тонких пленок.

Среди множества различных методов нанесения покрытий особое место занимают вакуумные ионно-плазменные методы. Широкое распространение они получили

благодаря следующим преимуществам: высокая чистота покрытий и однородность их толщины; получение пленок стехиометрического состава; высокая адгезия покрытия и подложки; проведение процесса осаждения при низкой температуре подложки; высокоскоростное нанесение покрытий; безопасность для окружающей среды.

Вакуумные ионно-плазменные методы нанесения покрытий по способу формирования потоков осаждаемых частиц делятся на CVD (Chemical Vapor Deposition) и PVD (Physical Vapor Deposition) методы [1].

*Метод химического газофазного осаждения покрытий (CVD)* практически не имеет ограничений по химическому составу покрытий. Все присутствующие частицы могут быть осаждены на поверхность материала. Какие покрытия при этом образуются, зависит от комбинации материалов и параметров процесса. При химическом осаждении происходят химические реакции на или около поверхности покрываемого материала. Для протекания необходимых химических реакций требуется температура до 1100°. Это условие существенно ограничивает число материалов, на которые можно нанести покрытие методом CVD. Процессы CVD происходят при давлениях между 100 и 1000 Па.

Благодаря высокой температуре нанесения, обеспечивающей частичную диффузию материала покрытия в материал основы, покрытия CVD характеризуются хорошей адгезией покрытия и основного материала.

При *физическом газофазном осаждении покрытий (PVD)* материал переходит в газовую фазу из твердого состояния в результате испарения под воздействием тепловой энергии или в результате распыления за счет кинетической энергии столкновения частиц материала. Энергия, распределение и плотность потока частиц определяется методом нанесения, параметрами процесса и формой источника частиц.

Осаждение покрытий методом PVD происходит при невысокой температуре подложки (до 450°C), что не приводит к практическим ограничениям по материалам, на которые наносится покрытие. Все PVD процессы происходят в вакууме или в атмосфере рабочего газа при достаточно низком давлении ( $10^{-5}$  – 1 Па). Это необходимо для облегчения переноса частиц от источника (мишени) к изделию (подложке) при минимальном количестве столкновений с атомами или молекулами газа.

Осаждение тонких пленок в вакууме включает три этапа:

- генерацию атомов или молекул,
- перенос их к подложке,
- конденсация и рост пленки на поверхности подложки.

Каждая из этих стадий нанесения покрытий может контролироваться независимо от остальных, что является большим преимуществом метода PVD над методом химического газофазного осаждения покрытий.

Для нанесения тонких пленок наибольшее применение нашли следующие методы физического осаждения: термическое испарение, ионно-плазменное напыление и магнетронное распыление.

#### **Получение тонкопленочных покрытий в вакууме. Термическое испарение**

До середины прошлого века наиболее распространенным способом получения тонких пленок являлось термическое испарение вещества в вакууме. При температуре, равной либо превышающей температуру испарения, частицы покидают испаритель, переносятся в вакууме на подложку и конденсируются на ее поверхности

в виде тонкой пленки [2]. К достоинствам метода осаждения тонких пленок термическим испарением относятся высокая чистота осаждаемого материала (процесс проводится при высоком и сверхвысоком вакууме), высокая скорость осаждения покрытий (порядка 1 мкм/с) и относительная простота реализации. К недостаткам можно отнести небольшую энергию испаренных частиц (0,1-1 эВ), что приводит к низкой адгезии покрытия и подложки.

**Магнетронное распыление.** Сущность метода заключается в выбивании (распылении) атомов вещества из поверхностных слоев мишени высокоэнергетичными ионами рабочего газа (обычно Ar) и последующем их осаждении на подложке.

Энергия распыленных атомов значительно превышает кинетическую энергию испаренных атомов и составляет 0,1-100 эВ.

В магнетронных распылительных системах (МРС) распыление мишени происходит за счет бомбардировки её поверхности ионами рабочего газа, образующимися в плазме аномального тлеющего разряда. Электроны, эмитируемые с мишени под действием ионной бомбардировки, захватываются магнитным полем и совершают сложное циклоидальное движение по замкнутым траекториям в скрещенных электрическом и магнитном полях.

За счет локализации плазмы у поверхности катода достигается высокая плотность ионного тока и большая удельная мощность, рассеиваемая на мишени. Локализация электронов вблизи мишени предотвращает бомбардировку ими подложек, что снижает температуру и радиационные дефекты в создаваемых структурах [3].

Достоинствами метода осаждения тонких пленок магнетронным распылением являются универсальность (можно наносить металлы, сплавы, диэлектрики, магнитные композиции), регулируемая скорость осаждения, способность получать равномерные по толщине пленки на больших поверхностях и относительно простая конструкция.

К недостаткам относятся невысокая чистота осаждаемой пленки (из-за наличия рабочего газа) и нерегулируемая энергия осаждаемых частиц.

**Магнетронная распылительная система с жидкофазной мишенью.** Эффективность магнетронного распыления характеризуется скоростью осаждения тонких пленок, которая определяется плотностью потока распыленных атомов (скоростью распыления) [4]. Следовательно, чем большее число ионов попадает из плазмы на мишень и осуществляет ее распыление, тем выше производительность магнетрона (больше скорость роста покрытия).

По данным [3], процесс ионного распыления происходит в приповерхностной области металла толщиной 0,3-0,8 нм и на него затрачивается менее 3% подводимой энергии, вся остальная энергия переходит в тепло. В типичных МРС мишень и магнитная система имеют хороший тепловой контакт, поэтому требуется обеспечивать непрерывное охлаждение катодного узла для предотвращения выхода из строя магнитной системы. В случае если материал мишени МРС находится в твердом состоянии, удельная мощность ионного тока ограничивается величиной критической удельной мощности, которую выдерживает материал мишени без расплавления.

Этим объясняется один из главных недостатков МРС – относительно невысокая скорость роста покрытий. Так, для магнетрона на постоянном токе при распылении

металлической мишени она составляет 1...10 нм/с [4-6], а при работе магнетрона в среде реактивного газа - еще меньше [7].

Увеличить производительность МРС можно, если использовать жидкофазную мишень, т.е. увеличить плотность потока осаждаемых частиц за счет наличия распылительной и испарительной компоненты.

Добиться этого можно, если теплоизолировать мишень от охлаждаемой магнитной системы и, таким образом, создать условия для разогрева и расплавления материала мишени.

Впервые эта идея была предложена В.К. Сырчиным [5], однако эти устройства не нашли широкого распространения на практике, так как их возможности изучены недостаточно.

#### **Конструкции МРС с жидкофазной мишенью**

В ходе выполнения работы были рассмотрены две конструкции МРС с жидкофазной мишенью: с дисковой и кольцевой мишенью (рис. 1).

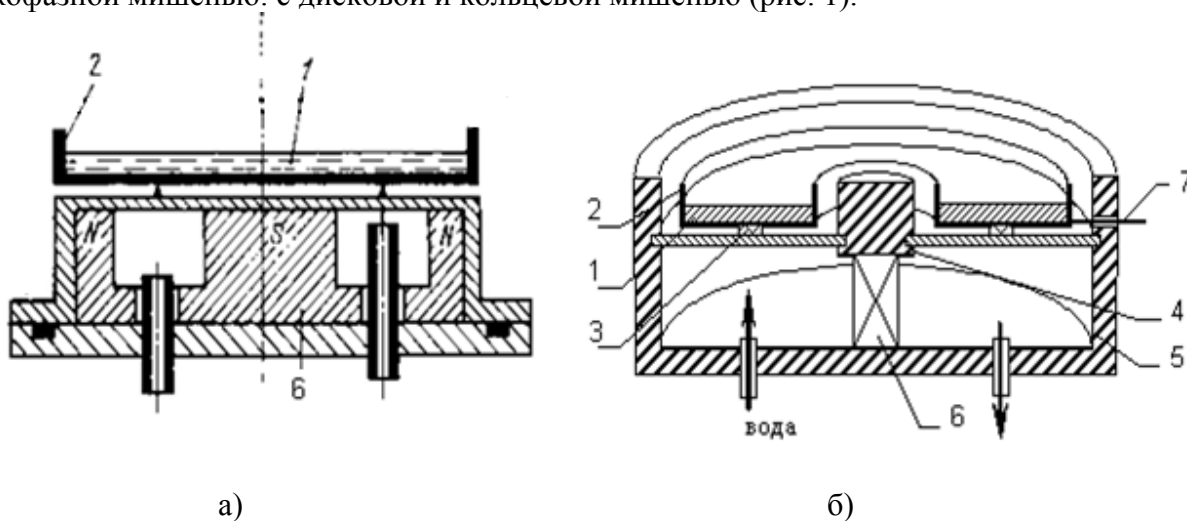


Рис. 1. Конструкции МРС с жидкофазной мишенью (а – дисковая мишень, б – кольцевая мишень) [8]:

1 – мишень; 2 – тигель; 3 – керамические вставки; 4 – центральный магнитопровод; 5 – корпус магнетрона; 6 – постоянные магниты; 7 – термопара.

Мишень из испаряемого материала помещается в теплоизолированный тигель, выполненный из немагнитного тугоплавкого материала. Непосредственно под тиглем расположена водоохлаждаемая магнитная система. Между тиглем и корпусом магнитной системы находится зазор порядка 2 мм, препятствующий отводу тепла от мишени в процессе ее разогрева.

Рабочий объем откачивается до необходимого давления, затем напускается аргон и между тиглем и анодом прикладывается напряжение. При этом загорается разряд, локализованный у поверхности мишени магнитным полем. Материал мишени за счет интенсивной ионной бомбардировки нагревается до такого значения температуры, при котором испарение атомов с поверхности мишени становится заметным. Сначала расплавляется зона горения разряда, затем центральная часть мишени и краевая область, в течение ~10 минут мишень полностью переходит в жидкое состояние.

При определенной плотности ионного тока начинается интенсивное испарение материала мишени, причем при достижении высокой упругости паров распыляемого вещества начинается процесс самораспыления, в котором магнетронный разряд способен поддерживаться только атомами, удаляемыми с поверхности мишени. Тогда можно прекратить напуск аргона, что существенно снизит загрязнение получаемых тонкопленочных покрытий. Этот режим работы МРС с жидкофазной мишенью вызывает наибольший интерес.

Основной недостаток конструкции, имеющей дисковую мишень (рис.1, а) – неравномерное плавление мишени. Из-за разницы температур зоны расплава и относительно холодных краев мишени происходит ее разрыв, что приводит к нестабильности разряда.

Конструкция с кольцевой мишенью (рис. 1, б) лишена этого недостатка, так как вся мишень находится непосредственно в зоне горения разряда и, следовательно, происходит ее равномерное расплавление.

#### ***Распределение магнитного поля***

Для обеспечения стабильной работы МРС с жидкофазной мишенью следует создать вблизи её поверхности достаточно сильное и равномерное магнитное поле.

Анализ распределений электрического и магнитных полей в различных конструкциях магнетронов показывает, что высота области скрещенных полей над поверхностью мишени не велика - до 0,5- 1 см, а требуемая величина индукции на поверхности мишени составляет около 0,03 – 0,1 Тл, что обеспечивает стабильное горение разряда [9].

Для сравнительной оценки обеих конструкций в программном комплексе ELCUT было смоделировано распределение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля по поверхности мишени. Результат моделирования представлен на рисунке 2.

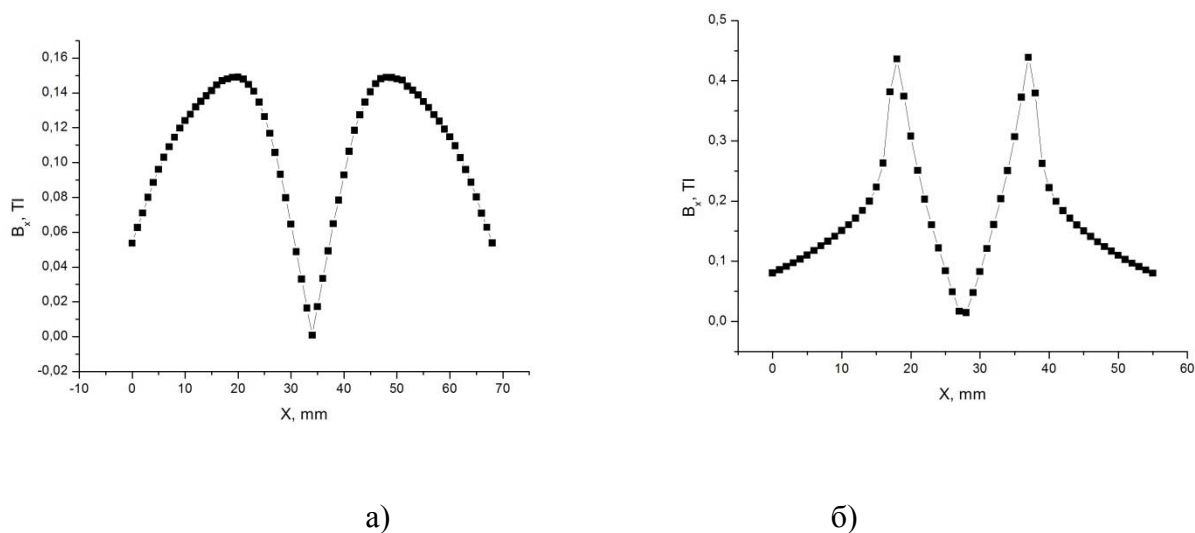


Рис. 2 – Распределение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля в МРС с жидкофазной мишенью: а) дисковая мишень, б) кольцевая мишень

Как видно из рис.2 распределение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля для обоих случаев являются похожими на классические. Однако есть и отличия. Распределение магнитного поля в МРС с дисковой мишенью в большей степени похоже на распределение магнитного поля в МРС с твердой мишенью (рис.2 а). Величина магнитного поля в этом случае будет напрямую зависеть от толщины мишени, т.к. она находится над магнитной системой. С увеличением толщины мишени магнитная индукция будет уменьшаться, а значит, и рабочие характеристики МРС с дисковой мишенью тоже будут ухудшаться. В частности, будет увеличиваться рабочее давление, рабочее напряжение, при котором разряд будет стабильно гореть, также будет увеличиваться. Кроме того, с увеличением рабочего давления мишень будет эффективней охлаждаться, что приведет к увеличению времени выхода мишени в жидкое состояние. Достоинством МРС с дисковой мишенью является большая площадь расходуемого материала мишени.

Распределение магнитного поля в МРС с кольцевой мишенью также имеет вид, близкий к классическому. Однако максимальное значение индукции сдвинуто ближе к центру МРС. Это происходит из-за того, что в центре МРС установлены полюсные наконечники из магнитного материала. Эти наконечники позволяют вывести силовые линии магнитного поля гораздо выше уровня магнитов. Как видно из рис. 2 б индукция магнитного поля на поверхности кольцевой мишени в несколько раз выше, что понижает рабочее давление и рабочее напряжение МРС. Форма силовых линий магнитного поля тут не имеет решающего значения, т.к. после расплавления мишени осаждение происходит со всей ее площади. Кроме того в случае кольцевой мишени ее толщина может быть достаточно большой, т.к. изменяя высоту полюсного наконечника можно вывести силовые линии магнитного поля на достаточно большое расстояние от магнитов.

### ***Скорость осаждения***

При работе МРС с жидкофазной мишенью одновременно осуществляется процесс распыления и испарения, причем при определенных режимах испарение становится преобладающим над распылением. Таким образом, благодаря наличию испарительной компоненты в осаждаемом потоке можно увеличить скорость осаждения покрытий на 1-2 порядка по сравнению с МРС с твердой мишенью.

Для экспериментов использовался магнетрон, конструкция которого представлена на рис. 1,б. В тигель, изготовленный из нержавеющей стали, помещалась алюминиевая мишень. В атмосфере аргона (давление порядка 0,5 Па) производилось осаждение покрытия на стеклянные подложки. Ряд экспериментов проводился из твердой фазе, т.е. плавления мишени не было. На часть же образцов напыление производилось после перехода мишени МРС в жидкую фазу. На рисунке 3 представлена зависимость скорости осаждения алюминия от плотности мощности разряда при наличии (рис.3, кривая 2) и отсутствии испарения (рис.3, кривая 1).

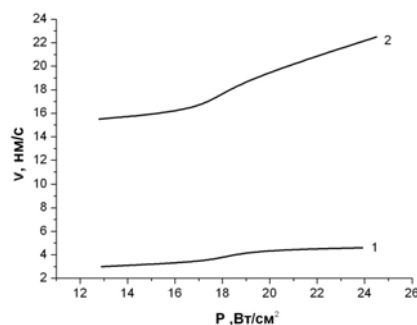


Рис. 3 – Зависимость скорости осаждения пленок алюминия от плотности мощности разряда

Из графика следует, что скорость осаждения покрытий из жидкой фазы в несколько раз превосходит скорость осаждения из твердой фазы при прочих равных условиях (при плотности мощности на мишени 12-25 Вт/см<sup>2</sup> скорости осаждения покрытий из жидкой фазы составляли 15-25 нм/с, из твердой фазы составила 3-5 нм/с).

**Закключение.** Рассмотрены некоторые конструкции МРС с жидкофазной мишенью. Показано, что использование мишени в виде кольца может оказаться более предпочтительным, поскольку в этом случае величина магнитной индукции на поверхности мишени больше, что приводит к более высокой концентрации ионов в прикатодном пространстве.

Использование такой конструкции позволяет понизить рабочее давление в вакуумной камере примерно на порядок по сравнению с жидкофазным магнетроном, имеющим дисковую мишень.

В совокупности с возможностью данных магнетронов работать в режиме «самораспыления» (распыление в собственных парах мишени, когда рабочий газ используется только для «зажигания» магнетронной плазмы) понижение рабочего давления в камере приведет к значительному улучшению свойств получаемых покрытий.

#### **Список литературы:**

1. Thin-Film Deposition: Principles and Practice. – Boston: McGraw Hill, 1995. – 616 р.
2. Панфилов Ю.В. Нанесение тонких пленок в вакууме // Технологии в электронной промышленности. – 2007. – №3. – С. 76-80.
3. Данилин Б.С., Сырчин В.К. Магнетронные распылительные системы. – М.: Радио и связь, 1982. – 72 с.
4. Марахтанов М.К. Магнетронные системы ионного распыления. – Изд. МГТУ, 1990. – 76 с.
5. Данилин Б.С., Какурин М.В., Минайчев В.Е., Одинокоев В.В., Сырчин В.К. Осаждение металлических пленок путем распыления из жидкой фазы // Электронная техника. Сер. Микроэлектроника.- 1978.- В. 2(24).- С. 84-87.
6. Духопельников Д.В. Магнетронные распылительные системы: устройство, принцип работы, применение. – М.: изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 54 с.
7. Берлин Е.В., Сейдман Л.А. Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии. – М.: Техносфера, 2010. – 528 с.

8. Р.С. Третьяков, В.П. Кривобоков, С.Н. Янин Эрозия жидкофазной мишени в плазме магнетронного разряда // Известия ВУЗов. Физика. – 2007. – Т.50 №9. – с. 487-490
9. Магнетронные распылительные системы / Кузьмичёв А. И.. Кн. 1. Введение в физику и технику магнетронного распыления. – Киев: Аверс, 2008. – 244 с.

### **Взаимодействие мощных ионных пучков с металлическими поглотителями**

Пименов Э.Ю., Лисов В.И.  
*pimenov-eduard@mail.ru*

*Научный руководитель: канд. физ. -мат. наук, доцент, Данейкин Ю.В., Томский политехнический университет*

**Введение.** Пучково-плазменные (аддитивные) технологии в настоящее время, являются наиболее перспективными и эффективными методами получения поверхностных слоёв материалов с заданными свойствами. При обработке поверхности металлов мощными ионными пучками (МИП) добиваются улучшения твердости, износо- и коррозионной стойкости. С точки зрения прогнозирования свойств поверхностных слоев облучаемых материалов, исследование результатов облучения в зависимости от параметров МИП является актуальной задачей. В натурном эксперименте не всегда удастся определить причинно-следственные связи между процессами взаимообусловлено протекающими в системе «МИП-металл». Математическое моделирование является мощным инструментом позволяющим в непрерывном режиме рассматривать всю совокупность протекающих процессов.

#### **Описание системы «МИП-металл»**

Описание параметров металлов, испытывающих мощное энергетическое воздействие проводилось с использованием авторских гидродинамических кодов реализующих обобщенную модель упруго-пластической среды испытывающей мощное импульсное воздействие [1]. Для описания поведения материального континуума в основу модели положен Лагранжев формализм. Элементы модели подробно описаны в работе [2].

Рассмотрим закономерности формирования ударно-волнового возмущения, генерируемого в результате взаимодействия МИП [3] (протонно-углеродный пучком (60% – протоны, 40% – ионы углерода) плотностью мощности  $1,1 \cdot 10^9$  Вт/см<sup>2</sup>, длительность пучка  $\tau = 120$  нс) с металлической мишенью. Амплитудно-временная развертка импульсов ускоряющего напряжения и плотности тока представлена на рисунке 1. В качестве мишени рассмотрен алюминиевый поглотитель.



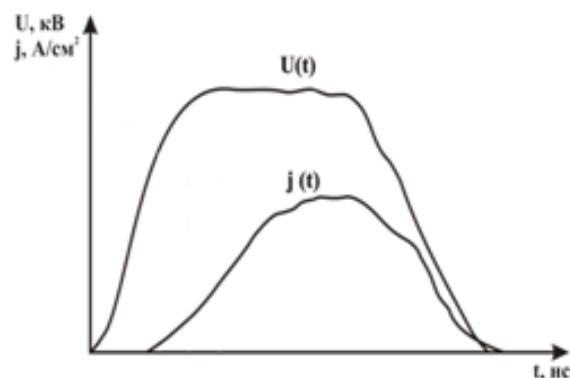


Рисунок 1. Амплитудно-временная развёртка импульса ускоряющего напряжения и плотности ионного тока на выходе из узла генерации [3].

### Результаты и обсуждения

Исследована динамика физических полей и характеристик алюминиевого поглотителя в диапазоне параметров пучка  $j=100\text{--}3000\text{ А/см}^2$  и  $U=100\text{--}3000\text{ кВ}$  с шагом в 100 единиц.

На рисунке 2 представлены зависимости соответственно максимумов и минимумов полного давления.

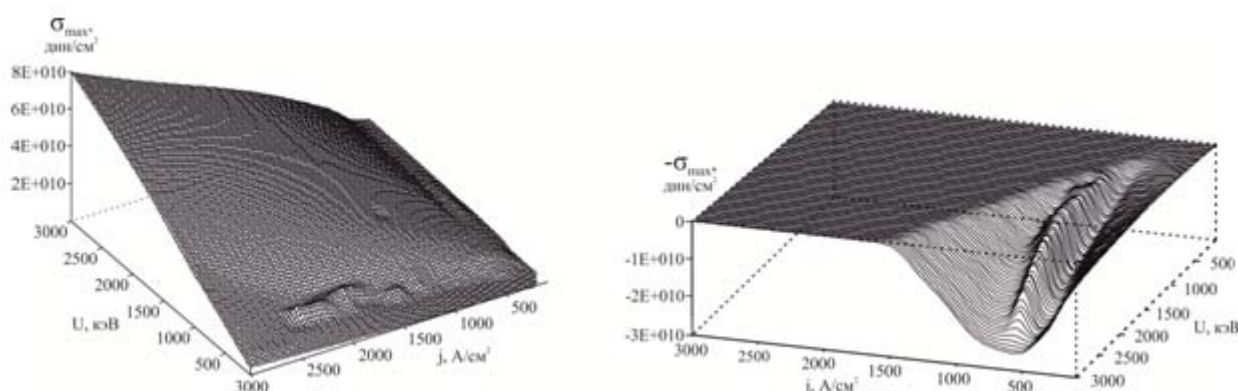


Рисунок 2. Поверхности полного максимального (слева) и минимального (справа) давлений при заданных параметрах пучка  $j=100\text{--}3000\text{ А/см}^2$  и  $U=100\text{--}3000\text{ кВ}$ .

На рисунке 3 представлены области параметров ионного пучка при которых реализуются различные механизмы формирования ударно-волнового возмущения.

Область 1. Основной механизм формирования импульсов механической нагрузки - термоупругость. Формирующееся возмущение является биполярным. В первом полупериоде импульса реализуется сжатие, во втором полупериоде – разрежение. Амплитуда импульсов в данной области не превышают пределов упругости. Таким образом, термоупруго сформированные механические напряжения не приводят к существенным модификациям поверхностных слоев и изменение свойств металлов определяется процессами высокоскоростной закалки при релаксации сформированного МИП температурного поля.

Область 2. Реализуется абляционный механизм генерации. Формирующееся возмущение однополярное. Максимальная амплитуда формирующегося импульса механической нагрузки на момент окончания импульса ионного тока превышает динамический предел текучести алюминия ( $\sigma_{\max} > \sigma_g = 2 \cdot 10^{10}$  дин/см<sup>2</sup>). В данной области возможно формирование модифицированных слоев материала за пределами области воздействия пучка (глубинное упрочнение), которое обусловлено перераспределением плотности дислокаций и изменениями во фронте пластической части упруго-пластического импульса.

При постепенном увеличении параметров воздействия ( $j, U$ ) в данной области линии равной амплитуды формируемых возмущений стремятся к линиям равного энерговклада. Амплитуда формирующегося упруго-пластического не чувствительна к конкретным значениям плотности ионного тока или энергии ионов и определяется только значением полного энерговклада. Наблюдается постепенное уменьшение скорости роста амплитудных параметров импульса при последовательном увеличении параметров пучка.

Область 3. Реализуется абляционный механизм генерации. Профиль формирующегося импульса механической нагрузки является биполярным. В фазе разряжения амплитуда импульса по модулю превышает предел текучести. Данный факт обуславливает возможность реализации откольных механизмов разрушения на облучаемой поверхности. Формируется откольный слой материала, с достаточно высоко плотностьюдвигающийся навстречу пучку.

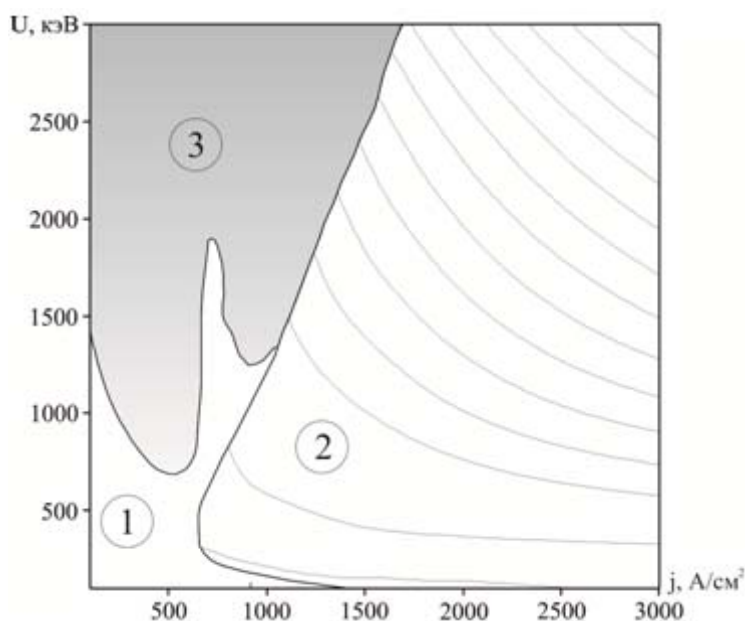


Рисунок 3. Контурный график полного давления при заданных параметрах пучка  $j = 100\text{--}3000$  А/см<sup>2</sup> и  $U = 100\text{--}3000$  кВ.

Наличие или отсутствие биполярной структуры в импульсе механических напряжений определяет также возможность протекания откольных явлений на тыльной поверхности поглотителя. При выходе биполярного импульса (сжатие - разряжение) на тыльную поверхность происходит интерференция встречных волн

разряжения. Суммарная амплитуда импульса при этом может превысить предел текучести, что приведет к отслаиванию слоев материала на тыльной поверхности.

**Выводы:**

1. Определены характерные области в пространстве ( $j$ ,  $U$ ) реализации термоупругих и абляционных механизмов формирования импульсных механических напряжений.
2. Установлено что при абляционном механизме генерации возможно формирование как однополярной, так и биполярной структуры импульсного возмущения.
3. Обнаружена область параметров пучка, при которых формирующееся биполярное возмущение в фазе «разрежение» имеет амплитуду по модулю превосходящую предел текучести. В этой области возможна реализация откольных явлений на облучаемой поверхности.
4. При постепенном увеличении параметров пучка происходит насыщение в амплитудных параметрах импульсного возмущения, при этом амплитуда начинает не зависеть от конкретных значений плотности тока и энергии ионов, а определяется интегральным энерговкладом.

**Список литературы:**

1. В.И.Бойко, Ю.В.Данейкин, К.В.Юшицин. // Вопросы атомной науки и техники, серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение», №3, с.133–137, (2003).
2. V.I.Boyko, Yu.V.Daneykin, A.V.Khadkevich, K.V.Yushitsin. // Mathematics and mechanics. Physics, v. 310, № 2, p. 82–87, (2006).
3. В.И.Бойко, В.М.Быстрицкий, С.Н.Волков и др. // т. 15, №11, с. 1337-1341, (1989).

**Адсорбция глицина на поверхности наночастиц  $\text{TiO}_2$  и  $\text{ZrO}_2$**

Ракина А.А.  
aar37@tpu.ru

*Научный руководитель: к.т.н. А.Ю. Годымчук, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050*

Развитие порошковых нанотехнологий позволит расширить поле применений неорганических наночастиц при их введении *in vivo* [1]. При этом принципиально важным является создание условий для контролирования поверхности и размера частиц в сложных биологических средах. В силу своей термодинамической неустойчивости, дисперсные системы на основе наночастиц склонны к коагуляции, для предотвращения которой используют адсорбцию поверхностно-активных веществ на поверхности частиц.

Целью настоящей работы было разработать методику изучения процессов адсорбции низкомолекулярного ПАВа на поверхности неорганических наночастиц. Объектами исследования были выбраны плазмохимические нанопорошки оксидов титана ( $\text{TiO}_2$ , 22,4 м<sup>2</sup>/г), и циркония ( $\text{ZrO}_2$ , 8,1 м<sup>2</sup>/г). В качестве ПАВ использовали глицин (аминоуксусная кислота  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$ , ГОСТ 5860-75, Производитель ВОАО «Химпром», Волгоград), являющийся эффективным стабилизатором частиц  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

[2]. Суть методики заключалась в выдерживании частиц в растворе ПАВ и отделении жидкой фазы с последующим анализом с помощью ИК-спектроскопии для количественной и качественной оценки степени адсорбции глицина на поверхности нанопорошка. Для построения калибровочной кривой готовили 6 водных растворов глицина с концентрацией 0,33 ... 2 М. Растворы исследовали с помощью ИК-Фурье спектрометра Nicolet 5700 с целью получения спектров пропускания молекул в инфракрасной области спектра ( $4000 - 400 \text{ см}^{-1}$ ). Полученные данные обрабатывались в программе Microsoft Excel. Построение спектров позволило установить наличие у растворов глицина интенсивных полос поглощения в областях  $1411,638 \text{ см}^{-1}$  и  $1330,64 \text{ см}^{-1}$  (рис.1), которые, согласно [3] можно отнести к соответственно  $\rho(\text{NH}_3)$  (маятниковое),  $\tau(\text{NH}_2)$  (крутильное) и  $\rho(\text{NH}_3)$ ,  $\delta(\text{NH}_2)$  (ножничное) колебаниям функциональных групп.

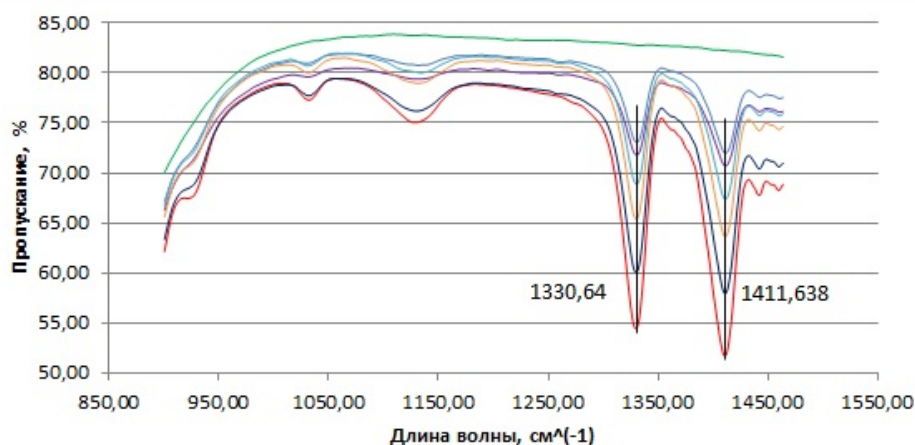


Рис. 1. Участок ИК-спектра водных растворов глицина: уменьшение коэффициента пропускания соответствует увеличению концентрации кислоты от 0 (зеленая линия – чистая вода) до 2М (красная линия).

Суспензии нанопорошков подготавливались следующим образом: в 20 мл свежеприготовленного раствора 2 М глицина добавляли 0,5 г нанопорошка. Полученную смесь в течение часа перемешивали на магнитной мешалке (Biosan MS 3000, скорость 1200 об/мин) в открытом стакане. Далее суспензии разделили центрифугированием (настольная центрифуга ELMi CM-50 M, скорость 15 000 об/мин) в течение часа. Отобранные 3 мл супернатанта исследовали с помощью ИК-Фурье спектроскопии вместе с чистым раствором 2М глицина. Построение спектров показало уменьшение пиков в областях  $1411,638 \text{ см}^{-1}$  и  $1330,64 \text{ см}^{-1}$  (рис.3).

По значениям коэффициента пропускания для выбранных пиков, можно выявить изменение концентрации аминокислотной кислоты в водном растворе, отделенном от нанопорошка (рис. 4). Изменение концентрации для  $\text{TiO}_2$  составило 0,126 моль/л, а для  $\text{ZrO}_2$  – 0,116 моль/л для пика соответствующего длине волны  $1330,64 \text{ см}^{-1}$ , что составляет 6,29% и 5,87%.

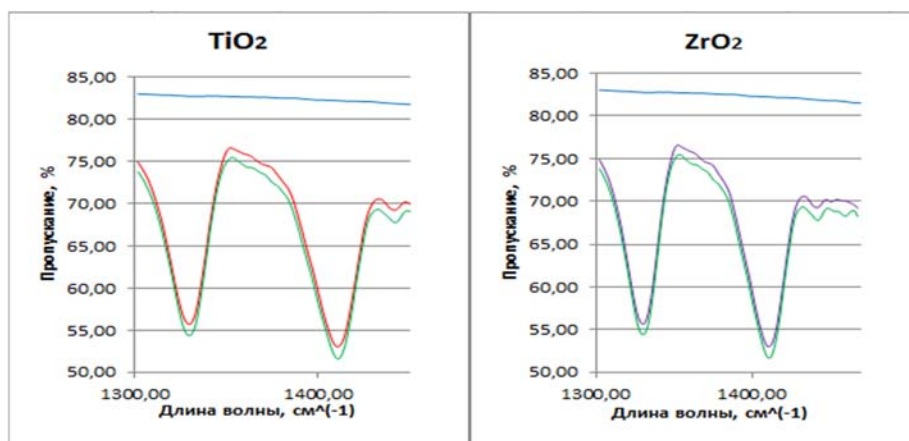


Рис.3. Участки ИК-спектров жидкой фазы суспензий нанопорошков  $\text{TiO}_2$  (красная линия) и  $\text{ZrO}_2$  (лиловая линия) в сравнении со спектрами чистого 2 М (зеленая линия) и воды (синяя линия).

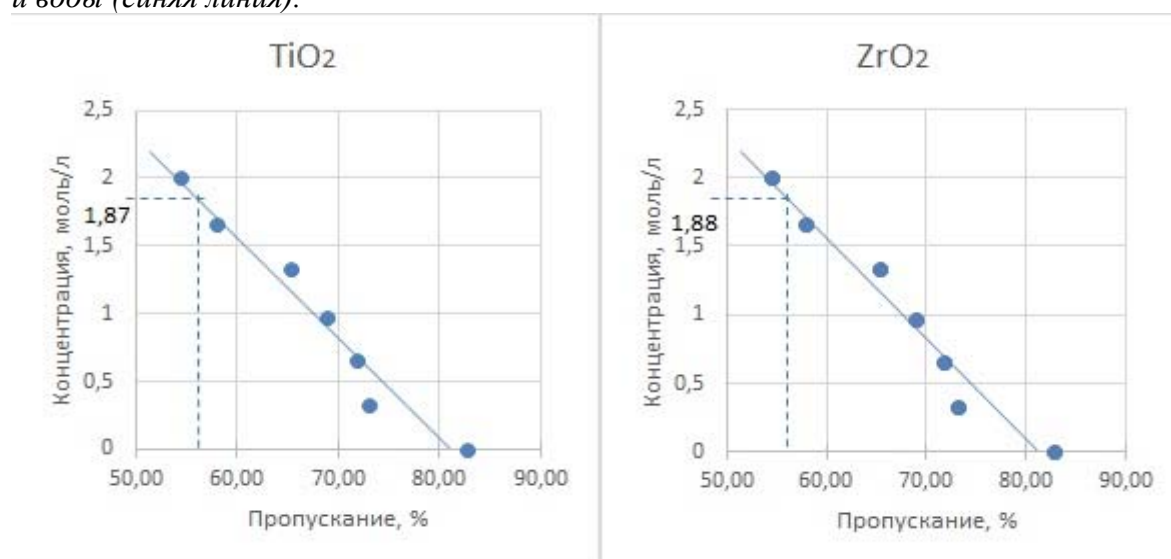


Рис.4. Калибровочные графики для определения концентрации глицина в жидкой фазе суспензий  $\text{TiO}_2$  и  $\text{ZrO}_2$  по пику  $1330,64, \text{см}^{-1}$ .

Экспериментально показано, что по наличию и виду спектрального пика поглощения в области  $1330,64, \text{см}^{-1}$  можно судить о наличии в водном растворе аминогрупп. Была определена зависимость высоты этого пика от концентрации  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$ , построен ее вид. Пусть для приготовления суспензии нанопорошка взят раствор глицина известной концентрации, тогда высоте пика соответствующего  $1330,64, \text{см}^{-1}$  при соотнесении с калибровочным графиком можно судить об изменении концентрации кислоты и, следовательно, о ее адсорбции на поверхности наночастиц.

Таким образом, на примере суспензий нанопорошков  $\text{TiO}_2$  и  $\text{ZrO}_2$  продемонстрирован механизм разработанной в ходе эксперимента методики количественной и качественной оценки степени адсорбции глицина на поверхности нанопорошка. Показано, что аминокислота незначительно адсорбируется на поверхности выбранных нанопорошков, причем в большей степени это явление проявляется на поверхности  $\text{TiO}_2$ .

*Работы выполнены при поддержке гранта № 15-03-06528 Российского фонда фундаментальных исследований.*

**Список литературы:**

1. Jutaek N., Nayoun W. Surface engineering of inorganic nanoparticles for imaging and therapy // *Advanced Drug Delivery Reviews*. – 2013. – № 65. – P.622-648.
2. K.C. Barick, P.A. Hassan. Glycine passivated Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles for thermal therapy // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2012. – № 369. – P. 96-102.
3. Бутырская Е.В., Нечаева Л.С., Шапошник В.А., Дроздова Е.И. Отнесение полос в ИК спектрах водных растворов глицина на основе квантово-химического расчета // *Сорбционные и хроматографические процессы*. – 2012. – Т. 12. – Вып.4. – С.501-512.

**Исследование кубического карбида вольфрама термографическими методами**

Шатрова К.Н., Пак А.Я.  
kns2@tpu.ru

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

Карбид вольфрама широко используется для производства конструкционных и инструментальных материалов, которые можно эксплуатировать при высоких температурах, в агрессивных средах и при тяжелых нагрузках, благодаря высокой твердости, прочности, износостойкости, коррозионной устойчивости и термической стабильности этих свойств [1-5]. Кроме того, в последние годы большое количество статей повествуют о том, что нанодисперсный карбид вольфрама при добавлении небольшого количества платины и (или) палладия обладает высокой каталитической активностью, что позволяет рассматривать его как альтернативу чисто платиновому катализатору, который используется для получения водорода и генерации электричества в топливных элементах [6-9]. В настоящий момент данное свойство нанокарбида вольфрама является очень актуальным в электроэнергетической отрасли, так как платина – это благородный и дорогой металл, в связи с чем стоимость производства водорода и эксплуатации топливных элементов при использовании платинового катализатора является очень высокой. Таким образом, благодаря своим особым свойствам карбид вольфрама в нанокристаллическом состоянии вызывает большой интерес у ученых и исследователей.

В настоящее время существует большое разнообразие методов получения карбида вольфрама в нанокристаллическом состоянии [10-14]. Одним из таких методов является синтез ультрадисперсных порошков карбида вольфрама с помощью высокоточного коаксиального магнетоплазменного ускорителя (КМПУ) [15-16]. Целью данной работы является исследование синтезированных таким способом порошков кубического карбида вольфрама термическими методами.

Синтезированный материал без какой-либо предварительной обработки исследовался методами рентгеновской дифрактометрии с использованием дифрактометра Shimadzu XRD7000 (CuK $\alpha$ -излучение). Идентификация фаз продукта синтеза была выполнена с помощью базы структурных данных PDF2. Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения проводилась с помощью просвечивающего электронного микроскопа JEOL JEM 2100F.

Процесс окисления карбида вольфрама был изучен с помощью дифференциального термического и термогравиметрического анализов (ДТА-ТГ) на термоанализаторе SDTQ600 при нагревании на воздухе в интервале температур от 50 °С до 1000 °С со скоростью нагрева 10 °С/мин. Отжиг полученных порошков в воздухе проводили в печи при скорости нагрева 10 °С/мин и последующим естественным охлаждением.

Известно, что температура горения дугового разряда составляет более нескольких  $10^4$  К [17]. Скорость плазмы, достигающая до 2-4 км/с, создает ультрабыстрое охлаждение до  $10^8$  К/с, что необходимо для формирования кубической  $WC_{1-x}$  кристаллической структуры [15, 18]. Согласно фазовой диаграмме, эти условия [19] приводят к образованию карбидов вольфрама.

На рисунке 1 представлены результаты просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения продукта. Анализ микроэлектронных снимков показывает, что полученный продукт состоит из двух типов объектов. Первый – округлые частицы размером до 100 нм, темные, не пробивающиеся электронным пучком, соответствующие фазам карбида вольфрама. Второй – менее плотные объекты, нанодисперсного графиту.

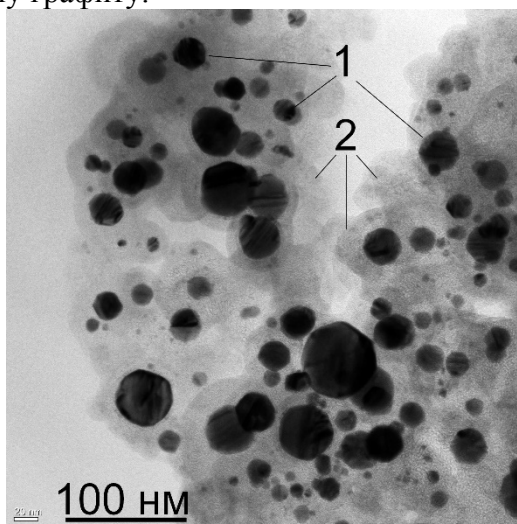


Рисунок 1. Результаты просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения

Известно, что окисление карбидов вольфрама в воздухе начинается при  $\approx 450-500$  °С [20, 21] и зависит от среднего размера частиц [19]. Согласно гистограмме распределения частиц по размерам синтезированного кубического карбида вольфрама  $WC_{1-x}$  явно выраженный максимум распределения приходится на диапазон 20-40 нм [15].

Для определения термической стабильности синтезированного порошка  $WC_{1-x}$  были проведены термический анализ на воздухе. Результаты термографического анализа (ДТА-ТГ кривые) показаны на рисунке 2.

Согласно графику процесс окисления характеризуется сильным экзотермическим эффектом и увеличением массы образца. Температурный интервал до 400-450 °С соответствует сгоранию влаги и органических примесей [21], общей массой около 0,8%. Увеличение массы в диапазоне 500-800 °С, которая достигает 116%, обусловлено окислением  $WC_{1-x}$  до оксидов вольфрама. Результаты термического анализа соответствуют известным данным [19, 20], но температура процесса



окисления в данном исследовании оказалась выше. Увеличение стойкости к окислению может быть вызвано наличием углеродной матрицы в синтезированном порошке [22].

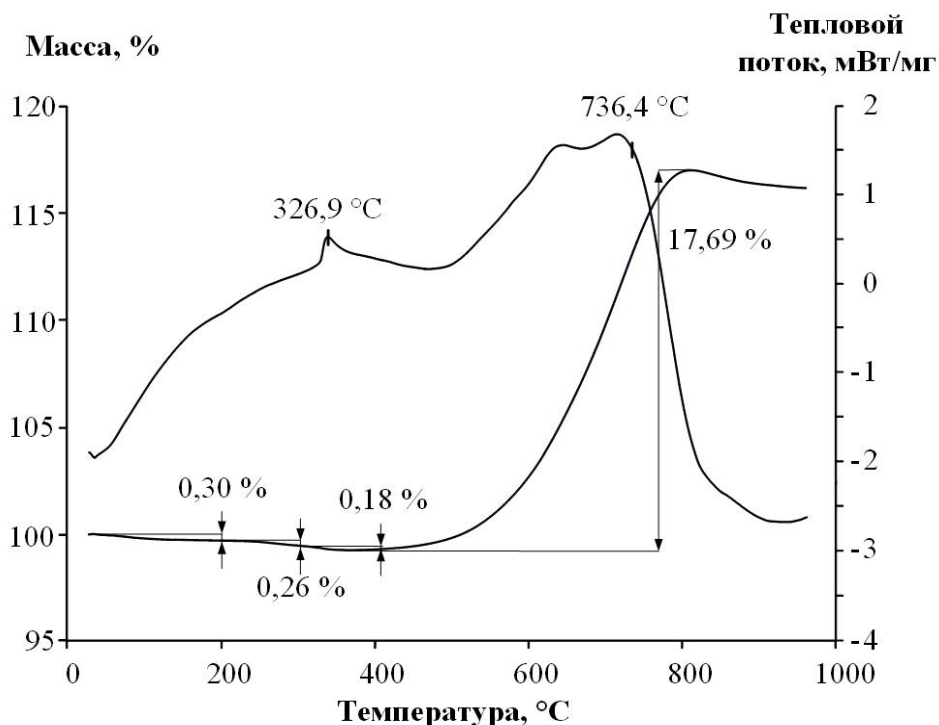


Рисунок 2. Результаты термогравиметрического анализа

Также был проведен отжиг порошка карбида вольфрама при температурах 500 °C и 780 °C для исследования фазового состава с помощью рентгеновской дифрактометрии (рисунок 2). После отжига при 500 °C никаких существенных изменений в цвете не было обнаружено, а после отжига при 780 °C цвет порошка из серого стал желтым. Рентгенограмма отжига порошка при 500 °C указывает на присутствие слабых максимумов, соответствующих оксидам вольфрама (рисунок 3), но при этом кубический карбид вольфрама остается главной фазой. Это можно объяснить тем, что в диапазоне 450-500 °C окисляется чистый вольфрам, что соответствует слабому увеличению массы на рисунке 3. При этом экзотермический эффект не обнаруживается из-за небольшого количества вольфрама (1-2%). Рентгенограмма образца, отожженного при 780 °C характеризуется наличием интенсивных максимумов оксидов вольфрама и исчезновением максимумов карбида вольфрама (рисунок 3). Этот результат хорошо согласуется с термогравиметрическим исследованием (рисунок 2). Также на рентгенограмме, соответствующей отжигу порошка при 780 °C присутствуют максимумы оксида алюминия  $Al_2O_3$ . Это объясняется использованием корундового тигеля для отжига образца.



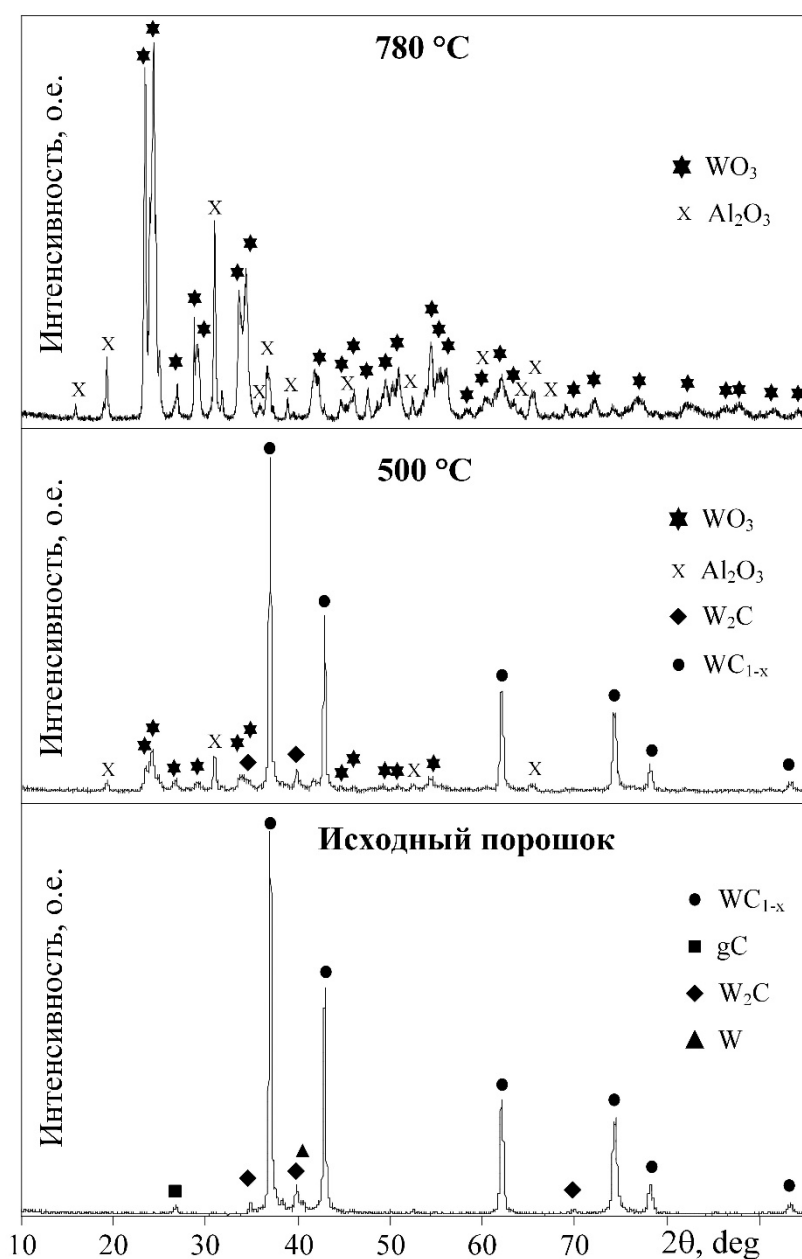


Рисунок 2. Рентгеновские дифрактограммы исходного и отожженного в воздухе порошков

Таким образом, был получен порошок кубического карбида вольфрама с помощью импульсного коаксиального магнетоплазменного ускорителя. Полученный порошок является термически стабильным на воздухе до 500 °С и окисляется в температурном интервале 500-780 °С. Повышенная термическая стабильность синтезированного карбида вольфрама объясняется наличием углеродной матрицы и высокой скорости нагрева (100 °С/мин).

#### Список литературы:

1. Ren X., Miao H., Peng Zh. A review of cemented carbides for rock drilling: An old but still tough challenge in geo-engineering // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. 2013. № 39. – P. 61-77.

2. Aravinth S., Sankar B., Kamaraj M., Chakravarthy S.R., Sarathi R. Synthesis and characterization of hexagonal nano tungsten carbide powder using multi walled carbon nanotubes // *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2012. № 33. – P. 53-57.
3. Meng H., Zhang Zh., Zhao F., Qiu T. Preparation of nanoparticles by twice ball milling // *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2013. № 41. – P. 191-197.
4. Liu Y.Zh., Jiang Y.H., Zhou R., Feng J. Mechanical properties and chemical bonding characteristics of WC and W<sub>2</sub>C compounds // *Ceramics International*. 2014. № 40. – P. 2891-2899.
5. Hao Sh., Xu Y., Zhang Y., Zhao L. Improvement of surface microhardness and wear resistance of WC/Co hard alloy by high current pulsed electron beam irradiation // *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2013. № 41. – P. 553-557.
6. Ma C., Kang L., Shi M., Lang X., Jiang Ye. Preparation of Pt-mesoporous tungsten carbide/carbon composites via a soft-template method for electrochemical methanol oxidation // *Journal of Alloys and Compounds*. 2014. № 588. – P. 481-487.
7. Nikolic V.M., Zugic D.L., Perovic I.M., Saponjic A.B., Babic B.M., Pasti I.A., Kaninski M.P.M. Investigation of tungsten carbide supported Pd or Pt as anode catalysts for PEM fuel cells // *International Journal of Hydrogen Energy*. 2013. № 38. – P. 11340-11345.
8. Ko A-R., Lee Y.-W., Moon J.-S., Han S.-B., Cao G., Park K.-W. Ordered mesoporous tungsten carbide nanoplates as non-Pt catalysts for oxygen reduction reaction // *Applied Catalysis A: General*. 2014. № 477. – P. 102-108.
9. Antolini E., Gonzalez E.R. Tungsten-based materials for fuel cell applications // *Applied Catalysis B: Environmental*. 2010. № 96. – P. 245-266.
10. Singh H., Pandey O.P. Single step synthesis of tungsten carbide (WC) nanoparticles from scheelite ore // *Ceramics International*. 2013. № 39. – P. 6703-6706.
11. Lin M.-H. Synthesis of nanophase tungsten carbide by electrical discharge machining // *Ceramics International*. 2005. № 31. – P. 1109-1115.
12. Jin Y., Liu D., Li X., Yang R. Synthesis of WC nanopowders from novel precursors // *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2011. № 29. – P. 372-375.
13. Tsai K.-M., Hsieh Ch.-Y., Lu H.-H. Sintering of binderless tungsten carbide // *Ceramics International*. 2010. № 36. – P. 689-692.
14. Ma J., Zhu S.G. Direct solid-state synthesis of tungsten carbide nanoparticles from mechanically activated tungsten oxide and graphite // *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2010. № 28. – P. 623-627.
15. Pak A., Sivkov A., Shanenkov I., Rahmatullin I., Shatrova K. Synthesis of ultrafine cubic tungsten carbide in a discharge plasma jet // *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2015. № 48. – P. 51-55.
16. Sivkov A.A., Nikitin D.S., Pak A.Y., Rakhmatullin I.A. Direct plasmadynamic synthesis of ultradisperse silicon carbide // *Technical Physics Letters*. 2013. № 39. – P. 105-107.
17. Puric J., Dojcinovic I.P., Astashynski V.M., Kuraica M.M., Obradovic B.M. Electric and thermodynamic properties of plasma flows created by a magnetoplasma compressor // *Plasma Sources Science and Technology*. 2004. № 13. – P. 74-84.
18. Zhang F.G., Zhu X.P., Lei M.K. Microstructural evolution and its correlation with hardening of WC-Ni cemented carbides irradiated by high-intensity pulsed ion beam // *Surface and Coatings Technology*. 2012. № 206. – P. 4146-41455.

19. Kurlov A.S., Gusev A.I. Tungsten Carbides and W-C Phase Diagram // Inorganic Materials. 2006. № 42. – P. 121-127.
20. Jung W.-G. Recovery of tungsten carbide from hard material sludge by oxidation and carbothermal reduction process // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 2014. № 20. – P. 2384-2388.
21. Luthin J., Linsmeier Ch. Influence of oxygen on the carbide formation on tungsten // Journal of Nuclear Materials. 2001. № 290-293. – P. 121-125.
22. Abad M.D., Muñoz-Márquez M.A., Mrabet S.E., Justo A., Sánchez-López J.C. Tailored synthesis of nanostructured WC/a-C coatings by dual magnetron sputtering // Surface and Coatings Technology. 2010. № 204. – P. 3490-3500.

### **Разработка технологии плазмодинамического синтеза ультрадисперсного монокристаллического порошка оксида цинка**

Водопьянов Е.М.  
*headfire94@gmail.com*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, Иващутенко А.С., кафедра ЭПП  
Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет*

В последние десятилетия наблюдается большой интерес в исследовании оксида цинка (ZnO). Это уникальный функциональный материал с высокой подвижностью электронов, высокотемпературной проводимостью, большой шириной запрещенной зоны (3,37 эВ) и энергией связи экситонов (60мэВ), обладающий полупроводниковыми, пьезоэлектрическими, ферроэлектрическими и ферромагнитными свойствами, которые позволяют использовать его для широкого спектра устройств. Оптические и электрические свойства находят применения в таких устройствах как солнечные батареи, фотодетекторы, лазерные диоды, светодиоды, датчики загазованности, биосенсоры, нелинейные ограничители перенапряжения, тонкопленочные транзисторы и др. Антибактериальные, и дезинфицирующие свойства, биосовместимость, а также способность к отражению ультрафиолетового излучения находят применение в текстильной и полимерной промышленности, парфюмерии, косметике, медицине [1-4].

С другой стороны, оксид цинка привлекает внимание своей способностью принимать различные формы наноструктур: нанопроволоки, наноленты, нанокольца, нанорешетки, наносферы, нановолокна, нано-тетраподы и гетероструктуры, которые представляют интерес для широкого круга применений [5].

Ультрадисперсный порошок оксида цинка был получен универсальным плазмодинамическим методом в сверхзвуковой струе электроразрядной плазмы. Струя генерируется импульсным (до  $10^{-4}$  с), сильноточным ( $10^5$  А), коаксиальным магнитоплазменным ускорителем (КМПУ) [6], конструкция которого представлена на рис.1.

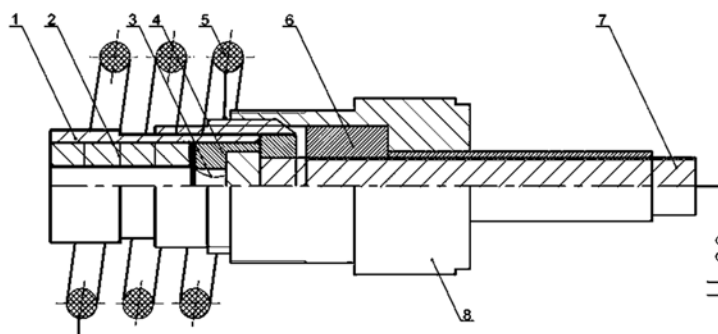


Рис. 1. Конструкция КМПУ: 1-электрод-ствол; 2-цинковые диски; 3-электровзрывающиеся проводники; 4,6-изоляторы центрального электрода; 5-соленоид; 7-центральный электрод, 8-корпус.

Ствол ускорителя представляет собой внешний титановый электрод-ствол с цинковыми дисками внутри, диаметр ускорительного канала составляет 9мм, а длина 190мм. Плазменный выстрел осуществляется в герметичную камеру-реактор заполненную кислородом (0,5 атм.) и воздухом (0,5 атм.).

Электрическое питание ускорителя осуществлялось с помощью ёмкостного накопителя энергии ( $C=3,6$  мФ,  $U=3,8$  кВ). Осциллограммы рабочего тока  $i(t)$  и напряжения  $u(t)$  приведены на рис.2. В течении всего рабочего цикла происходит электроэрозионная наработка цинка с поверхности ускорительного канала. Материал поступает в плазму разряда и вылетает сверхзвуковой струей в камеру, где взаимодействует с кислородом и образует ультрадисперсный порошок оксида цинка.

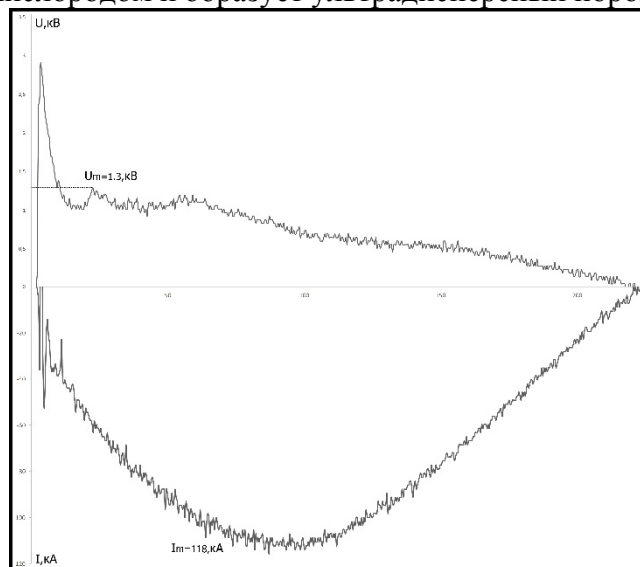


Рис.2. Осциллограммы тока и напряжения на электродах КМПУ

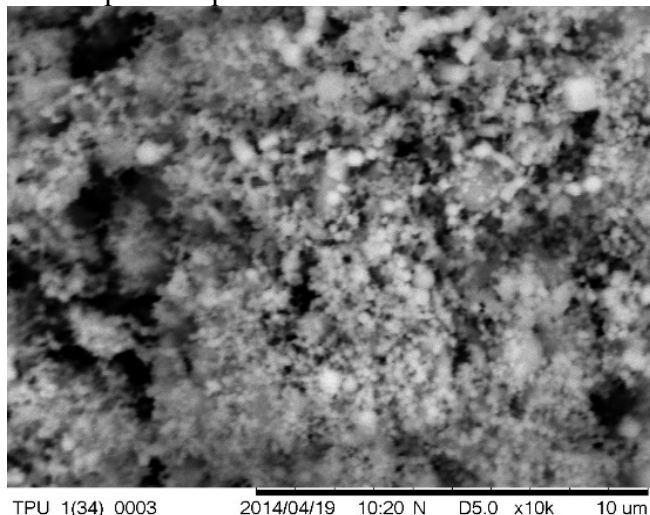
Регистрация протекания процесса синтеза ультрадисперсного оксида цинка осуществлялась через смотровое окно в камере-реакторе с помощью сверхвысокоскоростной камеры Photron FASTCAM SA1.1.

Сбор порошка происходит спустя некоторое время после окончательного осаждения частиц на стенки реактора. Массовый выход материала составил 9.5 г.

Для исследования фазового состава продукта он был подвергнут исследованию на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD 7000S. Анализ был проведен с

помощью программного пакета PowderCell 2.4 и базы структурных данных PDF4+. В соответствии с полученными данными, порошок более чем на 99.9% состоит из фазы оксида цинка, что свидетельствует о правильности выбора энергетических параметров опыта и подтверждает изначальное предположение о возможности синтеза данной фазы.

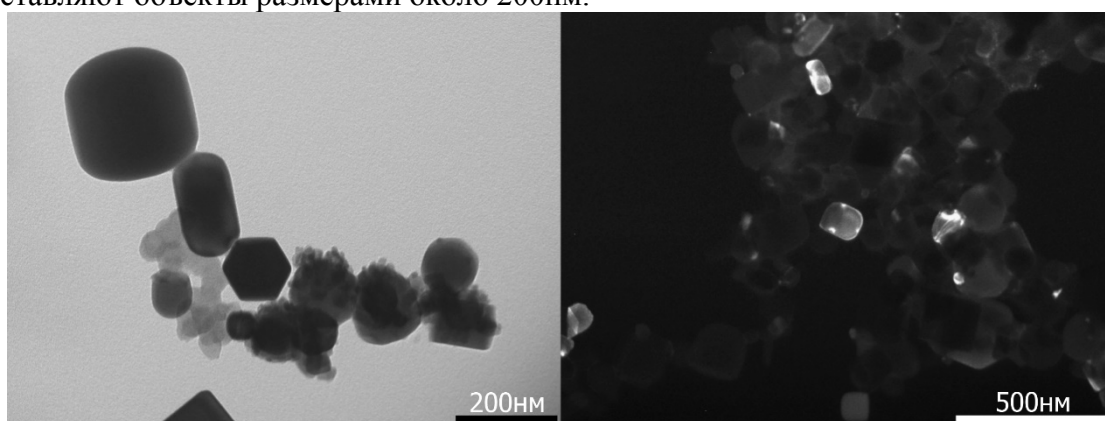
Также образец подвергся и микроструктурному анализу. На рис. 3 приведен растровый микроэлектронный снимок порошкообразного продукта динамического синтеза в рассматриваемой системе.



**Рис. 3. Микроэлектронный снимок скопления ультрадисперсных объектов в составе продукта динамического синтеза оксида цинка**

Для подтверждения результатов рентгеновской дифрактометрии был произведен анализ просвечивающей электронной микроскопии (ТЕМ) с помощью микроскопа Phillips CM-12.

На рис. 4. представлены светлопольный и темнопольный снимки полученного вещества, на которых прекрасно представлена гексагональная структура монокристаллического оксида цинка. Как видно, большую часть продукта составляют объекты размерами около 200нм.



**Рис. 4. ТЕМ-снимки оксида цинка светлопольный(слева), темнопольный (справа)**

Основываясь на результатах проведенной работы можно сделать вывод о возможности применения метода плазмодинамического синтеза для получения

монокристаллического ультрадисперсного порошкового оксида цинка с кристаллической структурой - гексагональная сингония

**Список литературы:**

1. Ozgur U., Hofstetter D., Morkoc H. ZnO devices and applications: a review of current status and future prospects //Proceedings of the IEEE. – 2010. – Т. 98. – №. 7. – С. 1255-1268.
2. Kuo C. L. et al. Synthesis of zinc oxide nanocrystalline powders for cosmetic applications //Ceramics International. – 2010. – Т. 36. – №. 2. – С. 693-698.3.
3. Renganathan B. et al. Nanocrystalline ZnO coated fiber optic sensor for ammonia gas detection //optics & laser technology. – 2011. – Т. 43. – №. 8. – С. 1398-1404.
4. Beek W. J. E., Wienk M. M., Janssen R. A. J. Efficient hybrid solar cells from zinc oxide nanoparticles and a conjugated polymer //Advanced Materials. – 2004. – Т. 16. – №. 12. – С. 1009-1013.
5. Djurišić A. B. et al. ZnO nanostructures: growth, properties and applications //Journal of Materials Chemistry. – 2012. – Т. 22. – №. 14. – С. 6526-6535.
6. А. Патент РФ № 2431947 Коаксиальный магнитоплазменный ускоритель / Сивков А.А., Пак А.Я. Приоритет от 30.04.2010.

**Структурные состояния фаз в поверхностных и переходных слоях системы «покрытие из тантала-основа из никелида титана» после электронно-пучковой обработки**

Захарова М.А.  
*tibiboreth@gmail.com*

*Научный руководитель: к.ф.-м.н. Остапенко М.Г., ассистент кафедры ОФ ФТИ ТПУ, м.н.с. лаборатории материаловедения сплавов с памятью формы ИФПМ СО РАН*

В настоящее время распространено использование методов модификации поверхности металлов и сплавов с использованием пучковых технологий, позволяющих изменять поверхностную структуру материалов и, как следствие, их физические свойства [1]. Электронно-пучковые обработки широко используются для комплексной обработки поверхности металлов и сплавов с целью формирования метастабильных состояний в поверхностных слоях и изменения физико-механических свойств материалов. Однако, данные о структурных состояниях неравновесных фаз, сохранившихся после или синтезированных в результате облучения, крайне ограничены.

Целью данной работы является исследование структурно-фазовых состояний в поверхностных и переходных слоях никелида титана с покрытием из тантала после обработки электронным пучком с плотностью энергии 15 Дж/см<sup>2</sup>.

**Материалы и методы.** Образцы для исследования представляли собой сплав Ti<sub>49.5</sub>Ni<sub>50.5</sub> с покрытием из тантала толщиной 400 нм (далее – образцы 400Ta/TiNi). После нанесения покрытия проводилась модификация поверхности образцов электронным пучком при плотности энергии в пучке электронов 15 Дж/см<sup>2</sup> (далее – образцы (400Ta/TiNi)<sup>e15</sup>). Для анализа фазового состава и структуры использовали

симметричные (для глубинных слоев) и асимметричные схемы съемок с углами скольжения  $\alpha=3^\circ, 6^\circ, 12^\circ$  (для поверхностных слоев).

**Результаты и обсуждение.** Анализ рентгенограмм образцов 400Ta/TiNi, полученных с использованием симметричной схемы съемок, выявил, что на рентгенограммах преобладает фаза  $\alpha$ -Ta (ОЦК,  $Im\bar{3}m$ ), относящаяся к покрытию (~80 об.%), а также присутствуют рефлексы от фазы B2 (ОЦК,  $Pm\bar{3}m$ ) сплава TiNi (10 об.%). Кроме того, обнаружены рефлексы, относящиеся к тетрагональной фазе  $\beta$ -Ta, её относительная объемная доля составила 10 об.%. После электронно-пучковой обработки объемная доля фазы  $\alpha$ -Ta сократилась до 60 об. %, в то время как доля фазы B2 не изменилась. При этом на рентгенограммах для образцов (400Ta/TiNi)<sup>e15</sup> не обнаружено рефлексов от фазы  $\beta$ -Ta, что может быть обусловлено переходом фазы  $\beta$ -Ta в  $\alpha$ -Ta во время электронно-пучковой обработки ввиду достижения температуры перехода (750 °C). Помимо фазы B2 (TiNi) материала-основы и  $\alpha$ -Ta фазы покрытия, на рентгенограммах для образцов (400Ta/TiNi)<sup>e15</sup> обнаружены дополнительные рефлексы, соответствующие  $\beta$ -фазе оксида тантала Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и низкотемпературной фазе B19'. Объемная доля мартенситной фазы B19' составила не более ~10 об.%, а Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 20 об.%.

На рис. 1 приведены значения параметра решетки фазы B2 до и после обработки, соответствующие толщине анализируемого слоя при симметричной и асимметричной геометрии рентгеновских съемок под углами скольжения  $\alpha=3^\circ, 6^\circ, 12^\circ$ . Видно, что для 400Ta/TiNi в глубинных слоях основы из TiNi изменения параметра решетки не наблюдаются, их значения близки к значению в исходном образце  $a_{B2}=3,0138\pm0,0005$  Å. По мере приближения к поверхности параметр решетки уменьшается, что может быть связано с наличием полей упругих остаточных напряжений в поверхностном слое или изменением химического состава фазы B2.

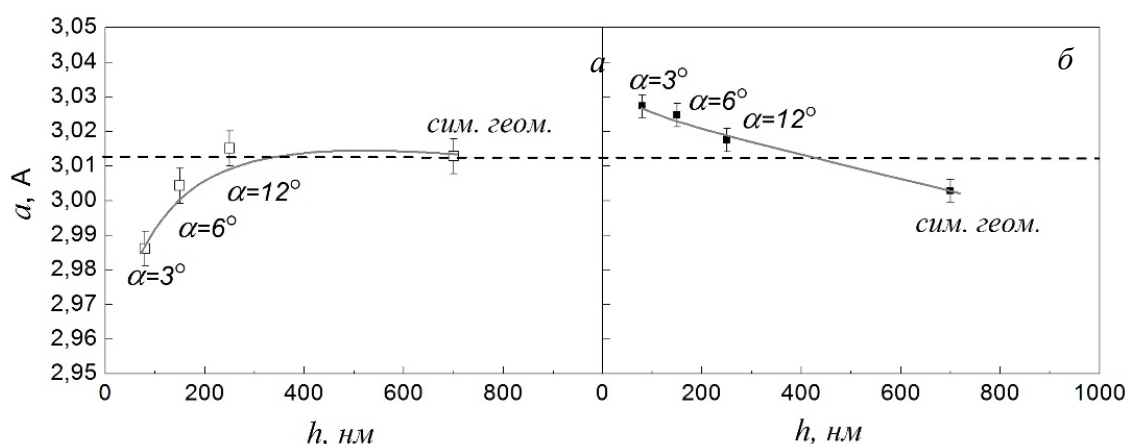


Рис.1. Изменение параметра решетки фазы B2 никелида титана до 400Ta/TiNi (а) и после (400Ta/TiNi)<sup>e15</sup> (б) электронно-пучковой обработки в зависимости от глубины анализируемого слоя. Пунктирной линией показано значение параметра решетки B2 фазы для сплава Ti<sub>49.5</sub>Ni<sub>50.5</sub>.

Модификация образцов 400Ta/TiNi электронным пучком приводит к изменению характера зависимости  $a(h)$ , в поверхностных слоях значение параметра решетки увеличивается до значений  $a_{B2}=3,0263\pm0,0008$  Å. Это может быть обусловлено формированием в поверхностном слое сплава TiNi, легированного Ta. Согласно литературным данным [2], параметр решетки фазы B2 сплава состава Ni<sub>50</sub>Ti<sub>45</sub>Ta<sub>5</sub>

составляет  $a=3,0250 \text{ \AA}$ , что близко к экспериментально полученным в данной работе значениям  $a_{B2}$ . Кроме того, в пользу предположения о формировании в результате электронно-пучковой обработки в приповерхностной области трехкомпонентного сплава TiNi, легированного Ta, можно рассматривать факт присутствия в этой области мартенситной фазы B19'.

Установлено, что до обработки электронным пучком в поверхностных слоях образцов  $(400\text{Ta/TiNi})^{e15}$  значения параметра решетки фазы  $\alpha$ -Ta меньше, чем указанные в [3] для чистого тантала. Как видно на рис. 2, с увеличением угла скольжения значения параметра решетки  $\alpha$ -Ta фазы возрастают. Для  $(400\text{Ta/TiNi})^{e15}$  наблюдается практически линейная зависимость параметров решеток  $\alpha$ -Ta фазы от глубины анализируемого слоя.

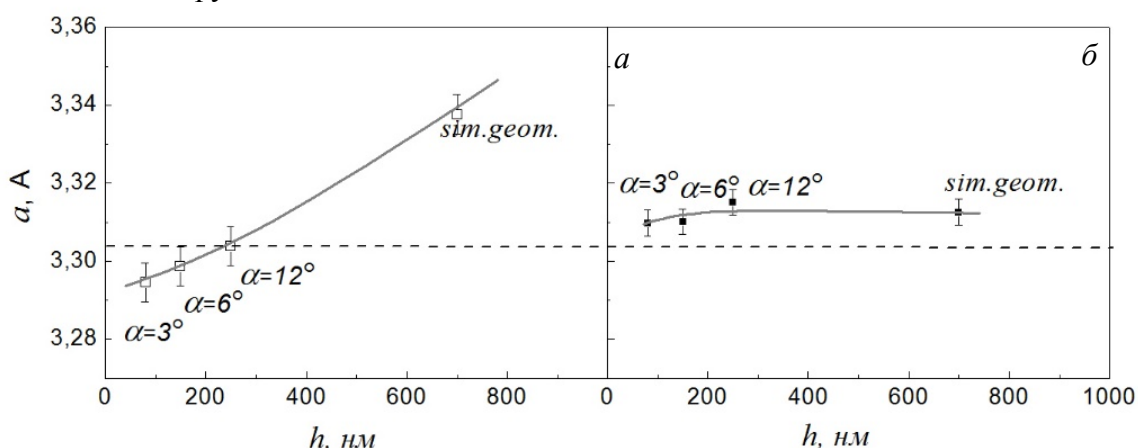


Рис.2. Изменение параметра элементарной ячейки  $\alpha$ -Ta фазы покрытия до (а) и после (б) электронно-пучковой обработки в зависимости от глубины анализируемого слоя. Пунктирной линией показано теоретическое значение [3].

Данные рентгеновских исследований указывают на то, что в результате электронно-пучковой обработки образцов с покрытиями из тантала в приповерхностной области, помимо фазы  $\alpha$ -Ta, возможно формируется трехкомпонентный сплав состава, близкого к  $\text{Ni}_{50}\text{Ti}_{45}\text{Ta}_5$ , который характеризуется двухфазным состоянием (B2+B19').

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы (проект III.23.2.1).

#### Список литературы:

1. Камышанченко Н.В. «Современные методы модифицирования структуры и механических свойств металлов». Научные ведомости БелГУ. - 2005. - №2. - С. 88-103.
2. Gong C. W., Wang Y. N., Yang D. Z. «Martensitic transformation of  $\text{Ni}_{50}\text{Ti}_{45}\text{Ta}_5$  shape memory alloy». Journal of Alloys and Compound. – 2006. – V. 419. – P. 61–65.
3. ICDD (International Centre for Diffraction Data) Database, (2002).



## Вопросы обеспечения материалами высокотехнологичных отраслей России

Абрамов А.О., Гришко Н.Е.  
artemon.1994@mail.ru

*Научный руководитель: к.т.н. Дитц А.А., доцент кафедры ТСН ИФВТ НИ ТПУ*

Объем мирового рынка керамики в 2013 году составил 46 млрд. \$. Объем российского рынка керамики в 2013 году составил 0,5 млрд. \$. Среднегодовые темпы роста мирового рынка функциональной керамики составляют 38% в год, темпы роста российского рынка – порядка 20 % в год. Одним из востребованных сегментов рынка в соответствии с мировыми тенденциями развития является электроника и электротехника (керамические элементы для электронной промышленности, в том числе для теплонагруженных элементов полупроводниковых приборов, мощных светодиодов; изоляторы различного применения для электротехники и энергетики). Рост применения керамических материалов обусловлен преимуществами в свойствах современной керамики по сравнению с традиционными материалами. Около 80% совокупного потребления изделий из технической керамики в России приходится на импорт по данным обзора рынка, выполненного компанией Dedalus Consulting, отчет «Ceramics and Superabrasives Dominate the Global Market From 2008 to 2013». На сегодняшний день в рамках ФЦП, РФФИ и др. программ разработаны технологии получения новых материалов на производствах в России, заводами приобретено необходимое современное технологическое оборудование. Одной из проблем, тормозящих производство и широкое применение таких материалов, является отсутствие высококачественного сырья, производимого в России и пригодного для производства изделий и материалов с высокими эксплуатационными характеристиками. Решение этой проблемы (обеспечение сырьем высокотехнологичные отрасли) является стратегически важным для государства, как в свете сложной политической обстановки, так и в свете повышения конкурентоспособности производства в РФ.

Рынок нитрида алюминия представлен странами: Япония, США, Германия, Франция, Китай и Россия. При производстве разные производители применяют различные способы получения порошка нитрида алюминия.

**Цель работы:** разработать способ получения российской керамики из нитрида алюминия с высокими эксплуатационными характеристиками.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

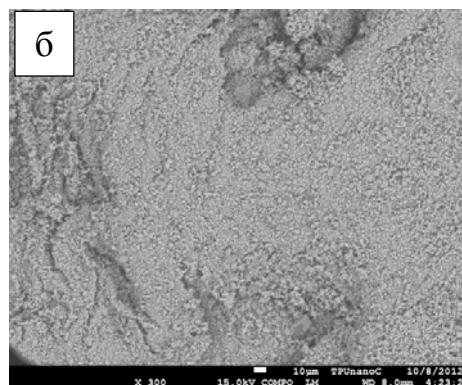
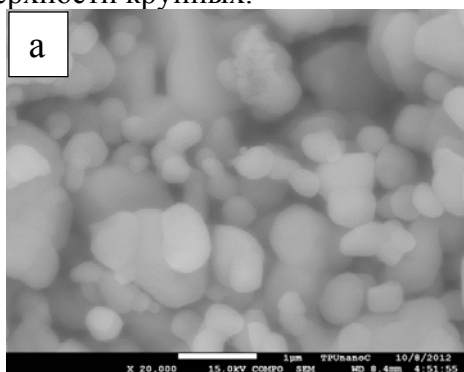
- Анализ промышленных порошков нитрида алюминия иностранных производителей, представленных на рынке.
- Формулирование требований (свойств) для порошка нитрида алюминия.
- Разработка технологии очищения порошка нитрида алюминия от примесей.
- Опробование полученного порошка нитрида алюминия для производства алюмонитридной керамики.

В работе исследовали порошки нитрида алюминия производства: Японии, полученного методом карботермического восстановления-азотирования, Китая, полученного методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), Германии, полученного методом прямого азотирования и России,

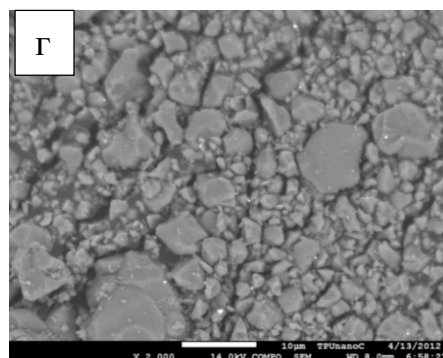
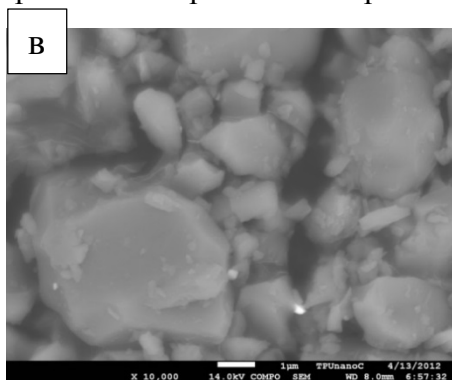
полученного методом СВС. Необходимо отметить, что иностранные производители производят порошки нитрида алюминия в промышленном масштабе, в отличие России.

При проведении исследований порошки находились в исходном состоянии, т.е. не подвергались специальной обработке. Для установления фазового состава все порошки исследовали методом рентгенофазового анализа на установке Shimadzu XRD-7000 с  $K\alpha 1$ -Cu, для изучения морфологии частиц порошки изучали на электронном микроскопе JEOL JSM 7500FA и JSM 6000, наличие примесей определяли методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии на приборе Supreme – 8000, поведение при нагреве изучали на установку синхронного термического анализа STA 449F3, распределение частиц по размерам на установке SALD 7101.

На рисунке 1. Представлены данные растровой электронной микроскопии порошков. Из данных следует, что все порошки представлены объемными частицами неправильной формы, встречаются как крупные, так и мелкие, которые находятся на поверхности крупных.

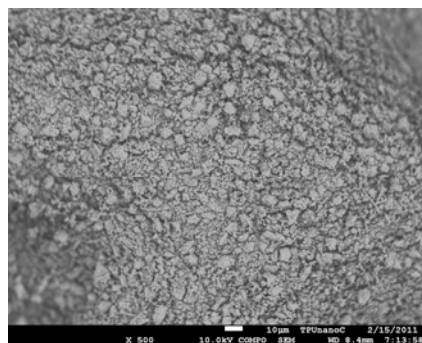
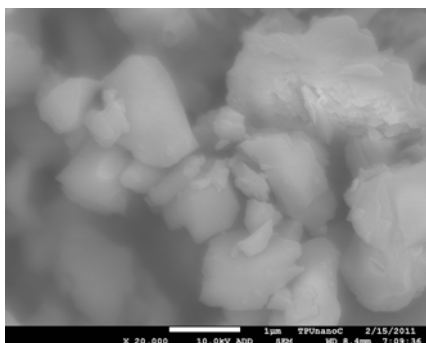


Микроснимки порошка AlN производства Японии а)  $\times 20000$  б)  $\times 300$ .

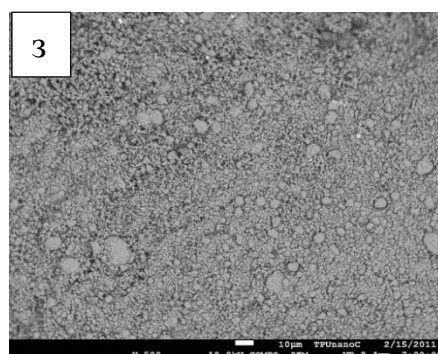
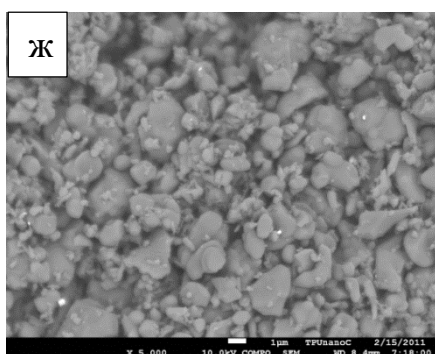


Микроснимки порошка AlN производства Китая в)  $\times 10000$ ; г)  $\times 2000$ ;





Микроснимки порошка AlN производства Германии д)  $\times 20000$ ; е)  $\times 500$ ;



Микроснимки порошка AlN производства России ж)  $\times 5000$ ; з)  $\times 500$

Рисунок 1. Микрофотографии порошков нитридов алюминия

Форма частиц не зависит от способа получения, поскольку во всех способах получают, спек материала, который затем измельчают в шаровых или планетарных мельницах.

По данным рентгенофазового анализа все порошки представлены единственной фазой AlN (000-25-1133).

В таблице 1 представлены данные гранулометрического состава порошка нитрида алюминия.

Таблица 1. Данные гранулометрического состава

Порошок нитрида алюминия	Размер частиц, мкм		
	D <sub>10</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>90</sub>
Японии	1,537	2,797	4,596
Китай	2,142	3,895	9,475
Германия	0,200	1,200	5,100
Россия	1,490	3,320	5,300

Наиболее крупным является порошок нитрида алюминия производства Китая, а наиболее мелким порошок нитрида алюминия производства Германии. Все порошки субмикронного размера с наибольшим размером частиц менее 10 мкм.

Согласно данным рентгенофлуоресцентной спектроскопии (рисунок 2) порошки содержат разное количество примесей.

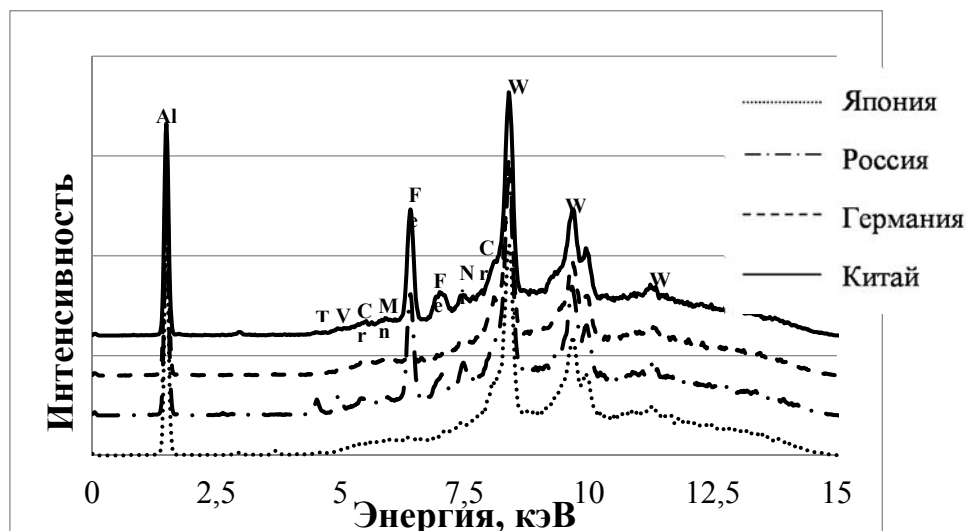


Рисунок 2. Данные рентгенофлуоресцентного анализа порошков нитрида алюминия.

Содержание примесей в порошках различно, наименьшее количество примесей содержит порошок нитрида алюминия производства Японии, а наибольшее - порошок производства России. Это связано непосредственно со способом получения порошка и с качеством исходного материала. Так, для получения СВС порошков применяют металлические порошки, а при карботермическом восстановлении азотировании оксиды металлов.

Важным показателем является содержание основного вещества (нитрида алюминия) в порошках. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2. Данные по содержанию основного вещества

№	Производитель порошков	Содержание AlN, мас.%
1	Японии	98,51
2	Китай	98,23
3	Германия	98,76
4	Россия	98,03

Содержание основного вещества для всех порошков было больше 98 мас.%

Анализируя полученные данные, можно сделать выводы:

Порошки, производимые разными методами, имеют разные характеристики, большая часть которых связана с методом получения или исходным сырьем.

Наиболее чистые порошки получаются методами карботермического восстановления азотирования и прямым азотированием. Они меньше содержат примесей и больше основного вещества, что позволяет получать высокие характеристики керамики.

Определены характеристики порошка нитрида алюминия для обеспечения получения высоких характеристик керамики.

Порошок нитрида алюминия, произведенный в России, имеет много примесей металлов или их оксидов, которые снижают свойства керамики. В связи с этим порошок требует обогащения (очистки).

Важным является и экономический вопрос. Отношение стоимости порошков Россия:Китай:Германия:Япония составляет 1:2:3:5, стоимость самого дорогого в пять раз больше стоимости самого дешевого. Низкая стоимость порошка нитрида алюминия, произведенного в России, связана с применением метода СВС для его получения и позволяет остаться конкурентоспособным при проведении стадии очищения.

### **Плазмохимическая модификация поверхности трековой мембранной матрицы ПЭТФ для синтеза анизотропной мембраны на её основе.**

Ахметшарипова Т.К.  
Tamina.Akhmetsharipova@mail.ru

*Научный руководитель: с.н.с, Сохорева В.В., НИ ТПУ*

*Ключевые слова: ионы аргона, полиэтилентерефталат, кондуктометрическая ячейка, ассиметричные поры, абляционная плазма.*

**Введение.** Основной проблемой, препятствующей широкому применению мембранных технологий с использованием мембран - отсутствие мембран, обладающих высокой разделяющей способностью при достаточной прочности, стабильностью эксплуатационных свойств и коммерческой доступностью. Среди разнообразия мембран важное место занимают трековые полимерные мембраны (ТМ) [1]. Отличительными особенностями ТМ являются малая толщина, высокая селективность разделения, технологичность производства и сравнительно невысокая стоимость.

Минимальный диаметр классической ТМ около 100 нм, что препятствует её использованию в прецизионных фильтрационных процессах при фильтрации лекарственных препаратов, малых количеств биологических жидкостей. Поэтому разработка ТМ с порами меньше 100 нм является актуальной задачей. Структура таких ТМ будет отличаться от симметричных ТМ, - наличием тонкого "селективного" слоя с малыми порами, лежащим на более толстом слое, имеющем поры большего размера. Такие ТМ называются ассиметричными трековыми мембранами (АТМ). Они превосходят симметричные ТМ по производительности, поскольку тонкий селективный слой имеет меньшее гидравлическое сопротивление, чем симметричная мембрана с порами такого же размера. Так как предполагается использовать АТМ [3] для фильтрации лекарственных препаратов и биологических объектов, они должны обладать устойчивостью к тепловым (стерилизующим) обработкам [2].

В настоящей работе приведены результаты исследования плазмохимической модификации. В качестве материала селективного слоя были выбраны:  $^{12}\text{C}$ ,  $\text{SiO}_2$  и фтористоводородные полимеры.

#### **Экспериментальная часть.**

Полиэтилентерефталатная пленка (производства Владимирского химического завода), толщиной 10 мкм, облучалась согласно методике, описанной в [6] ионами  $^{40}\text{Ar}^{+8}$  с энергией 41,5 МэВ ускоренными на циклотроне Р-7М. Плотность треков ионов составляла  $10^7 - 10^9 \text{см}^{-2}$ . Последующее химическое травление, облученной трековой матрицей в растворе щелочи NaOH проводилась при температуре 72 °С до получения сквозных пор. Концентрация NaOH изменялась от 1,3 – 3 N.

При этом пористая структура ТМ симметрична, а поры имели цилиндрическую форму. Для формирования анизотропной структуры ТМ использовались методы: одностороннего травления, формирования тонких селективных слоев на поверхности ТМ, плазменной модификации ТМ [4].

После облучения трековая матрица ПЭТФ, облучалась ультрафиолетом, затем на ее поверхность осаждались в холодной плазме пленки различных диэлектриков:  $\text{CF}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2\text{-C}$ , С. Выбор диэлектриков был обоснован их устойчивостью к щелочным травителям.

Пленки можно осаждались катодным, магнетронным распылением и с использованием абляционной плазмы. У сформированных пленок с помощью метода Резерфордского обратного рассеяния (RBS) [5] определялась толщина слоя, атомный состав, наличие неконтролируемых технологических примесей для различных условий осаждения и времени осаждения пленок. Были получены пленочные покрытия на ПЭТ пленку полученные при магнетронном распылении катода из оксида кремния, тефлона и углерода. Алмазоподобное углеродное покрытие наносилось посредством магнетронного распыления графитовой мишени в атмосфере аргона при давлении  $5 \cdot 10^{-3}$  мм. рт. ст. Ток разряда был 300 мА. Предварительно поверхность полимерной пленки очищалась для улучшения адгезионных свойств наносимой пленки. Остаточное давление составляло  $2 \cdot 10^{-5}$  мм. рт.ст. Время напыления составило от 3 до 9 минут. Толщина полученных пленок была соответственно от 0,01- 0,04 мкм. Результаты представлены в таблице 1.

*Таблица 1. Состав и стехиометрия диэлектрических пленок на ТМ*

Метод	Состав пленки	Толщина	Примеси
Катодное распыление	$\text{SiO}_2$ , $\text{SiO}_2$ , $\text{Si}_x\text{O}_y$ , $\text{Si}_3\text{N}_4$ , $(\text{C}_2\text{F}_4)_n$	100-3000 Å	O, Ar
Магнетронное распыление	Алмазоподобное углеродное $\text{SiO}_2$ , $\text{SiO}_2$ , $\text{Si}_x\text{O}_y$ , $\text{Si}_3\text{N}_4$ , $(\text{C}_2\text{F}_4)_n$	100-3000 Å	<b>O</b>

**Формирование пористой структуры.** Формирования пор в трековой матрице (облученная пленка ПЭТФ) (Рис.1) производилось в кондуктометрической ячейке, схема которой приведена на рисунке 2.

Исследуемый образец полимерной пленки 8, является перегородкой между левой 1 и правой 2 частями камеры кондуктометрической ячейки, в которых находится платиновые электроды 5 и 6. В качестве электролита использовалась щелочь NaOH, которая одновременно была и раствором для травления латентных треков ионов в ПЭТФ пленке. Пленка помещалась в термостат с раствором щелочи 7 и после достижения необходимой температуры переводился в камеру травления с помощью поршней 3 и 4. Все детали ячейки были выполнены из тефлона, за исключением электродов. К электродам от источника переменного тока 9 звукового генератора подавалось переменное напряжение с амплитудой 1-2 В, частотой 1000 Гц. Регистрировалось падение напряжения на ячейке. При этом измеряемое сопротивление обратно пропорционально произведению площади поры на их число.



Рисунок 1. Облученная пленка ПЭТФ

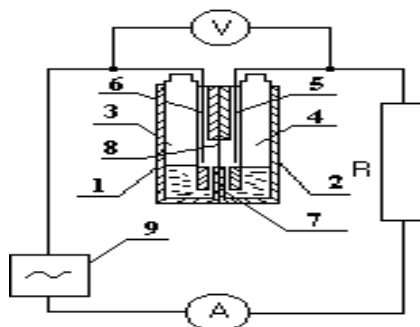


Рисунок 2. Схема кондуктометрической ячейки.

Проводился ряд экспериментов по травлению образцов с различной толщиной посредством двух и одностороннего травления. Образцы с напыленной пленкой  $\text{SiO}_2$  подвергались двухстороннему травлению.

**Обсуждение результатов.** На рисунке 3 представлены зависимости сопротивления в ячейки от времени травления исходной пленки облученной ионами  $\text{Ar}$  и пленки с напыленным  $\text{SiO}_2$ . На рисунке 4 представлена микрофотография пленки  $\text{SiO}_2$ .

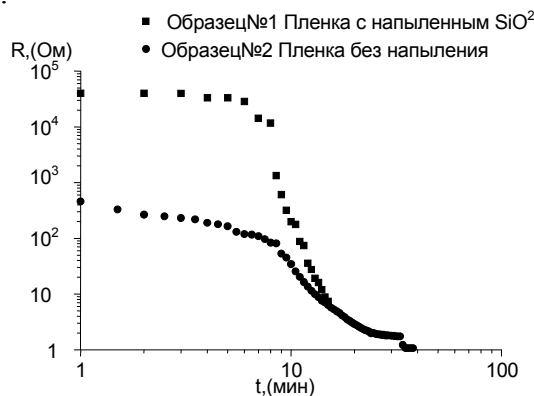


Рисунок 3. Зависимость  $R$  от  $t$  травления пленки в 2N р-ре  $\text{NaOH}$  при температуре  $73^\circ\text{C}$



Рисунок 4. Микрофотография мембраны пленкой  $\text{SiO}_2$ .

При этом одна сторона образца с пленкой подвергается химическому травлению, а другая сторона образца контактирует и нейтрализуется. В результате получалась мембрана с коническими порами. Сторона мембраны с меньшим диаметром пор является фактически селективным слоем. Ниже лежащий слой пленки с расширяющимися порами выполняет роль подложки [5].

#### Заключение

Разработана методика нанесения тонких пленок на поверхность ТМ, обеспечивающая контроль тонких слоев химически стойких материалов ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CF}_4$ ,  $\text{C}$ ) толщиной 10 – 13 мкм. Найдены также условия осаждения полимерных и оксидных пленок, при которых формируется пористая структура. Исследован химический состав тонких пленок и его структура в процессе химического травления. Исследован процесс травления треков в ТМ с нанесенным покрытием.

#### Список литературы:

1. Флеров Г.Н. // Вестн. АН СССР, №4, 35 с. (1984)

2. Крючков Ю.Ю., Малютин В.М., Сохорева В.В. Экспериментальное исследование механизма обратного рассеяния заряженных частиц на атомных ядрах вблизи кулоновского барьера // Изв. вузов «Физика». - Томск - 1998.- Вып. - 4. - С. 84 - 92
3. Нечаев А.Н. Асимметричные трековые мембраны // Мембраны. – 2000. – № 6. – С. 17
4. H. Nedelmann et. all. Microwave plasma polymerization of acrylic acid on poly (ethylene terephthalate) track-etched membranes // Surface and Coatings Technology, v. 116-119, Sept. 199, p. 973 - 980.
5. Beumer, J. Gerrit et. all. Plasma polymer coatings on track-etched membranes // Polymer Preprints, Division of Polymer Chemistry, American Chemical Society, v. 38, Issue 1, April 1997, p. 1006 - 1007.
6. Сохорева В.В. и др. Трековые мембраны: особенности получения модификация мембранных свойств и темплетные металлические микроструктуры // Изв. Вузов. Физика. – 2007. - № 10/3. – С. 275 – 279.

### **Применение карбоксилат-анионов для стабилизации промышленных наночастиц в водных растворах**

Карепина Е.Е., Гусев А.А., Годымчук А.Ю.  
[Karepina\\_ee@mail.ru](mailto:Karepina_ee@mail.ru)

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

В настоящее время промышленное производство порошков стремительно развивается. Согласно маркетинговому анализу доля нанопорошка алюминия от объема всех производимых нанопорошков составляет 2,1 % (третье место среди металлических порошков после Ni и Cu, годовой объем производства составляет ~ 1250 тонн) [1].

Одновременно, увеличение производства и расширение сфер потребления создает все больше и больше источников выделения наночастиц в окружающую среду [2]. При этом наноматериалы рассматриваются как новый тип загрязнителей окружающей среды, требующих отдельного изучения [3]. Однако методология оценки безопасности наноматериалов и комплексного исследования физико-химических и токсических свойств наночастиц существенно отличается от традиционных методов и подходов в классической токсикологии [4] и постоянно сталкивается с аналитическими трудностями. На практике одной из сложнейших задач стало сохранение дисперсности наночастиц при образовании ими суспензий в гидросфере и при приготовлении водных суспензий, используемых для биотестирования [5].

В настоящей работе был рассмотрен способ стабилизации наночастиц с помощью добавления низкомолекулярных поверхностно-активных веществ (ПАВ).

В качестве объектов исследования использовали электровзрывные нанопорошки Al (рис.1.) со средним размером частиц 90 нм (ООО «Передовые порошковые технологии», г. Томск). В качестве дисперсионной среды использовали 2 М водный буферный раствор НЕРЕС (2-[4-(2-hydroxyethyl)-1-piperaziny] ethanesulfonic acid), который является экологически безопасным растворителем [6] и широко



используется в аналитических, неорганических, физиологических и биологических исследованиях в силу своей нетоксичности и биосовместимости [7].

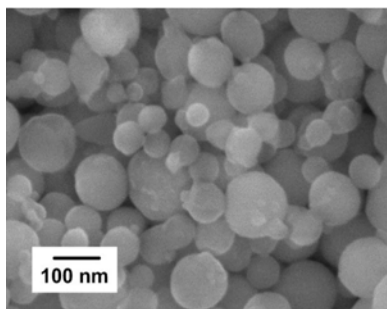


Рис.1. Морфология исследуемого образца алюминия

В качестве ПАВ применяли натриевые соли карбоновых кислот: ацетат натрия  $\text{NaAc}$  ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , уксусная, 1-основная кислота), оксалат натрия  $\text{Na}_2\text{Ox}$  ( $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ , щавелевая, 2-основная кислота) и цитрат натрия  $\text{Na}_3\text{Cit}$  ( $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}(\text{COO})_3^{3-}$ , лимонная, 3-основная кислота). Все ПАВ являются основными компонентами межклеточных, внутриклеточных и физиологических жидкостей и не являются токсичными.

Изучение электроповерхностных свойств алюминиевых наночастиц показало, что на степень диспергирования большое влияние оказывает природа ПАВ. В нейтральной и кислой среде дезагрегация частиц усиливается в ряду увеличения основности кислот « $\text{NaAc}$  -  $\text{Na}_2\text{Ox}$  -  $\text{Na}_3\text{Cit}$ ». Например, при  $\text{pH}=6$  в ряду « $\text{NaAc}$  -  $\text{Na}_2\text{Ox}$  -  $\text{Na}_3\text{Cit}$ »  $d_{\text{ср}}$  частиц  $\text{Al}$  ( $d_{\text{ср}} = 202$  нм) составляет «231 – 200 – 179 нм», соответственно (рис.1). Увеличение  $d_{\text{ср}}$  в ацетатном растворе колеблется в пределах ошибки. При переходе в область оснований наблюдается уменьшение агрегационной устойчивости с уменьшением силы кислоты в ряду « $\text{H}_2\text{Ox}$  –  $\text{H}_3\text{Cit}$  –  $\text{HAc}$ », для которых  $\text{pK}_a$  по первой ступени равно «1,27 – 3,13 – 4,75».

С учетом анализа кислотно-основного состояния поверхности алюминиевых наночастиц, было выдвинуто предположение о том, что наиболее эффективно будет протекать адсорбция на активных центрах поверхности в области кислот. Однако, экспериментально показано, что степень диспергирования в ряду « $\text{pH}=6; 7; 8$ » увеличивается. Максимальную степень диспергирования и электростатическую стабильность имеют системы в растворах с  $\text{Na}_3\text{Cit}$  при  $\text{pH}=8$ : при  $\text{pH}=8$  размер частиц  $\text{Al}$  (441 нм; -16,8 мВ) в ряду ПАВов « $\text{NaAc}$  -  $\text{Na}_2\text{Ox}$  -  $\text{Na}_3\text{Cit}$ » равен «157 – 174 – 116 нм» (рис.2), а  $\zeta$ -потенциал равен «-14,6; -22,6 и -40, 6 мВ», соответственно (рис.3).

Такое поведение наночастиц в значительной степени связано с кислотно-основным состоянием поверхности частиц  $\text{Al}$ . По всей видимости, при  $\text{pH}=6 \dots 6,5$ , в которых для поверхности характерно изоэлектрическое состояние ( $\zeta$ -потенциал стремится к 0), на поверхности частиц потенциалопределяющими ионами являются катионы алюминия. Поэтому толщина адсорбционного слоя будет зависеть от заряда, который несут встраиваемые в него отрицательно-заряженные карбоксилат-анионы: чем выше заряд аниона, тем ниже  $\zeta$ -потенциал, что подтверждается экспериментальными данными. Например, при  $\text{pH}=6$  в ряду « $\text{NaAc}$  -  $\text{Na}_2\text{Ox}$  -  $\text{Na}_3\text{Cit}$ »  $\zeta$ -потенциал равен «-3,4; -14,1; -29,5 мВ». При этом электростатическая стабилизация усиливается при всех  $\text{pH}=6 \dots 8$  в ряду « $\text{NaAc}$  -  $\text{Na}_2\text{Ox}$  -  $\text{Na}_3\text{Cit}$ ».

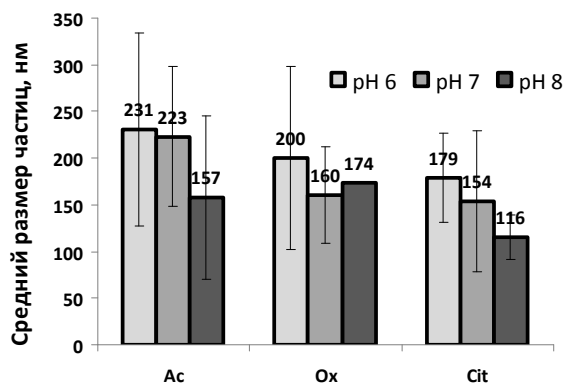


Рис.2. Изменение размера частиц Al в буфере, содержащем карбоксильные группы (10 mM) при разном pH.

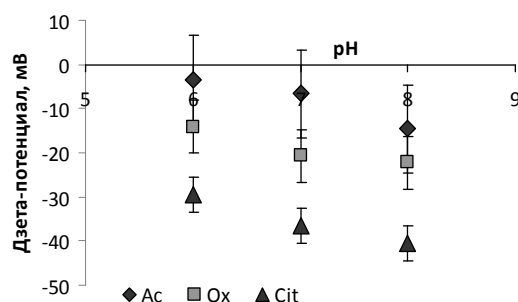


Рис.3. Изменение  $\xi$ -потенциала частиц Al в буфере, содержащем карбоксильные группы (10 mM) при разном pH.

Согласно электрокинетическим данным, адсорбция всех используемых карбоксильных групп привела как к стерической (увеличение диффузной частиц ДЭС), но и электростатической (удаление плоскости скольжения слоев ДЭС от поверхности частиц), о чем свидетельствует уменьшение заряда частиц.

*Работы выполнены при поддержке гранта № 15-03-06528 Российского фонда фундаментальных исследований.*

#### Список литературы:

1. Сайт Abercade Consulting <http://abercade.ru/research/analysis/67.html> (Дата обращения 23.03.2015)
2. K.A.D. Guzman, M.R. Taylor, J.F. Banfield Environmental risks of nanotechnology: national nanotechnology initiative funding // Environmental Science Technology. – 2006. – Vol.40. – P.1401–140.
3. S.J. Klaine, P.J.J. Alvarez, G.E. Batley, T.F. Fernandes, R.D. Handy, D.Y. Lyon, S. Mahendra, M.J. McLaughlin, J.R. Lead, Nanomaterials in the environment: behavior, fate, bioavailability, and effects // Environmental Toxicology and Chemistry. – 2008. – Vol.27. – P.1825–1851.
4. Головин Ю.И., Гусев А.А., Тюрин А.И., Белянская О.В, Крамской В.В. Анализ российских и международных нормативных документов в области структурной и токсикологической характеристики наноматериалов как источников повышенного эколого-санитарного риска // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2012. – Т.17. – №2. – С.617-623.
5. Buffle J. The key role of environmental colloids of nanoparticles for sustainability of life // Environment and Chemistry. – 2006. – Vol.3. – P.155-158.
6. Hanitzsch R., Küppers L. The influence of HEPES on light responses of rabbit horizontal cells // Vision Research. – 2001. – Vol.41. – P.2165-2172
7. Habib A., Tabata M. Oxidative DNA damage induced by HEPES (2-[4-(2-hydroxyethyl)-1-piperazinyl]ethanesulfonic acid) buffer in the presence of Au(III) // Journal of Inorganic Biochemistry. – 2004. – Vol.98. – P.1696-1702

## Модифицирование матриц из поли-L-молочной кислоты импульсным сильноточным электронным пучком

В.Л. Кудрявцева, Д.В. Пономарев  
kudruavtseva.valeriya93@gmail.com

*Научный руководитель: доцент, к.ф.-м. н. С. И. Твердохлебов, ТПУ, ФТИ,  
кафедра ТиЭФ*

Изделия из биополимеров находят широкое применение в реконструктивной и регенеративной медицине. Наиболее востребованным материалом для этих применений является поли-L-молочная кислота (PLLA) [1]. PLLA представляет собой кристаллический полимер со степенью кристалличности (около 37%), зависящей от молекулярного веса полимера и параметров его переработки. Одной из важнейших характеристик имплантатов из полимолочной кислоты является скорость их деградации, которая должна определенным образом коррелировать со скоростью формирования регенерируемой ткани [2]. Поэтому актуальной задачей является разработка способов регулирования скорости деградации.

Одним из путей модифицирования биополимеров является радиационная обработка, основанная, например, на воздействии электронного пучка. Использование электронного пучка позволяет менять степень кристалличности полимера, что дает возможность снизить реактогенность изделий и добиться оптимальной скорости деградации *in vivo*. В работе было проведено исследование изменения свойств матриц из поли-L-молочной кислоты (PLLA) под действием импульсного электронного пучка.

**Материалы и методы.** Трехмерные нетканые матрицы изготавливали из 4%-го раствора полимолочной кислоты (PLLA) в трихлорметане (Panreac) методом аэродинамического формования в турбулентном газовом потоке [3]. Для приготовления раствора использовали полилактид PURASORB® PL38 (Purac) с характеристической вязкостью 3,8 дл/г.

Модифицирование нетканых матриц проводили на импульсном электронном ускорителе ТЭУ-500, разработанным в ТПУ под руководством профессора Г.Е. Ремнева. Параметры электронного пучка: энергия электронов до 550 кэВ, выведенный ток пучка до 12 кА, длительность импульса напряжения 60 нс на полувысоте, выведенная энергия электронного пучка за импульс до 180 Дж, диаметр пучка 5 см.

Образцы располагали в воздухе перед выходным окном ускорителя, обработку проводили электронным пучком, число импульсов  $N$  составляло 1, 2, 5 и 10. С целью минимального термического воздействия на полимер интервал между импульсами задавали около 1 минуты.

Поглощенную дозу определяли по изменению оптической плотности дозиметрической радиационно-чувствительной пленки (сополимер с феназиновым красителем) типа ПОР. Измерения вязкости проводили при 25°C с помощью ВПЖ-4 вискозиметра Оствальда с диаметром капилляра 0,37 мм. Фазовый анализ полученных пленок проводили на дифрактометре Shimadzu XRD 6000S с вертикальным высокоточным гониометром. Образцы облучали монохроматическим  $\text{Cu}_\alpha$ -излучением с длиной волны 1,54056 Å при следующих параметрах съемки: ускоряющее напряжение 40 кВ, ток пучка 30 мА, диапазон углов сканирования 7–35°.

шаг сканирования  $0,03^\circ$ , время набора сигнала 1 с. Расчет степени кристалличности исследуемых образцов проводили с использованием пакета программ POWDERCELL 2.4. Исследования морфологии поверхности матриксов до и после облучения электронным пучком проводили методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на приборе Quanta 400 FEG с нанесением проводящего покрытия из золота. Морфологические характеристики матриксов измеряли по пяти изображениям, полученным с разных участков матрикса с увеличением в 100 и в 500 раз, с использованием программного обеспечения Image J 1.38.

**Результаты и обсуждение.** Одним из наиболее явных показателей деградации полимера является снижение молекулярной массы. Графики зависимости молекулярной массы образцов и степени кристалличности от поглощенной дозы представлены на рис. 1 и рис. 2, соответственно. Как видно из рис. 1, наблюдается сильное снижение молекулярной массы при увеличении поглощенной дозы, что указывает на разрыв цепи в молекуле PLLA. Кроме того, рис. 1 показывает, что уменьшение молекулярной массы происходит не равномерно: резкий спад наблюдается приблизительно до 20 кГр, при дальнейшем увеличении поглощенной дозы уменьшение молекулярной массы замедляется. Подобный результат объясняется тем, что деградация происходит в результате разных радиационных механизмов. При низких дозах, когда PLLA находится еще в аморфном состоянии, деградация происходит в основном за счет разрыва основной длинной цепи макромолекул на более короткие цепи. При более высоких дозах основной причиной деградации является реакция отщепления водорода, которая снижает молекулярный вес в значительно меньшей степени.

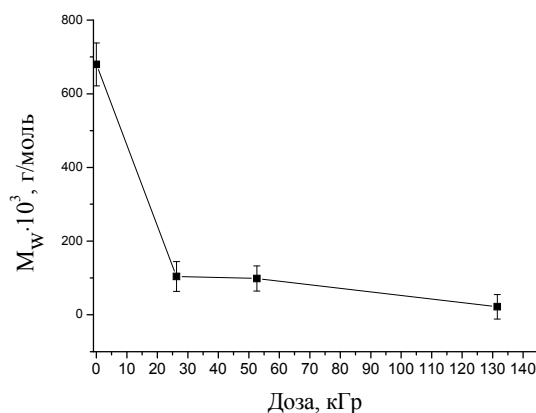
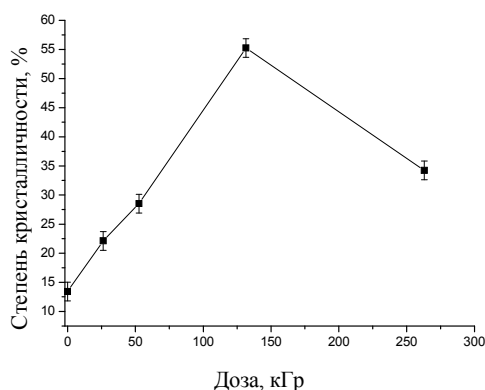
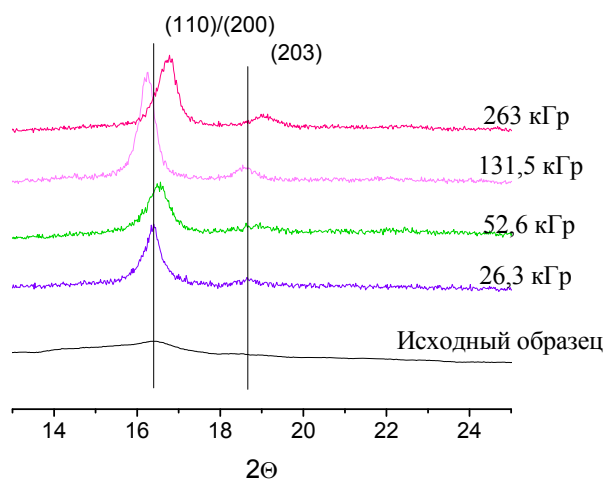


Рис. 1. Зависимость молекулярной массы PLLA матриксов от поглощенной дозы



*Рис. 2. Изменение степени кристалличности PLLA матриц в зависимости от поглощенной дозы*

Изменения в кристаллической структуре PLLA исследовались методом рентгеновской дифракции. На рис. 3 представлены дифрактограммы исходных образцов и образцов, модифицированных импульсным электронным пучком. Об аморфности образца в исходном состоянии свидетельствует обширное гало в области  $15 - 25^\circ$ . Однако с увеличением поглощенной дозы проявляются интенсивные рефлексy, при углах  $2\theta$  равных  $17, 19^\circ$ , соответствующих отражению от кристаллографических плоскостей (200/110), (203). Такие изменения свидетельствуют об образовании кристаллических фаз полимера [4].

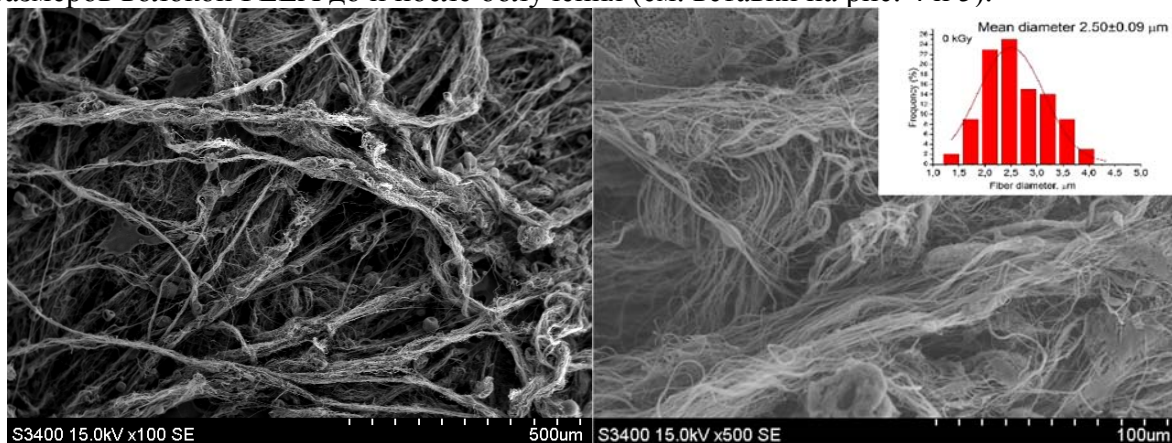


*Рис. 3. Дифрактограмма исследуемых образцов*

Как видно из рис. 2, при увеличении поглощенной дозы наблюдается увеличение кристалличности образцов, а при поглощенной дозе больше  $150 \text{ кГр}$  – снижение. Такая зависимость объясняется переориентацией коротких цепей PLLA при малых поглощенных дозах и рекомбинацией свободных радикалов в пределах кристаллических областей полимера, которая происходит при дальнейшем увеличении дозы [5]. Возможность образования кристаллического состояния полимера зависит от способности полимерных молекул выстраиваться в

упорядоченные структуры. Данный процесс проще осуществить коротким цепям макромолекул с меньшей степенью запутывания, нежели длинным. В связи с этим, при уменьшении молекулярной массы степень кристалличности PLLA очевидно увеличивается. При более высоких дозах плотно упакованная кристаллическая структура PLLA стимулирует свободные радикалы внутри кристаллических областей на рекомбинацию, что приводит к образованию более разветвленных и неоднородных цепей PLLA и кристалличность снова начинает снижаться.

Исследуя изменение морфологии поверхности, можно установить ряд закономерностей в изменении ее структуры. Изображение исходной поверхности матрикса представлено на рис. 4. Как видно из рисунка, матриксы имеют довольно сложную пространственную структуру, в которой можно выделить низкоплотные жгуты с исходным средним диаметром ( $14\pm 2$ ) мкм (см. рис. 4а), которые в свою очередь сформированы из пучков субмикронных волокон средним диаметром до ( $2\pm 0,3$ ) мкм (см. рис. 4б). На рисунке 5 приведены СЭМ изображения образцов, модифицированных импульсным электронным пучком. Для оценки влияния импульсного электронного пучка на морфологию PLLA матриксов и изменения размеров их структурных элементов были построены гистограммы распределения размеров волокон PLLA до и после облучения (см. вставки на рис. 4 и 5).

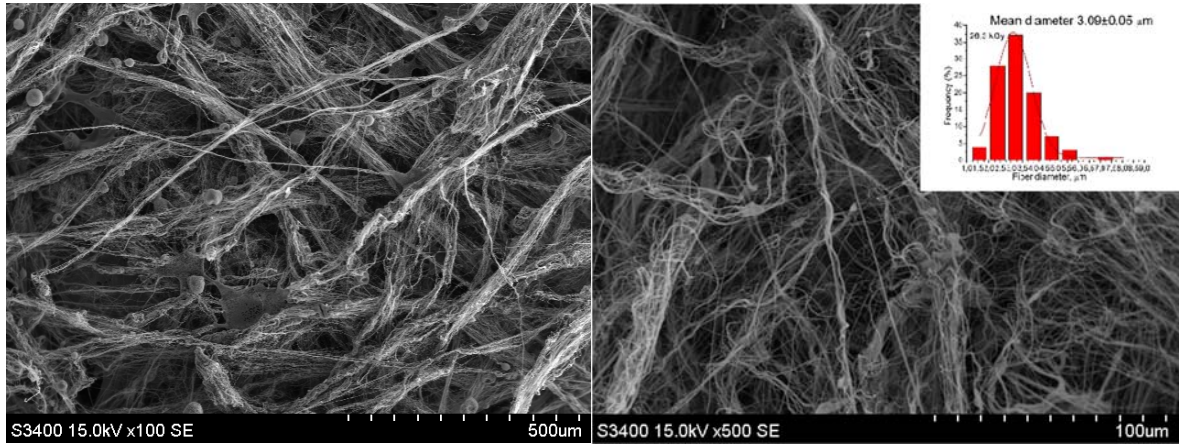


*a*

*б*

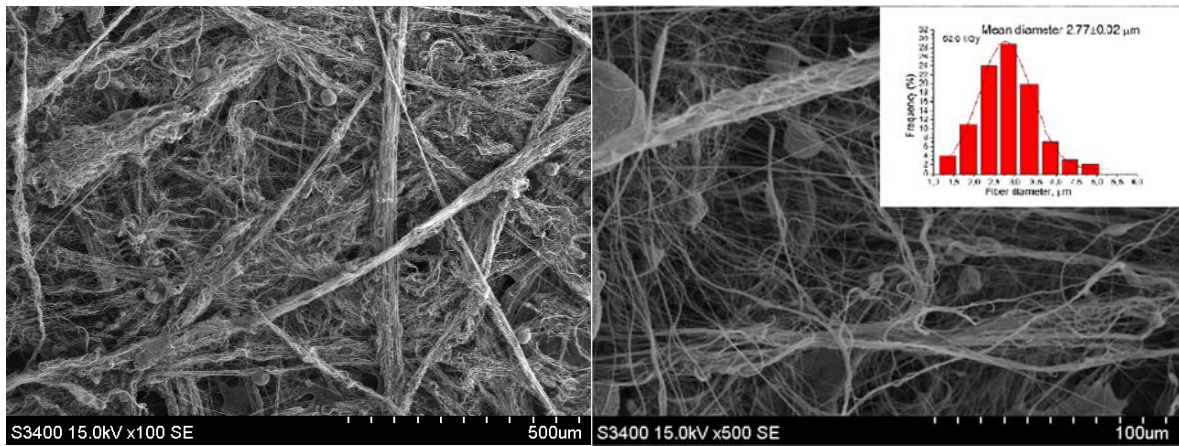
*Рисунок 4 – СЭМ исходного образца с увеличением а)  $\times 100$  и б)  $\times 500$*





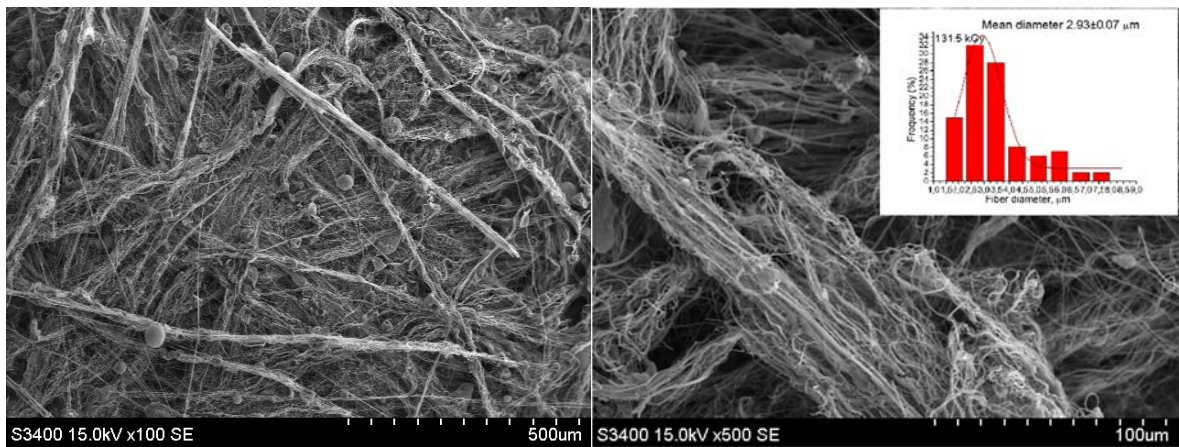
*a*

*b*



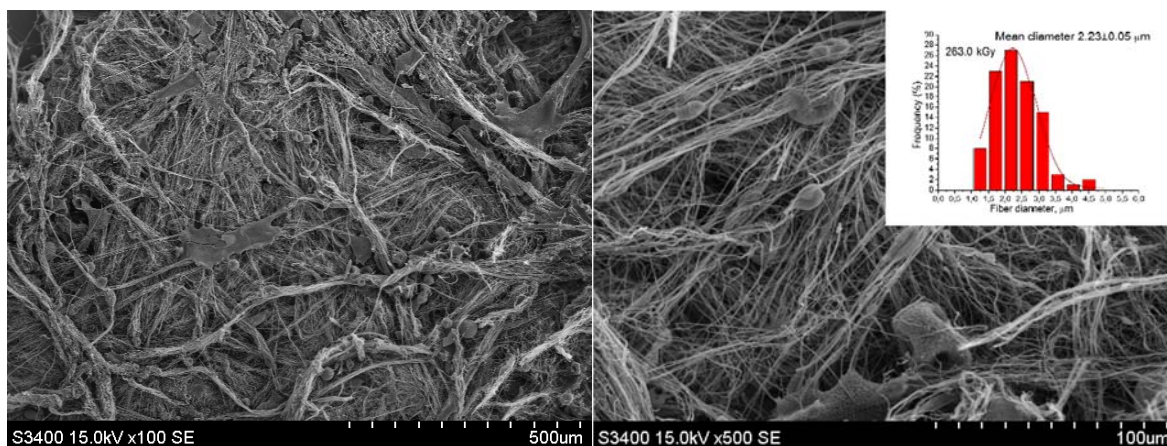
*b*

*c*



*d*

*e*



Ж

З

Рисунок 5 – СЭМ изображения образцов с увеличением а)  $\times 100$ , б)  $\times 500$  облученных 26,3 кГр; в)  $\times 100$ , г)  $\times 500$  облученных 52,6 кГр; д)  $\times 100$ , е)  $\times 500$  облученных 131,5 кГр; ж)  $\times 100$ , з)  $\times 500$  облученных 263 кГр

Как видно из гистограмм, при облучении матриц небольшой дозой порядка 30 кГр наблюдается увеличение среднего диаметра волокон. С увеличением поглощенной дозы до 263 кГр наблюдается постепенное уменьшение средних диаметров, как волокон, так и жгутов. Такие изменения в размерах волокон, свидетельствуют о том, что воздействие электронного пучка влияет на морфологию поверхности образцов в двух направлениях: расщепление волокон с образованием новых ламелей, что является преобладающим процессом при небольших дозах и разрушение материала образца при дальнейшем повышении поглощенной дозы [6].

**Заключение.** В ходе работы было исследовано изменение свойств матриц, изготовленных методом аэродинамического формования из поли-L-молочной кислоты, под действием импульсного электронного пучка. Показано, что деградация PLLA в присутствии воздуха происходит по двум направлениям – разрыв основной цепи и отщепление водорода, что приводит к уменьшению молекулярной массы полимера при увеличении поглощенной дозы. Кроме того, исследования влияния импульсного электронного пучка на фазовый состав образцов показали, что при увеличении поглощенной дозы происходит увеличение степени кристалличности полимера. Также в ходе выполнения работы обнаружено, что под действием импульсного электронного пучка наблюдается изменение морфологии поверхности PLLA матриц.

#### Список литературы:

1. Tian H. et al. Biodegradable synthetic polymers: preparation, functionalization and biomedical application // Progress in Polymer Science. – 2012. – V. 37. – №. 2. – P. 237-280.
2. Nair L. S., Laurencin C. T. Biodegradable polymers as biomaterials // Progress in polymer science. – 2007. – V. 32. – №. 8. – P. 762-798.
3. Bol'basov E. N., Lapin I.N., Tverdokhlebov S.I., Svetlichnyi V.A. Aerodynamic Synthesis of Biocompatible Matrices and their Functionalization by Nanoparticles Obtained by the Method of Laser Ablation // Russian Physics Journal. – 2014. – V. 57. – №. 3. – P. 293-300.



4. Zhang J. et al. Disorder-to-order phase transition and multiple melting behavior of poly (L-lactide) investigated by simultaneous measurements of WAXD and DSC // *Macromolecules*. – 2008. – V. 41. – №. 4. – P. 1352-1357.
5. Loo J. S. C., Ooi C. P., Boey F. Y. C. Degradation of poly (lactide-co-glycolide)(PLGA) and poly (L-lactide)(PLLA) by electron beam radiation // *Biomaterials*. – 2005. – V. 26. – №. 12. – P. 1359-1367.
6. Milicevic D., Trifunovic S., Galovic S., Suljovrujic E. Thermal and crystallization behavior of gamma irradiated PLLA // *Radiation Physics and Chemistry*. – 2007. – V. 76. – P 1376-1380.

### **Исследование свойств микро и нанокомпозитов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена**

Нгуен Суан Тьук, Л.А. Корниенко  
Email: nxthuc1986@gmail.com

*Научный руководитель: С.В. Панин, д.т.н., проф. кафедры ММС, зам. директор  
ИФПМ-СО РАН  
Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет*

**Введение.** При создании твердосмазочных композитов в полимерную матрицу вводят дисперсные наполнители, например, графит и дисульфид молибдена, что расширяет возможности применения антифрикционных композитов в высоконагруженных узлах трения [1-3]. В работе [4] в качестве твердой смазки в СВМПЭ введен политетрафторэтилен (ПТФЭ), обладающий низким сопротивлением сдвигу, слабым адгезионным взаимодействием, способностью образовывать пленки переноса и коэффициентом трения наименьшим в сравнении с другими промышленно выпускаемыми полимерными материалами. Показано, что ПТФЭ выполняет роль твердой смазки в процессе изнашивания композиций СВМПЭ-ПТФЭ при сухом трении скольжения и в условии смазочной среды, увеличивая износостойкость кратно. Наилучшие показатели износостойкости показывает композиция СВМПЭ+10вес.% ПТФЭ (в 5 раз).

В данной работе было использовано использование нано и микрокомпозитов как способ повышения износостойкости изделий и расширения номенклатуры антифрикционных композитов для применения в различных отраслях техники и условиях эксплуатации трибосопряжений.

**Методики исследований.** Для определения износостойкости композитов в условиях сухого трения, граничной смазки и абразивного изнашивания в работе использовали порошок СВМПЭ фирмы Ticona (GUR-2122) молекулярной массой 4,0 млн и размером частиц 5-15 мкм, порошок политетрафторэтилена Ф-4ПН<sub>20</sub> (Ø 14 мкм), нановолокна углерода (УНВ - Ø 60 нм) и AlO(OH) (Ø 10 нм), наночастицы SiO<sub>2</sub> (Ø 90-100 нм), микрочастицы AlO(OH) (2-3 мкм) и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (50 мкм). Образцы полимерных композитов получали горячим прессованием при давлении 10 МПа и температуре 200° С со скоростью последующего охлаждения 4°С/мин. Перемешивание смесей порошков СВМПЭ, ПТФЭ и наполнителей проводили в планетарной шаровой мельнице МР/0,5\*4 с предварительным диспергированием компонентов в ультразвуковой ванне.

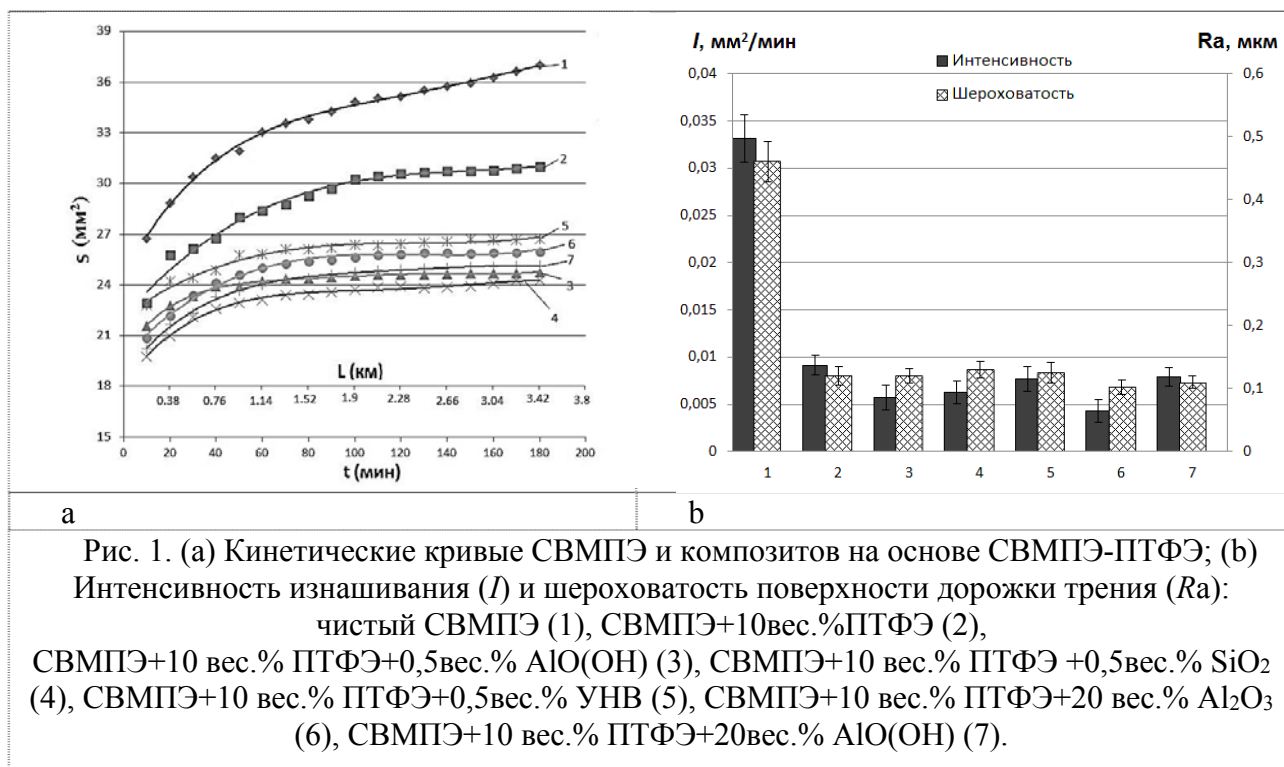
**Результаты.** В таблице 1 приведены трибомеханические характеристики чистого СВМПЭ, матрицы СВМПЭ+10 вес.% ПТФЭ и композитов на основе гибридной матрицы.

Таблица 1. Механические свойства и коэффициент трения нано и микрокомпозитов на основе матрицы СВМПЭ+10 вес.%ПТФЭ при использовании частиц Ф4

Содержание наполнителя, вес.%	Плотность, $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Твердость по Шору $D$	Предел прочности $\sigma_B$ , МПа	Удлинение до разруш. $\epsilon$ , %	Кристал. $\chi$ , %	Коэф. трения $f$
СВМПЭ	0,92	59,5±0,6	32,3±0,9	485±23,6	56,5	0,120
СВМПЭ+10ПТФЭ	1,00	59,6±0,6	27,0±1,2	428±25,1	41,6	0,089
0,5 AlO(OH) нано	1,00	58,3±0,5	29,7±1,2	439±23,5	40,5	0,099
0,5 SiO <sub>2</sub> нано	1,00	58,6±0,4	28,8±0,9	409±19,5	42,3	0,098
0,5 УНВ нано	1,00	58,5±0,6	28,2±1,2	400±22,1	42,1	0,096
20 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> микро	1,14	61,2±0,6	22,7±1,3	296±14,9	29,2	0,118
20 AlO(OH)микро	1,16	60,5±0,7	24,2±1,3	333±20,1	30,5	0,101

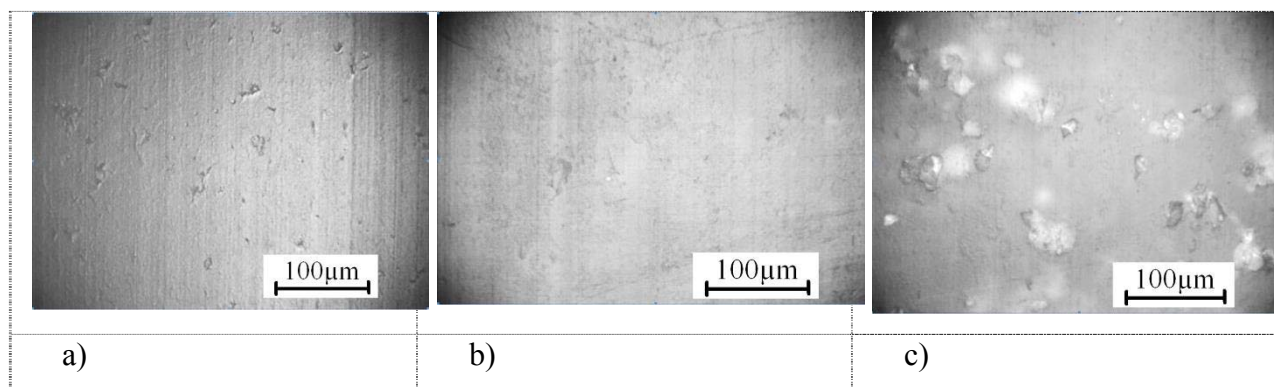
Из таблицы видно, что твердость по Шору  $D$  нанокомпозитов на основе смесей СВМПЭ+10 вес.% ПТФЭ незначительно уменьшается по сравнению с чистым СВМПЭ, твердость микрокомпозитов возрастает. Предел прочности и относительное удлинение при разрыве уменьшаются незначительно в нанокомпозитах, в микрокомпозитах эти характеристики уменьшаются существенно при наполнении матрицы крупными частицами AlO(OH) и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. При наполнении гибридной матрицы плотность материала возрастает (слабо в нано, значительно в микрокомпозитах). Кристалличность нанокомпозитов существенно не меняется по сравнению с матрицей и падает значительно в микрокомпозитах.

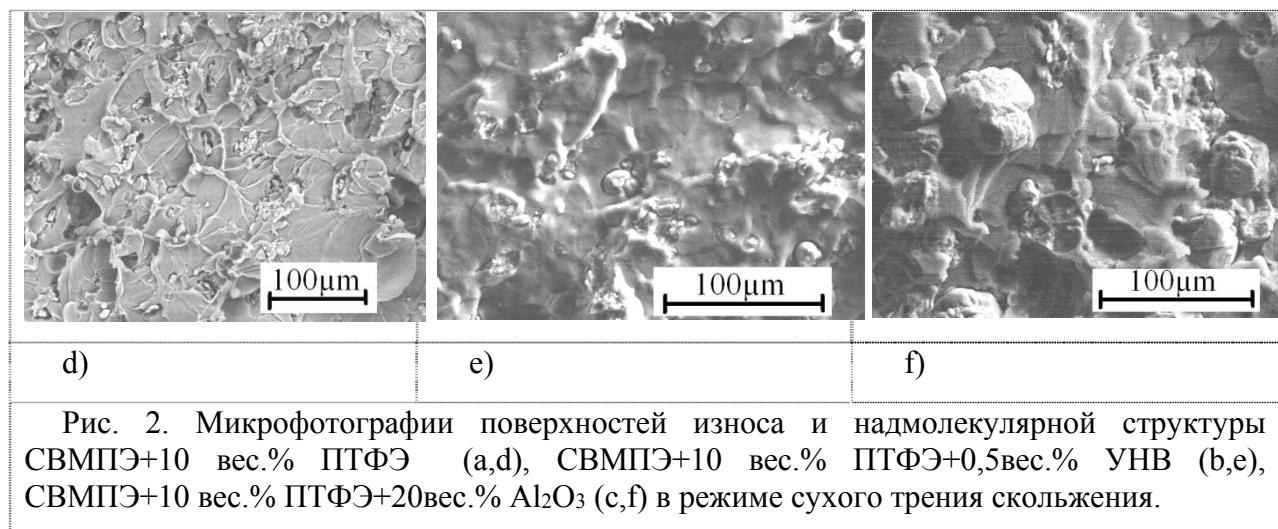
Анализ кинетических кривых изнашивания образцов СВМПЭ, СВМПЭ+10 вес.% ПТФЭ и композитов на ее основе (рис. 1. а) показал, что интенсивность изнашивания последних значительно меньше, чем таковая для чистого СВМПЭ и незначительно меньше в сравнении с гибридной матрицей. На рис. 1. b приведена диаграмма интенсивности изнашивания ( $I$ , мм<sup>2</sup>/мин) указанных выше композитов с наполнителями различной дисперсности, из которого следует, что интенсивности изнашивания композитов на основе матрицы СВМПЭ-ПТФЭ слабо зависят как от содержания, так и от размеров частиц наполнителя (на 10-35% в зависимости от типа наполнителя). Нанонаполнители более эффективны (столбцы 3-5), микрочастицы AlO(OH) лишь на 10% увеличивают износостойкость по сравнению с матрицей. Шероховатость поверхностей трения всех исследованных композитов аналогичным образом зависит от типа наполнителя (рис. 1. b).



Для выяснения взаимосвязи между характером износа при сухом трении скольжения, сформировавшейся структурой, и типом наполнителей в композициях на основе гибридной матрицы СВМПЭ+10 вес.% ПТФЭ на стадии установившегося изнашивания исследованы поверхности трения образцов, а также надмолекулярная структура композитов (рис. 2). Из рис. 2 следует, что наполнение гибридной матрицы наночастицами не приводит к изменению надмолекулярной структуры (е), тогда как микронаполнители подавляют формирование сферолитной структуры (f). Об этом свидетельствует и кристалличность (табл.1).

Сравнительный анализ триботехнических характеристик композитов (нано и микро) на основе СВМПЭ и гибридной матрицы СВМПЭ+10 вес.% ПТФЭ показал, что нанонаполнители как твердая смазочная среда эквивалентны адгезионной пленке фторопласта в условиях сухого трения скольжения [3,4]. Износостойкость композитов на основе СВМПЭ при наполнении его наночастицами (равно как и фторопластом) возрастает в 4-6 раз.





Политетрафторэтилен выполняет роль твердой смазки в процессе изнашивания в равной степени как в гибридной матрице СВМПЭ+ 10 вес.% ПТФЭ, так и в композитах на ее основе в условии сухого трения скольжения.

Эффективность использования гибридной матрицы СВМПЭ+10вес.% ПТФЭ для разработки твердосмазочных экструдруемых и износостойких композитов на высокомолекулярной матрице определяется условиями эксплуатации разрабатываемых композитов (медицина, высокие нагрузки, агрессивные среды).

#### **Список литературы:**

1. Myshkin N.K., Petrokovets M.I., Kovalev A.V. Tribology of polymers: Adhesion, friction, wear and mass-trasfer // Tribology International. – 2005. – Vol. 38. – P. 910-921.
2. Гоголева О.В., Охлопкова А.А., Петрова П.Н. Износостойкие композиционные материалы на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена для эксплуатации в экстремальных условиях // Материаловедение. – 2011. – № 9. – С.10–13.
3. Sergey V. Panin, Lyudmila A. Kornienko, Nguyen Xuan Thuc, Larisa R. Ivanova, Sergey V. Shilko. Role of Micro- and Nanofillers in Abrasive Wear of Composites Based on Ultra-High Molecular Weight Polyethylene. Advanced Materials Research Vol. 1040 (2014). Pp. 148-154. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.1040.148.
4. С.В. Панин, Л.А. Корниенко, Т. Нгуен Суан, Л.Р. Иванова, М.А. Корчагин, С.В. Шилько, Ю.М. Плескачевский. Износостойкость композитов на основе полимер-полимерной матрицы СВМПЭ-ПТФЭ. Часть 1. Механические и триботехнические свойства полимер-полимерных композиций СВМПЭ-ПТФЭ // Трение и износ, 2015 (36), № 3, с.244-251.

## Модификация поверхности углеродных волокон с целью усиления адгезионного взаимодействия наполнитель-композитная матрица

Прохоренко Б. М.  
minto31415@mail.ru

*Научный руководитель: к.х.н. Трусова М. Е., БИОХ ТПУ*

Углеродные волокна в качестве наполнителя полимерной композитной матрицы стали использоваться как коммерческий продукт в 1960-х годах. Они имеют широкий ряд потенциальных применений, особенно в механической инженерии, авиации, автомобильной индустрии. В первую очередь углеродные волокна использовались за их уникальные свойства, такие как высокая прочность и жесткость, термическая стабильность, высокая проводимость и коррозионная стойкость [1-3].

Более примечательно их использование в снаряжении или автомобилях за их высокую стойкость к растяжению. Углеродные волокна, усиленные полимерными композитами используются в ветровых турбинах в автоматических энергетических системах, космонавтике, топливных элементах, буровых платформах, турбомашинах, для хранения и транспортировки сжатого газа, экранирующих антистатические и электромагнитные материалы. [3-4]

Для создания композита необходимо две составляющих – матрица и наполнитель. Первой в нашем случае является полимер, второй – углеродное волокно. Чтобы обеспечивалось наличие требуемых свойств, в первую очередь, механических, необходимо правильно подобранное сочетание двух факторов – прочное связывание волокна с полимером и механическая прочность самих волокон. Целью данной работы как раз и является подбор условий, создав которые, окажется возможным создать композитный материал с необходимыми свойствами.

Получить такой композит можно двумя путями – изменяя свойства полимерной матрицы или углеродного волокна. Мы подошли к решению со стороны модификации волокна. Предложенный путь модификации показан на рис. 1

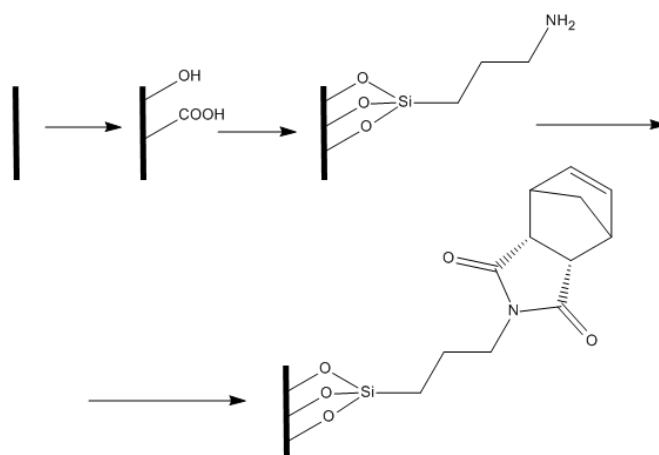


Рисунок 1. Схема получения поверхностно-модифицированного углеродного волокна

Для обеспечения прочной адгезионной связи между углеродным волокном и полимером было предложено привить молекулы мономера, сходные с полимером матрицы. Сами волокна являются химическими инертными, поэтому для первичной функционализации в первую очередь необходимо было их окислить, чтобы внести на поверхность карбоксильные и гидроксильные группы. Было апробировано несколько методик окисления, однако, лучшие результаты показала нитрующая смесь (смесь азотной и серной кислот в соотношении 1:3) (Рис. 2) [5-7].

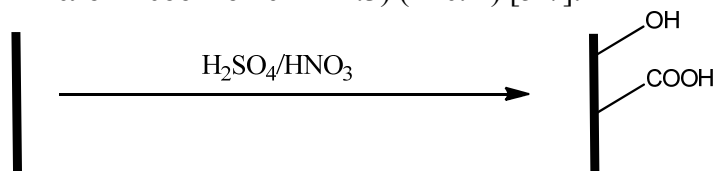


Рисунок 2. Схема окисления углеродных волокон с использованием нитрующей смеси

При подборе условий окисления углеродных волокон, мы столкнулись с проблемой их растворения в окислительных средах при повышенных температурах или длительном времени проведения эксперимента.

Таблица 1. Окисление углеродных волокон нитрующей смесью.

Окислительная среда	Температура	Время	Обработка ультразвуком	Результат
HNO <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:3)	175°C	4 h	-	Волокна растворились с образованием черной массы
		30 min		Растворения не наблюдалось
		1 h		
		2 h		
		3 h		Волокна растворились с образованием черной массы
	60°C	30 min		<u>Растворения не наблюдалось</u>
		1 h		
		2 h		
		3 h		

Проанализировав углеродные волокна, окисленные последним описанным в таблице способом, было обнаружено, что на их поверхности появились кислородсодержащие функциональные группы, что доказано данными элементного анализа по увеличению относительного содержания кислорода.

Следующий эксперимент с использованием в качестве окислителя HNO<sub>3</sub>(70%) также показал положительные результаты в плане модификации поверхности углеродного волокна. Поэтому была проведена дальнейшая модификация, описанная ниже.

На данный момент была апробирована еще одна методика получения окисленных волокон [5-6]. Анализ еще проведен не был, но предполагается положительный результат, так как условия более щадящие, чем в предыдущих случаях, а окислительная среда предполагается более способствующей для достижения цели.

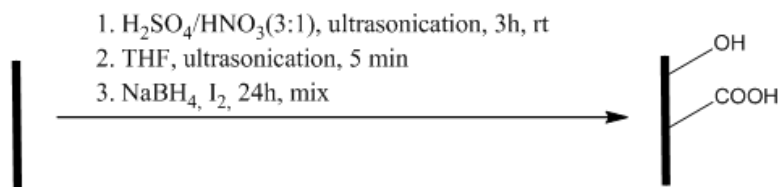


Рисунок 3. Схема окисления углеродных волокон с использованием нитрующей смеси, и обработкой  $\text{NaBH}_4$ ,  $\text{I}_2$

Следующим этапом после окисления является вторичная ковалентная функционализация поверхности углеродного волокна. Карбоксильные и гидроксильные группы являются связующими линкерами между кислородом на поверхности и мономером, который необходимо привить. В качестве такого вещества был выбран кремний-содержащий амин – APTES. Он удобен в плане легкого взаимодействия с привитыми карбоксильными/гидроксильными группами, а содержащийся в составе азот обеспечивает повышение точности элементного анализа, по его содержанию относительно точно можно судить о том, какое количество APTES привилось на окисленное волокно и количественно определить количество мономера для последующего процесса.

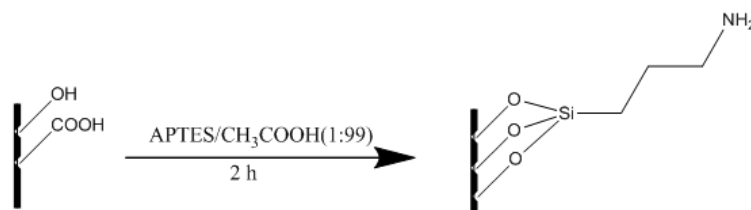


Рисунок 4. Схема взаимодействия углеродных волокон с APTES.

Данные элементного анализа, представленные в таблице 2 показывают увеличение относительного содержания азота на поверхности углеродных волокон, что говорит об успешном проведении эксперимента. Стоит отметить, что использование безводного тетрагидрофурана приводит к более высокому содержанию азота, что означает большее количество привитых функциональных групп APTES к окисленной поверхности углеродных волокон.

Таблица 2. Данные элементного анализа для исходных, окисленных и модифицированных волокон.

Наименование образца	Содержание элементов			
	C, %	H, %	N, %	O, %
Исходное волокно (CF)	95,49	0,29	3,66	0,56
CF окисленное	94,5	0,19	3,8	1,51

CF окисленное, 3-аминопропилтриэтоксисилан (APTES), тетрагидрофуран, 24 часа	93,6	0,13	4,67	
CF окисленное, APTES, уксусная кислота, 24 часа	94,2	0,14	4,11	

После реализации стадии прививки молекул мономера ангидрида эндо-5-норборнен-2,3-дикарбоновой кислоты планируется автоматизировать некоторые стадии процесса с целью создания цельного композита, на котором будет происходить процесс сшивания углеродного волокна с полимерной матрицей.

В заключении, стоит отметить, что использованные методы модификации поверхности углеродных волокон делают возможным осуществление одного из важных условий создания требуемого композита – сильное адгезионное взаимодействие наполнителя и полимерной матрицы. Проверка композита на удовлетворение требуемых механических характеристик даст возможность усовершенствовать методику получения требуемого продукта и, в перспективе, коммерциализировать разработку.

#### **Список литературы:**

1. Soutis C. Fibre reinforced composites in aircraft construction, Prog Aerospace Sci, 2005.
2. Paiva JMF Mechanical and morphological characterizations of carbon fiber fabric reinforced epoxy composites used in aeronautical field, Mater Res, 2009.
3. Mallick PK. Fiber reinforced composites: material, manufacturing and design, 3rd ed. New York: CRC Press, 2008.
4. Edie DD High performance carbon fibers. In: Burchell TD, editor. Carbon materials for advanced technologies, Pergamon, 1999.
5. PITTMAN C. U., JR Chemical modification of carbon fiber surfaces by nitric acid oxidation followed by reaction with tetraethylenepentamine, Carbon Vol. 35, No. 3, 1997.
6. M.Sc. Yaru Nie Surface silanization of carbon nanofibers and nanotubes for altering the properties of epoxy composites, BAM-Dissertationsreihe • Band 86 Berlin, 2012. PITTMAN C. U., JR Reactivities of amine functions grafted to carbon fiber surfaces by tetraethylenepentamine. Designing interfacial bonding, Carbon Vol. 35, No. 7, 1997. Kassaei M.Z. Sulfamic acid-functionalized magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles as an efficient and reusable catalyst for one-pot synthesis of -amino nitriles in water, Applied Catalysis A: General 395, 2011.



## СЕКЦИЯ № 4. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ

### Система определения местоположения объектов внутри помещений

Беляев А., Пантюхин А.  
belyaewas@mail.ru, sanyapantyukhin@gmail.com

Научный руководитель: Александрова Т. В. старший преподаватель кафедры ИКСУ  
Томский политехнический университет

**Введение.** Менеджеры и маркетологи постоянно хотят увеличить объем продаж в магазинах. Существует некоторое количество стандартных методов, например, перемещение продуктов с места на место, чтобы покупатели меняли привычный трек и находили то раньше не видели. Но как определить стоимость чека для разных треков? Или у каких товаров покупатель задерживается больше всего? Ведь зная это, можно грамотно проложить маршрут покупателя и негласно увеличить объем необходимых продаж. В настоящий момент нет технологий за разумные деньги позволяющих достоверно и массово собирать такую статистику.

В каждой современной больнице установлено большое количество приборов, которые ежедневно спасают тысячи жизней. Причем чаще всего такое оборудование очень дорогое и представлено в единичном экземпляре. В связи со спецификой работы медицинских учреждений, это оборудование не всегда является стационарным и перемещается по всей больнице следуя за больными. Отследить такие перемещения практически невозможно, т.к. времени на бюрократическую регистрацию как правило нет. Каждый день возникают ситуации, когда срочно нужно найти аппарат, прибор, каталку - от этого зависит жизни людей и каждая минута на счету. Подобный мониторинг движимых приборов осуществляется только в единичных учреждениях.

Безусловно, на рынке представлено решение данных проблем, Radio Frequency Identification (RFID) системы. К сожалению, данные системы имеют ряд недостатков. Они предполагают наличие меток и точек, стоимость которых несколько тысяч долларов, а это несоизмеримые траты для больниц и магазинов. В силу своей конструкции метки, RFID системы используют радиоволны высокой мощности, которые оказывают вредное действие на организм человека.

В мире все большее значение уделяется беспроводным технологиям таким как Wi-Fi и Bluetooth, как средствам для навигации внутри помещений. Такие технологии уже встроены в смартфоны и способны отслеживать их перемещения внутри помещений по Wi-Fi технологии [1,2].

**Разработка.** Разработанная нами идея позволяет организовать полноценное определение местоположения любого количества объектов на базе уже ставших бытовыми технологиях. Наша система определения местоположения работает на технологии WI-FI с применением активных меток. Благодаря небольшим размерам универсальные метки можно прикрепить к любому объекту, а обслуживание меток является минимальным.

Мы планируем разработать эффективную, легко масштабируемую систему определения местоположения внутри здания.

В основе данной системы будут лежать небольшие, легковесные точки, которые будут установлены на объектах и отслеживающие их перемещения по средствам технологии Wi-Fi. Данные точки будут соединяться со статической сетью, установленной в помещении определять дальность сигнала до них, и отправлять координаты на главный компьютер.

На данный момент произведены ряд экспериментов по определению ошибки определения координат объектов от расстояния. Результаты приведены на рисунке 1. Для определения координат объектов на плоскости был применен метод трилатерации – метод определения положения геодезических пунктов путём построения на местности системы смежных треугольников, в которых измеряются длины их сторон. Формула для определения координат на плоскости представлена ниже.

$$\begin{cases} x_0 - \frac{2x_0(x_3 - x_2)}{2(y_3 - y_2)} = \frac{R_1^2 - R_2^2 - x_1^2 + x_2^2 - y_1^2 + y_2^2 + 2(y_2 - y_1) * \frac{R_2^2 - R_3^2 - x_2^2 + x_3^2 - y_2^2 + y_3^2}{2(y_3 - y_2)}}{2(x_2 - x_1)} \\ y_0 = \frac{R_2^2 - R_3^2 - x_2^2 + x_3^2 - y_2^2 + y_3^2 + 2x_0(x_3 - x_2)}{2(y_3 - y_2)} \end{cases} \quad (1)$$

Где  $X_0, Y_0$  – координаты объекта,  $X_1, Y_1$  – координаты 1 вышки,  $X_2, Y_2$  – координаты 2 вышки,  $X_3, Y_3$  – координаты 3 вышки,  $R_1, R_2, R_3$  – расстояние от 1, 2 и 3 вышки до объекта

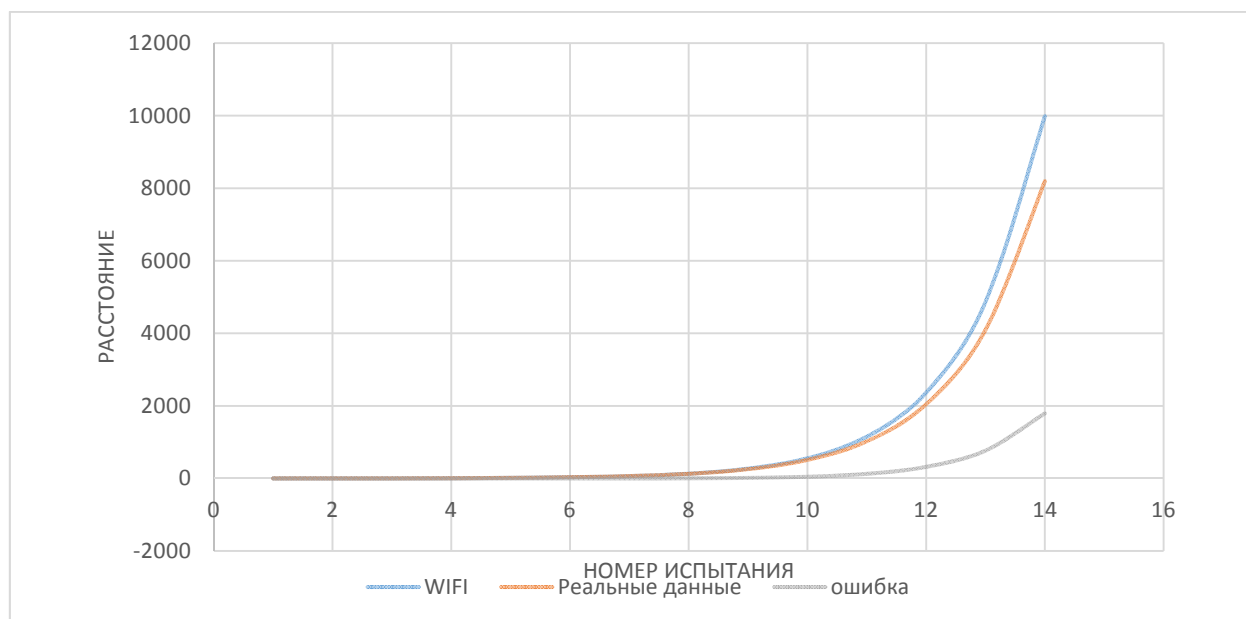


Рис.1. Полученная ошибка измерения по расстоянию

Для обеспечения универсальности, малых габаритов и легкой встраиваемости устройств отслеживания положения применяется разработанная нами плата на основе переходника ESP8266 осуществляющего преобразования информации UART – Wi-Fi изображенного на рисунке 2.

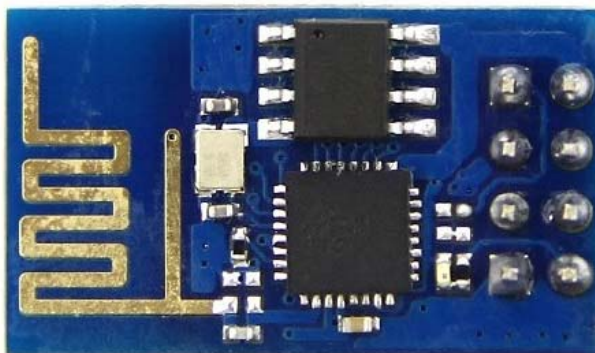


Рис. 2. Переходник ESP8266

Вывод: в дальнейшем мы планируем разработать полноценный прототип переносимого устройства, работающего на технологии Wi-Fi. И протестировать работу системы содержащей несколько десятков таких датчиков на реальных объектах.

**Список литературы:**

1. M. Ocaña, L. M. Bergasa, M. A. Sotelo, and R. Flores, “Indoor robot navigation using a POMDP based on WiFi and ultrasound observations,” in 2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS, 2005, pp. 503–508.
2. S. Fu, Z. Hou, and G. Yang, “An indoor navigation system for autonomous mobile robot using wireless sensor network,” in 2009 International Conference on Networking, Sensing and Control, 2009, pp. 227–232.

**Кластеризация объектов на основе нечеткой логики с использованием алгоритма DBSCAN**

Арышева К.С.  
[varks@tpu.ru](mailto:varks@tpu.ru)

*Научный руководитель: к.т.н., доцент каф. ОСУ Аксенов С.В.*

Развитие науки в настоящее время, наблюдения и эксперименты, рост количества получаемой информации и необходимость ее обработки требуют создания высокопроизводительных вычислительных систем для кластеризации или классификации огромного неструктурированного множества данных. В данной работе рассматривается задача кластеризации астрономических объектов с использованием методов нечеткой логики.

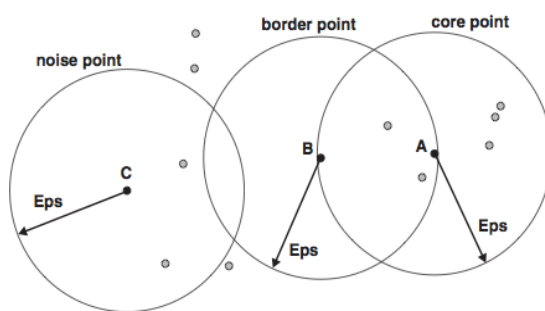
Нечеткая логика представляет собой обобщение традиционной логики и теории множеств, базирующееся на понятии нечеткого множества, которое расширяет определение классического множества, допуская значение функции принадлежности множеству в интервале  $[0;1]$ . Это означает, что объект может принадлежать множеству с некоторой степенью. Такой тип принадлежности позволяет описывать более естественные задачи кластеризации объектов. Для определения кластера

используются логические выражения вида: если  $x_1 = a, x_2 = b, \dots, x_n = n$ , то  $y \in I$ , где  $y$  – объект кластера  $I$ , имеющий  $\{x_1; x_n\}$  параметров.

В дополнение к алгоритмам нечеткой кластеризации большое внимание привлекает алгоритм кластеризации на основе плотности *DBScan*. Данный алгоритм позволяет оценить точки кластеризуемого множества как основные, пограничные или шумовые, что также можно использовать при построении правил кластеризации и оценке расположения кластера в пространстве.

Теоретические сведения. Алгоритм *DBScan* основан на центр-ориентированном подходе. В центр-ориентированном подходе плотность рассчитывается для отдельной точки в наборе данных путем пересчета точек внутри определенного радиуса, включая саму точку. Этот метод прост в реализации, но плотность любой момент будет зависеть от заданного радиуса. Например, если радиус достаточно велик, то все точки будут иметь плотность  $m$  – число точек в наборе данных. Точно так же, как если радиус слишком мал, то все точки будут иметь плотность 1.

Центр-ориентированный подход к плотности позволяет классифицировать точку внутри плотной области (основная точка или ядро), по краю плотной области (пограничная точка или граница), или в скудно оккупированном регионе (шум или фоновая точка).



**Рис. 1. Центр-ориентированный подход**

Основные точки – точки, которые находятся в внутри кластера основанного на плотности. Точка является основной в том случае если количество точек внутри данного радиуса, определяемое функцией дистанции и определяемого пользователем радиуса *Eps*, превышает определенное пороговое значение, *MinPts*, который также является параметром указанный пользователем. Граница – точки не являющиеся основными, но попадающими в окрестность радиуса основной точки. Граница может оказаться внутри радиуса нескольких основных точек. Шум – любая точка, которая не является ни границей ни основной.

#### Особенности реализации

Определение *DBScan* можно дать следующим образом: любые две основные точки, находящиеся на достаточно близком расстоянии друг от друга, находятся в одном кластере. Точно так же, любая пограничная точка, находящаяся достаточно близко к основной точке, находится с ней в одном кластере. Точки шума отбрасываются.

Алгоритм *DBScan* можно разбить на следующие этапы:

1. Пометить все точки, как основные, пограничные или шумовые,
2. Отбросить точки шума,

3. Соединить все основные точки, находящиеся на расстоянии  $Eps$  радиуса одна от другой,
4. Объединить каждую группу соединенных основных точек в отдельный кластер,
5. Назначить каждую пограничную точку одному из кластеров, ассоциированных с ней основных точек

Базовая сложность *DBScan* алгоритма –  $O(m \times \text{время, затраченное на поиск, чтобы найти точки в } EPS\text{-окрестности})$ , где  $m$  - число точек. В худшем случае, это сложность  $O(m^2)$ . Перед реализацией алгоритма необходимо выделить параметры: радиус окрестности  $Eps$  и пороговое значение плотности  $MinPts$ . Основной способ – оценка поведения расстояния от точки до ее  $k$ -го ближайшего соседа – расстояние  $k$ . Для точек, принадлежащих некоторому кластеру, значение  $k$  будет мало, если  $k$  не больше, чем размер кластера. Тем не менее, для точек, которые не принадлежат кластеру, таких как точки шума,  $k$ -расстояние будет относительно большим. Поэтому, если вычислять  $k$ -расстояние для всех точек данных для некоторого  $k$  и сортировать их в порядке возрастания, ожидается увидеть резкое изменение в значениях  $k$ -расстояния что соответствует подходящему значению  $Eps$ . Если выбрать это расстояние в качестве параметра  $Eps$  и значение  $k$  в качестве параметра  $MinPts$ , то точки, для которых  $k$ -расстояние меньше  $Eps$  будут помечены как основные точки, в то время как другие точки будут помечены как шум или пограничные точки.

Так как *DBScan* использует определение кластера, основанное на плотности, он относительно устойчив к шуму и может обрабатывать кластеры произвольных форм и размеров. *DBScan* можете найти кластеры, которые не могут быть найдены с помощью алгоритма  $k$ -средних, однако, его эффективность снижается, когда кластеры различны по плотности.

Для реализации данного алгоритма было создано приложение, содержащее классы-сущности для хранения объектов кластеризации и управляющий класс – кластеризатор, имплементирующий основной алгоритм. Согласно приведенному теоретическому описанию объекты разбиваются на типы: основные, пограничные или шумовые, после этого шумовые точки отбрасываются, а оставшиеся объединяются в кластеры на основе двух параметров: радиус окрестности и пороговое значение плотности.

#### **Список литературы:**

1. Joseph M. Barone, Dimitar P. Filev, Ronald R. Yager, “Moimtain method-based fuzzy clustering: methodological considerations”, International Journal of General Systems, vol 23:4, 281-305, (1995).
2. Khaled Hammouda, “A Comparative Study of Daya Clustaring Techiques”, University of Waterloo, Ontario, Canada, Volume 13, Issues 2-3, pp. 149-159, (November 1997).
3. Алгоритм DBSCAN, Blogpost [2015] URL: <http://matchast.blogspot.ru/2014/11/dbscan.html>
4. Обзор алгоритмов кластеризации числовых пространств данных, SavePearlHarbor [2015] URL: <http://savepearlharbor.com/?p=164417>

## Реализация распознавания жестов в реальном времени

Бауэр А.В.  
[anton.bauer@inbox.ru](mailto:anton.bauer@inbox.ru)

*Научный руководитель: к.т.н., доцент каф. ВТ, Болотова Ю.А.  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

**Ключевые слова** – Человеко-машинное взаимодействие, жесты, алгоритм Виолы-Джонса, HOG-дескрипторы, база жестов.

Ведется разработка прототипа программы, которая позволяет управлять компьютером с помощью жестов.

Проект состоит из 3-х модулей:

- Захват жеста
- Преобразование последовательности изображений
- Обработка жеста (обучение либо классификация).

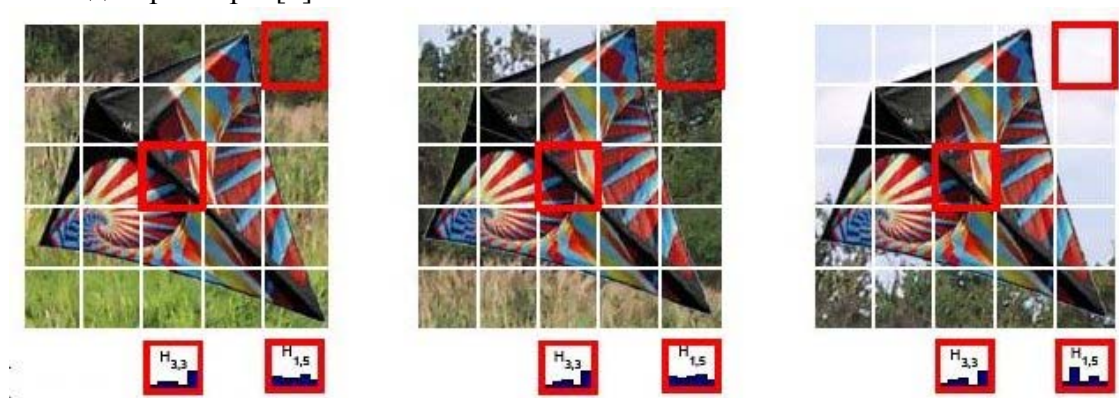
Для захвата жеста используется алгоритм Виолы-Джонса [1]. Началом жеста считается появление в кадре раскрытой ладони.



**Рисунок 3. Ладонь в кадре.**

Жест считается законченным в тот момент, когда на текущем кадре не будет обнаружено раскрытой ладони.

Для представления изображения в виде последовательности чисел используются HOG-дескрипторы [2].



**Рисунок 4. HOG-дескрипторы различных изображений.**

В качестве классификатора используются скрытые Марковские модели. Для каждого жеста создается Марковская модель, которая обучается при помощи алгоритма Баума-Велша [3]. Классификация жеста основана на алгоритме прямого-обратного хода [3].

В таблице 1 представлены входные и выходные данные для модулей.

<b>Модуль</b>	<b>Входные данные</b>	<b>Выходные данные</b>
Захват жеста	Видеопоток с камеры устройства	Последовательность ключевых кадров жеста
Преобразование жеста	Последовательность кадров	Последовательность HOG-дескрипторов каждого кадра
Классификация жеста	Числовая последовательность	Класс, к которому относится жест

**Таблица 1. Входные и выходные данные модулей приложения.**

Рассмотрим детали реализации каждого из модулей. Модуль захвата изображения получает данные из видеопотока с веб-камеры. Используя загруженный каскад классификаторов для алгоритма Виолы-Джонса определяем, что в кадре есть ладонь. Следующий пункт – определение, нужно ли добавить текущий кадр в последовательность ключевых кадров. Для этого используется метод `cvCompareHist` из библиотеки `EmguCV`. Указанный метод сравнивает две гистограммы методом, указанным в качестве параметра. Если разница между текущим кадром и последним ключевым кадром больше некоторого порога, то текущий кадр добавляется в качестве очередного ключевого кадра.

После окончания жеста каждый кадр из последовательности ключевых кадров преобразуется в последовательность чисел следующим образом: для кадра рассчитывается HOG-дескриптор, после чего к дескриптору добавляются смещения по вертикали и горизонтали относительно предыдущего кадра. Полученная последовательность чисел нормируется.

Последний этап – классификация жеста – использует скрытые Марковские модели. Для каждого жеста обучаем свою модель. Полученную из ключевых кадров последовательность чисел подаем на все сети, и, с помощью алгоритма прямого-обратного хода, определяем вероятность того, что сеть возвращает переданную последовательность наблюдений. После этого сравниваем вероятности, которые вернули имеющиеся сети. Выбираем класс, с которым связана сеть, вернувшая наибольшую вероятность – это и будет класс, к которому относится захваченный жест.

Проект основан на платформе `.NET Framework`, написан на языке `C#`. Прототип представляет собой десктопное приложение. Для построения графического пользовательского интерфейса используется технология `WPF (Windows Presentation Foundation)`

Для обработки изображений использовалась библиотека компьютерного зрения `EmguCV` – кроссплатформенная `.NET` обертка над `OpenCV`. Позволяет вызывать



методы OpenCV в .NET-совместимых языках. Может использоваться для разработки мобильных приложений, в том числе тех, которые используют Xamarin. Таким образом проект может быть собран для всех популярных на сегодняшний день мобильных платформ.

#### **Список литературы:**

1. P. Viola and M.J. Jones, «Robust real-time face detection», International Journal of Computer Vision, vol. 57, no. 2, 2004., pp.137–154.
2. Navteen Dalal and Bill Triggs, “Object Detection using Histograms of Oriented Gradients”, Pascal VOC 2006 Workshop ECCV, 2006.
3. Sushnita Mitra and Tinku Acharya, “Gesture Recognition: A Survey”, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics – Part C: Applications and Reviews, Vol. 37, No 3, May 2007.

### **Разработка системы стабилизации скорости транспортировки пробы**

Бланк М.О., Ливенцов С.Н., Гофман Ф.Э.  
blank.mascha@yandex.ru

*Научный руководитель: профессор, Ливенцов Сергей Николаевич, кафедра  
Электроники и автоматики физических установок ТПУ*

В традиционных системах аналитического контроля радиохимических производств пробоотбор осуществляется в оборудованной манипулятором и смотровым окном радиационной защитной камере. Проба технологического раствора отбирается в специальную емкость. Указанная емкость герметизируется, устанавливается в транспортный пенал и перемещается в аналитическую лабораторию с помощью пневмопочты или транспортера. Но данная система имеет ряд недостатков, таких, как необходимость использования специальных транспортных емкостей с необходимостью герметизации, дорогостоящие меры по защите персонала от гамма-излучения пробы и др.

В качестве устройства пробоотбора [1] для применения в аналитическом контроле ПРК предложен гидроцилиндр с пробоотборником из капиллярных линий, который обеспечивает совмещение двух операций: собственно, пробоотбора и одновременного разведения пробы (одноступенчатого или двухступенчатого). Существенным является то, что отбор пробы может осуществляться как из технологического аппарата, так и из трубопровода, в том числе на перетоке между ступенями экстрактора или на выходе экстрактора. Ввиду малого объема капиллярных линий пробоотборника и принципа работы гидроцилиндра не требуется специальных мер по их промывке для обеспечения представительности пробы. Выходной линией указанного устройства пробоотбора и разведения является капилляр, в который может подаваться проба разведенного раствора заданного объема ( $10 \div 20$  мл). Так как коэффициент разведения одной ступени равен 49 или 100, фоновое гамма - излучение пробы в соответствующее число раз меньше, чем излучение неразведенной пробы такого же объема, передаваемой в аналитическую лабораторию в традиционной системе пробоотбора.



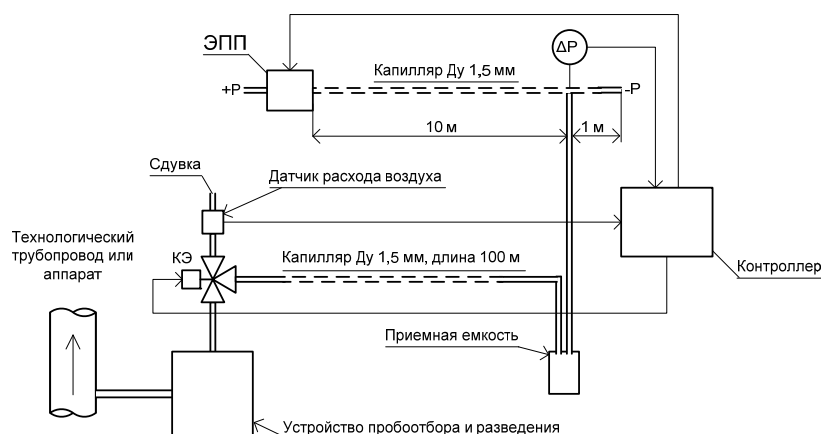


Рис.1 Блок-схема макета устройства транспортировки разведенных проб с выхода устройства пробоотбора и разведения

Для проверки возможности транспортировки разведенных проб технологических растворов с использованием КИЛ был разработан макет соответствующего устройства (рис. 1). Проведены исследования характеристик транспортировки проб растворов на расстояние 100 метров по полиэтиленовой КИЛ с внутренним диаметром 1,5 мм. Наружный диаметр КИЛ составлял 3 мм.

Основным предметом исследования являлось определение величины потерь разведенного раствора в КИЛ при транспортировке пробы с различными скоростями.

#### Определение величины потерь при транспортировке пробы

Определение количества раствора, остающегося в КИЛ после передачи пробы, осуществлялось по следующей методике. Трехходовой клапан был исключен из состава макета устройства транспортировки разведенных проб (см. рис. 1). Вход транспортной КИЛ опускался в небольшую расходную емкость с раствором (или водой), предварительно взвешенной с погрешностью менее  $\pm 1$  мг. С помощью разрежения в КИЛ принималось из расходной емкости 10 мл раствора, после чего расходная емкость устанавливалась на место приемной. Вход транспортной КИЛ подключался к датчику расхода воздуха, затем с заданной скоростью проводилась транспортировка отобранной порции в приемную емкость, разрежение в которой регулировалось с помощью ПИД-регулятора по сигналу датчика расхода воздуха. После окончания процедуры емкость повторно взвешивалась, доля пробы  $\delta_{пр}$  (%), оставшаяся в КИЛ, оценивалась как:

$$\delta_{пр} = 100 * (P_{расх} - P_{прием}) / P_{10мл}$$

где:  $P_{расх}$ ,  $P_{прием}$ ,  $P_{10мл}$  – вес расходной емкости, приемной емкости, пробы 10 мл.

Полученные результаты представлены в таблицах.

Таблица 1. Доля пробы, оставшаяся в КИЛ Ду 2мм, в зависимости от скорости пробы (в отсутствии ПИД-регулятора)

Скорость пробы, м/мин	1,1	3,3	4,5	5,4	7,3
Доля пробы в КИЛ, %	0,4	0,7	1,8	2,2	2,9

Таблица 2. Доля пробы, оставшаяся в КИЛ Ду 1,5 мм (дистиллированная вода, в присутствии ПИД-регулятора).

Скорость пробы, м/мин	7,7	14,3	20	34
Доля пробы в КИЛ, %	0,24	0,6	0,63	1,2

Как видно из приведенных результатов, при скоростях порядка 7 м/мин КИЛ с внутренним диаметром 2мм характеризуется на порядок большей долей пробы, оставшейся в КИЛ после завершения транспортировки, чем в КИЛ Ду 1,5 мм. Обе КИЛ полиэтиленовые, с гладкими не смачиваемыми внутренними поверхностями. При погружении вертикально в воду мениск внутри КИЛ Ду 1,5 мм находится ниже поверхности на 5 мм, мениск внутри КИЛ Ду 2 мм находится ниже поверхности на 2 мм. Несмотря на то, что капиллярное давление в трубках отличается только в 2,5 раза, условия «отрыва» микрокапель жидкости при движении пробы отличается достаточно значимо.

#### **Гипотеза условий «отрыва» микрокапель в транспортной КИЛ**

Для объяснения условий «отрыва» микрокапель жидкости при движении пробы первоначально была предложена следующая гипотеза.

Течения жидкости разделяют на ламинарный и турбулентный. При ламинарном течении жидкости на прямом участке трубы постоянного сечения все линии тока направлены параллельно оси трубы, при этом отсутствуют поперечные перемещения частиц жидкости. Стационарность ламинарного потока характеризуется неизменностью параметров с течением времени, таких как скорость, разность давлений. При турбулентном же движении наряду с основным продольным перемещением жидкости наблюдаются поперечные перемещения и вращательные движения отдельных объемов жидкости и это может инициировать отрыв микрокапель жидкости.

Переход от ламинарного режима к турбулентному наблюдается при определенной скорости движения жидкости. Эта скорость называется критической  $v_{кр}$ . Значение этой скорости прямо пропорционально кинематической вязкости жидкости и обратно пропорционально диаметру трубы:

$$v_{кр} = \frac{\nu}{d} \cdot k,$$

где  $\nu$ -кинематическая вязкость;  $k$ -безразмерный коэффициент;  $d$ -внутренний диаметр трубы.

Входящий в эту формулу безразмерный коэффициент  $k$ , одинаков для всех жидкостей и газов, а также для любых диаметров труб. Этот коэффициент называется критическим числом Рейнольдса  $Re_{кр}$  и определяется следующим образом:

$$Re_{кр} = \frac{v_{кр} d}{\nu}$$

Установлено, что для труб круглого сечения значение  $Re_{кр}$  примерно равно 2300. Таким образом, критерий подобия Рейнольдса позволяет судить о режиме течения жидкости в трубе. При  $Re < Re_{кр}$  течение является ламинарным, а при  $Re > Re_{кр}$  течение является турбулентным. Точнее говоря, вполне развитое турбулентное течение в трубах устанавливается лишь при  $Re$  примерно равно 4000, а при  $Re = 2300...4000$  имеет место переходная, критическая область.

Результаты проведенных экспериментов показали, что для данных скоростей подачи пробы значение критерия  $Re$  лежит в пределах от  $0,25 \cdot 10^{-5}$  до  $1 \cdot 10^{-5}$ . Это

указывает на то, что движение пробы происходит в заведомо ламинарном режиме и предложенная гипотеза не подтверждается.

Как показывают исследования, при ламинарном течении жидкости в круглой трубе максимальная скорость находится на оси трубы. У стенок трубы скорость равна нулю, т.к. частицы жидкости покрывают внутреннюю поверхность трубопровода тонким неподвижным слоем. От стенок трубы к ее оси скорости нарастают плавно. На рис. 2 приведено движение потоков, рассмотренное относительно системы координат, привязанной к движущейся пробе.

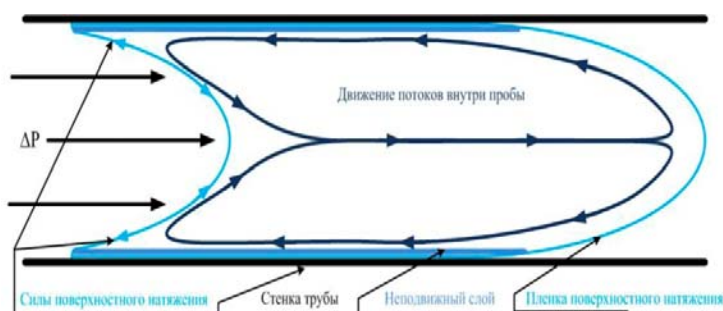


Рис. 2. Движение пробы по трубке капилляра.

При действии силы обусловленной наличием перепада давления, силы, действующие на поверхности заднего мениска пробы, направлены на разрыв пленки поверхностного натяжения. При определенных условиях целостность пленки нарушается и происходит «отрыв» микрокапель жидкости. Данный процесс сложно поддается математическому описанию и мало изучен.

Необходимо учитывать, что на условия транспортировки также влияет и состав пробы. Это подтверждает следующий опыт, проведенный с азотной кислотой. В этом случае с учетом разведения в 50 раз, в качестве модели разведенной пробы примем раствор азотной кислоты с концентрацией 6 г/л. Соответствующие результаты, полученные для КИЛ Ду 1,5 мм, приведены в таблице 3.

Таблица 3. Доля пробы, оставшаяся в КИЛ Ду 1,5 мм ( $\text{HNO}_3$ , 6 г/л).

Скорость пробы, м/мин	7,7	14,3	20
Доля пробы в КИЛ, %	0,4	0,65	1,1

Некоторое отличие полученных для раствора азотной кислоты результатов по сравнению с дистиллированной водой объясняется более высоким поверхностным натяжением диэлектрика - дистиллированной воды. С другой стороны, как только появляется проводимость, силы поверхностного натяжения уменьшаются и для слабых растворов азотной кислоты значимо от её концентрации не зависят, что позволяет принять полученные результаты как достаточно достоверную оценку доли проб растворов переработки ОЯТ, остающихся в КИЛ Ду 1,5 мм.

#### **Система стабилизации скорости транспортировки пробы**

Объектом экспериментального и теоретического исследования являлась система стабилизации скорости пробы (см. рис. 3).

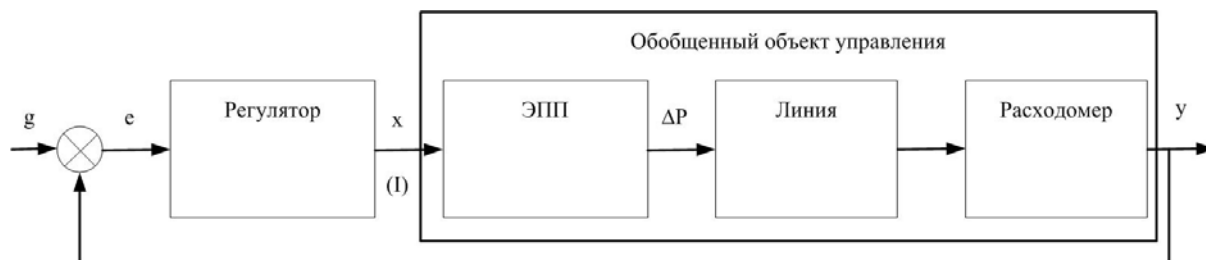


Рис. 3. Система стабилизации скорости пробы.

Управляемой переменной системы является сигнал датчика расхода воздуха на входе транспортной КИЛ. Управляющим воздействием - сигнал, подаваемый на электропневматический преобразователь, задающий через пневматический делитель величину разрежения в приемной емкости ЭПП, собственно, линия с пробой и расходомер составляют обобщенный объект управления.

Для иллюстрации процессов управления скоростью перемещения пробы в отсутствии автоматического регулирования на рис. 4 приведены графики переходных процессов, полученные на макете устройства при ступенчатом изменении тока ЭПП в ходе транспортировки пробы объемом 10 мл. Ток ЭПП устанавливался равным 4, 8 и 12 мА, соответствующее давление на выходе ЭПП: 20, 40 и 60 кПа. Так как скорость пробы определяется исходя из измеренного значения расхода воздуха, то во время выдачи пробы в приемную емкость скорость пробы возрастает, происходит скачок расхода воздуха и кажущийся скачок скорости пробы в её отсутствие. Этот момент соответствует времени 17:21 на рис. 4. На основании экспериментальных исследований приведенных на рис. 4 проведена идентификация обобщенного объекта управления (см. рис. 5)

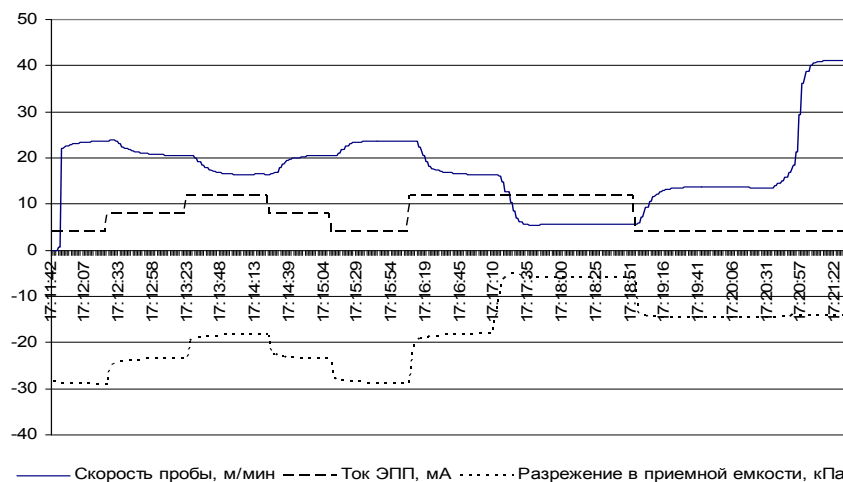


Рис. 4. Графики переходных процессов при перемещении пробы 10 мл.

Объект, судя по виду переходной функции, может быть описан аperiодическим звеном первого порядка с транспортным запаздыванием:

$$W(s) = Ke^{-\tau s} / (Ts + 1) \quad (4.5)$$

где:  $K$  – коэффициент передачи;

$\tau$  – транспортное запаздывание;

$T$  – постоянная времени, характеризующая инерционность и равная 1/3 от времени установления переходного процесса  $T_y$ .

Результаты идентификации полученные путем усреднения данных четырех экспериментов сведены в таблицу 4.

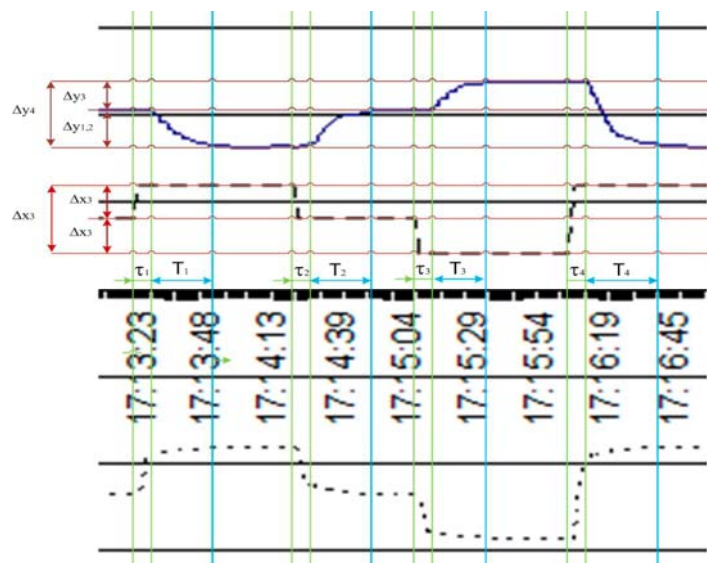


Рис. 5. Идентификация обобщенного объекта управления.

Таблица 4. Результаты идентификации параметров объекта управления.

№ эксперимента	$\Delta x$ , мА	$\Delta y$ , м/мин	$K$ , м/(мин*мА)	$\tau$ , с	$T_y$ , с
1	4	4,0	1,0	5,0	24
2	4	4,0	1,0	5,0	24
3	4	3,3	0,8	5,0	21
4	8	7,3	0,9	5,0	28
Среднее	-	-	0,92	5,0	24

На основе полученных результатов показано, что переходной процесс изменения скорости пробы при скачкообразном изменении тока управления ЭПП соответствует аperiodическому звену с постоянной времени 8 сек, транспортным запаздыванием 5 сек и коэффициентом передачи 0,92.

При расчете параметров регулятора важно, чтобы размерность времени параметров объекта, закона управления и цикла дискретизации по времени в контроллере совпадали.

Значения параметров регулятора, рассчитанные на основе метода оптимального модуля приведены в таблице 4.6.

Таблица 5.. Параметры регулятора.

Параметр	Значение для времени в сек,	Значение для времени в мин
$K_r$	256	4,2
$T_i$	25,7	0,43
$T_d$	1,56	0,026

На рис. 6 показаны графики переходных процессов при перемещении пробы объемом 10 мл с включенным ПИД-регулятором по КИЛ  $D_y$  1,5 мм, , длиной 100 м.

Постоянные дифференцирования  $T_d$  и интегрирования  $T_i$  соответствуют оптимальным значениям из табл. 4.6, коэффициент передачи варьируется: до 18:13:08  $K_r = 1,5$ ; до 18:13:08  $K_r = 2,5$ ; до 18:13:08  $K_r = 4,2$ . Задание скорости изменялось как: 5, 10 и 15 м/мин.

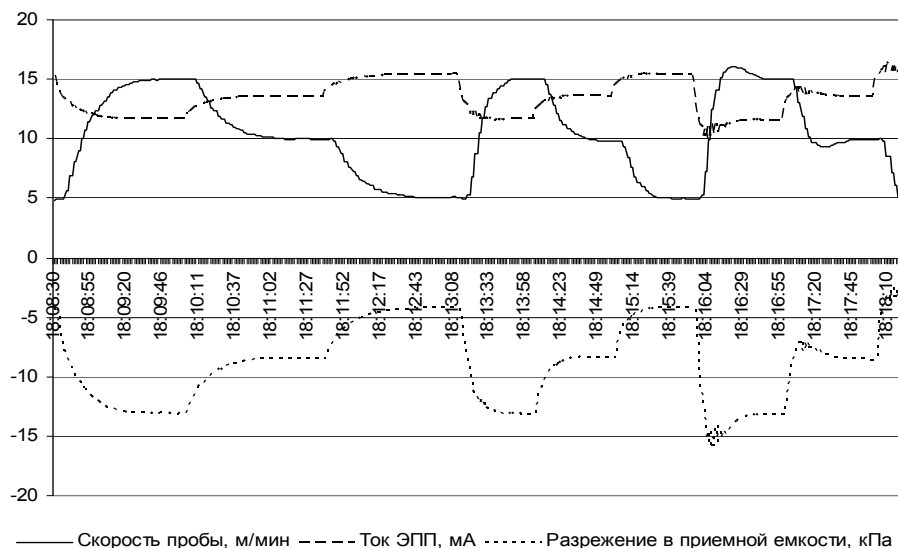


Рис. 6. Графики переходных процессов с ПИД-регулятором.

Из полученных результатов следует, что для оптимальной величины коэффициента передачи регулятора  $K_r = 4,2$  при небольшом и приемлемом перерегулировании время установления переходного процесса  $T_y$  составляет приблизительно 9 сек. Тем самым обеспечивается достаточно хорошее регулирование скорости транспортировки пробы.

### Заключение

Разработанное техническое решение возможно использовать для транспортировки аналитических проб растворов по капиллярным импульсным линиям (КИЛ) на достаточно большие расстояния (по крайней мере – 100 метров). Указанный способ транспортировки позволит существенно снизить стоимость и повысить оперативность доставки проб радиоактивных растворов от места их отбора из технологического оборудования в аналитическую лабораторию, по сравнению с применяемым сегодня на радиохимических заводах способом доставки проб с помощью пневмопочты или конвейера.

Проведено экспериментальное исследование характеристик устройства транспортировки разведенных проб. В результате установлено, что потеря раствора при транспортировке на 100 метров при скоростях  $5 \div 20$  м/мин не превысит  $0,5 \div 1,5$  % от общего объема пробы. Потери раствора тем меньше, чем меньше скорость транспортировки. В устройстве транспортировки проб обеспечено регулирование скорости перемещения пробы.

При транспортировке проб технологических продуктов в условиях ПРК целесообразно применение для каждого типа продукта своей КИЛ. Стоимость метра полиэтиленовой КИЛ в конце 2014 года составляла 7 рублей за метр. Индивидуальные КИЛ не требуют промывки и просушки перед передачей очередной пробы, что существенно снижает общее время транспортировки и количество радиоактивных отходов. При передаче очередной пробы она «собирает» остатки

предыдущей и перемешивается с ними. Например, если концентрация какого-либо элемента в пробе снизилась на 20%, то систематическая погрешность определения его концентрации в очередной пробе за счет перемешивания с остатками предыдущей не превысит 0,4%, что пренебрежимо мало в условиях проведения радиохимических экспериментов.

Отдельной задачей, решение которой предстоит, является разработка ввода в регулятор скорости управления по возмущению, с помощью которого можно будет обеспечить транспортировку проб по вертикальным участкам КИЛ.

#### **Список литературы:**

1. Разработка системы автоматического отбора проб радиоактивных растворов в условиях УТМ. Научно-технический отчет: Рег. № 03/09-14 /ООО «Сенсор» - Гатчина, 2014, - 40 с.
2. Гурецкий Х. "Анализ и синтез систем управления с запаздыванием". Перевод с польского А.Н. Дмитриева, М: Машиностроение, 1974 – 328 с.
3. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика. М.: Изд-во академии наук, 1952. 250 с.
4. Сумм Б.Д., Горюнов Ю.В. Физико-химические основы смачивания и растекания. М.: Изд-во «Химия», 1976. 117 с.

### **Разработка инструментария оперативной идентификации рисков в ИТ-проектах**

Дайбова К.Е., Николаенко В.С.  
kdajbova@yandex.ru, nikolaenkovs@tpu.ru

*Научный руководитель: Николаенко В.С., кафедра МЕН ИСГТ ТПУ*

Согласно статистическим данным, представленным *The Standish Group International* в 2014 году, 75% реализованных ИТ-проектов столкнулись с рисками, которые повлекли изменения в базовых планах. Причем наступившие риски оказали негативное влияние на ИТ-проекты и привели к перерасходу запланированных бюджетов примерно на 89%, снижению качества и увеличению сроков разработки [1]. В связи с этим могут быть определены актуальными проблемы, связанные с управлением рисками, их идентификацией, анализом и контролем в ИТ-проектах.

Целью статьи является разработка инструментария оперативной идентификации рисков в ИТ-проектах.

Для реализации цели были решены следующие задачи:

1. изучены подходы и основные процедуры управления рисками (идентификация, анализ, реагирование, мониторинг и контроль);
2. проанализированы основные методы идентификации рисков;
3. разработан инструментарий, позволяющий менеджеру ИТ-проекта оперативно идентифицировать рисковые события.

Для решения первой задачи были изучены основные процедуры управления рисками: идентификация, анализ, реагирование на риск, мониторинг и контроль (рисунок 1). Под термином «риск» в данной статье будем понимать вероятные негативные или позитивные события, которые могут оказать влияние на проект [2]. Рассмотрим каждую процедуру подробнее.

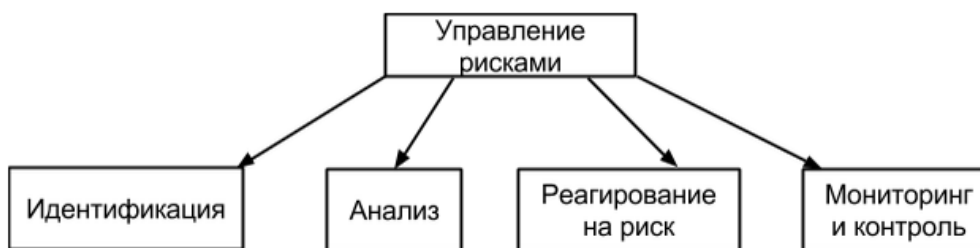


Рисунок 1. Схема управления рисками

Идентификация рисков – это процедура выявления рисков, способных влиять на проект.

Анализ рисков – это процедура оценки вероятности проявления и влияния ранее идентифицированных рисков.

Реагирование на риск – это процедура разработки мер, способствующих увеличению вероятности благоприятных возможностей и снижению угроз.

Мониторинг и контроль рисков – это процедуры отслеживания ранее идентифицированных и мониторинг ранее не идентифицированных рисков [3].

Для решения второй задачи были рассмотрены основные подходы и методы идентификации рисков (таблица 1).

Таблица 1. Методы идентификации рисков

№	Название метода или подхода	Особенности метода
1	Анкетирование [3]	Риски идентифицируются с помощью анкеты, которая включает в себя список наиболее типичных угроз и/или возможностей
2	Анализ документации	Просмотр материалов проекта
3	Мозговой штурм [4]	Создание подробного списка рисков проекта
4	SWOT-анализ [5]	Анализ сильных и слабых сторон, возможностей и угроз
5	Интервью [6]	Беседа с ключевыми участниками проекта
6	Метод Делфи [7]	Независимая экспертная идентификация рисков

Результатом процесса идентификации является список рисков, который содержит:

- идентифицированные риски;
- информацию о потенциальных действиях для реагирования на риск;
- основные причины возникновения рисков;
- категории рисков (управление, персонал, субподрядчики и т.п.).

В статье под проектом, реализованным в сфере информационных технологий (ИТ-проектом), подразумевается проект, в котором совокупность методов, производственных процессов и программно-технических средств, объединенных в технологическую цепочку, обеспечивает сбор, обработку, хранение, передачу и отображение информации.



Для решения третьей задачи разработан инструментарий, позволяющий менеджеру ИТ-проекта оперативно идентифицировать рисковые события. Этим инструментарием авторы статьи считают комплекс методов и подходов, состоящий из анализа документации проекта, ретроспективного анализа ранее реализованных проектов, проведения интервью с участниками проекта, анкетирования. Данные методы и подходы были выбраны, т.к. в процессе из использования наблюдается:

1. минимальное отвлечение участников проекта от производственного процесса;
2. осуществление оперативных процессов идентификации негативных и позитивных рисков;
3. вовлечение в процесс идентификации рисков участников проектной команды, ранее не знакомых с методологией риск-менеджмента.

Для использования метода «Анкетирование» авторами статьи были разработаны два опросных листа, содержащих список из 50 типичных негативных рисков и 12 типичных позитивных рисков для ИТ-проектов. Примеры опросных листов для идентификации негативных и позитивных рисков ИТ-проектов представлены на рисунках 2 и 3.

ФИО: \_\_\_\_\_  
Роль в проекте: \_\_\_\_\_

№	Область	Что может угрожать вашему проекту?	Вероятность наступления	Влияние на проект
			Очень высокая-5 Высокая-4 Средняя-3 Низкая-2 Очень низкая-1	Очень высокое-5 Высокое-4 Среднее-3 Низкое-2 Очень низкое-1
1	Управление	Нечетко пропишутся цели проекта		
2	Управление	Менеджер будет не заинтересован в успешном завершении проекта		
3	Управление	Будет отсутствовать план-график проекта		

Рисунок 2 – Пример опросного листа для идентификации негативных рисков в ИТ-проектах

ФИО: \_\_\_\_\_  
Роль в проекте: \_\_\_\_\_

№	Область	Какие возможности есть у вашего проекта?	Вероятность наступления	Влияние на проект
			Очень высокая-5 Высокая-4 Средняя-3 Низкая-2 Очень низкая-1	Очень высокое-5 Высокое-4 Среднее-3 Низкое-2 Очень низкое-1
1	Управление	У менеджера проекта есть опыт в запусках аналогичных проектов		
2	Управление	Есть кое-какие наработки		
3	Управление	Возможность предоплаты (частичной, полной) со стороны Заказчика		

Рисунок 3 – Пример опросного листа для идентификации позитивных рисков в ИТ-проектах

В заключение можно сказать, что идентификация рисков в процессе функционирования стремится к развитию и самоорганизации. Развитие становится

возможным тогда, когда в системе высвобождаются свободные ресурсы, которые можно направить на конкретные новые цели (повышение качества, более быстрое достижение поставленного результата и т.д.). В случае если риск идентифицирован полностью, своевременно и правильно, дальнейший путь работы с ним будет определен наиболее оптимально.

#### **Список литературы:**

1. The CHAOS Manifesto. – The Standish Group International, 2014. – 16 p.
2. Николаенко В.С. Разработка принципов управления ИТ-проектом // Вестник Томского государственного университета, 2015. – № 390. – С. 155–160.
3. Гламадзин Е.С., Новиков Д.А., Цветков А.В. Управление корпоративными программами: информационные системы и математические модели. - М. : Российская академия наук, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова, 2003.
4. Николаенко В.С. Разработка бренда для натуральной косметической продукции с помощью алгоритма решения креативных задач // Креативная экономика. – 2014. – № 2 (86). – С. 81–87.
5. Ефимов В.В. Сборник методов поиска новых идей и решений управления качеством. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 194 с.
6. ISO/IEC 31010:2009, Risk management – Risk assessment techniques (ИСО.МЭК 31010 Менеджмент риска. Методы оценки риска)
7. Селиховкин И. Управление ИТ-проектом. Эффективная система «с нуля» в любой организации. - СПб., 2010. – 90 с.

### **Интерактивное расписание для студентов ТПУ**

Газизов А.Т.  
gazizov@tpu.ru

В настоящее время во многих университетах активно разрабатываются и внедряются различные информационно-программные комплексы, ориентированные на работу в глобальной сети Интернет (веб-приложения). Внешний вид и функциональность официальных веб-приложений университета влияют на его конкурентоспособность и во многом определяют его облик в глазах студентов, сотрудников, и абитуриентов. Возможно, что из-за сложной организации или ограниченности выделяемых средств не всегда удастся поддерживать все веб-приложения (которых бывает очень много) в соответствии с современным развитием веб-технологий и внедрять в них новый функционал. Так, например, сайт Расписание / ТПУ [1] Томского политехнического университета мог бы содержать некоторые элементы интерактивности, и это бы оценили все студенты и сотрудники ВУЗа, ведь многие из них планируют свою неделю и имеют индивидуальное расписание, в котором записывают будущие мероприятия, домашние задания. Однако сейчас им приходится вручную (в электронном или рукописном виде) переносить свои пары с сайта расписания, испытывая при этом следующие неудобства: присутствие лишних пар – на сайте выводятся все факультативы и подгруппы; сложный просмотр подгрупп – необходимо поочередно нажимать на каждый номер подгруппы (их может быть до четырех), каждый раз при этом происходит перезагрузка страницы и

ее откат в начало. Более того, подавляющее большинство студентов всегда просматривает расписание с сайта, сталкиваясь с описанными неудобствами каждый раз.

Таким образом, актуальна разработка веб-приложения, позволяющего автоматически загрузить расписание с официального сайта, один раз настроить его под себя (удалить лишние пары и выбрать подгруппы) и использовать в качестве электронного ежедневника. Цель данной работы – описать создание такого приложения и представить результаты его использования.

Для создания веб-приложения «Интерактивное расписание ТПУ» требуется:

- Выбрать дизайн веб-приложения;
- Выбрать систему управления базами данных и создать структуру базы данных, в которой будет храниться информация о пользователях, а также их индивидуальное расписание;
- Разработать программу автоматической загрузки расписания с официального ресурса;
- Реализовать функцию удаления пар и выбора подгрупп, добавления напоминаний;
- Выбрать домен для ресурса.

Дизайн страницы и таблиц расписания выполнен в том же стиле, что и на официальном ресурсе, поскольку такое оформление является привычным для пользователей. Дополнительные элементы (кнопки и диалоговые окна) реализованы с помощью библиотеки jQuery UI [2], свободно распространяемой по лицензии MIT [3].

Выбрана наиболее популярная система управления базами данных в области небольших веб-приложений, MySQL, которая распространяется в соответствии с условиями общедоступной лицензии GPL [4]. Таблица USERS отвечает за авторизацию/регистрацию пользователей и хранение номера группы. Для хранения индивидуального расписания каждому пользователю из таблицы USERS соответствует таблица EVENTS, в которой в зашифрованном виде хранятся пары и события определенного пользователя.

Программа, выполняющая загрузку пар с сайта официального расписания, написана на языке PHP 5.4 с использованием свободно распространяемой библиотеки «PHP Simple HTML DOM Parser» [5]. Программа загружает расписание пользователя после заполнения поля «Ваши данные» (номер группы или фамилия преподавателя) и нажатия на кнопку «Показать расписания».

Функции удаления пар, выбора подгрупп и добавления напоминаний реализованы на языке JavaScript с использованием библиотеки jQuery и технологии AJAX. Эти технологии позволяют обеспечить «фоновый» обмен данными браузера с веб-сервером, а также эффекты анимации, делая веб-приложение более удобным и быстрым. Удаление пар производится по щелчку после включения кнопки «Удаление пар». Подгруппы подгружаются в текущем окне без перезагрузки страницы. После обновления страницы расписание запоминает выбранную вами подгруппу. Для добавления напоминаний использован тег ContentEditable языка HTML5 и подходы, указанные выше.

После разработки основной части сайта была минимизирована его шапка, а также добавлен автоматический показ текущей недели сверху, что позволило пользователю видеть текущую неделю без прокрутки страницы. Также было добавлено поле для

записи «Мои важные дела» и информация о дате. В настоящее время проект «Интерактивное расписание / ТПУ» [6] функционирует и им пользуются в среднем 400 человек в день, в том числе и преподаватели.

#### **Список литературы:**

1. Расписание/ТПУ. Группа 8Т31 [Электронный ресурс]. URL: <http://rasp.tpu.ru/view.php?for=8%D1%8231&weekType=1> Режим доступа: свободный (дата обращения: 05.03.2015)
2. jQuery UI [Электронный ресурс]. URL: <http://jqueryui.com/> Режим доступа: свободный (дата обращения: 07.03.2015)
3. MIT License [Электронный ресурс]. URL: <http://www.webcitation.org/65V5m5UiW> Режим доступа: свободный (дата обращения: 05.03.2015)
4. GPL License [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gnu.org/licenses/> Режим доступа: свободный (дата обращения: 08.03.2015)
5. PHP Simple HTML DOM Parser [Электронный ресурс]. URL: <http://simplehtmldom.sourceforge.net/> Режим доступа: свободный (дата обращения: 09.03.2015)
6. Мозгалева П. И., Гуляева К. В., Замятина О. М. Информационные технологии для оценки компетенций и организации проектной деятельности при подготовке технических специалистов. // Информатизация образования и науки. 2013. №4. С. 30-46.
7. Интерактивное расписание / ТПУ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rasp.tpu.ru> Режим доступа: свободный (дата обращения: 09.03.2015)

#### **Разработка тепловой модели экспериментального электролизёра**

Гладырь Е.М., Денисевич А.А.  
[denisevichaa@tpu.ru](mailto:denisevichaa@tpu.ru)

*Научный руководитель: Денисевич А.А., ассистент каф. ЭАФУ ФТИ ТПУ*

Фтор – один из самых активных элементов периодической таблицы Д.И. Менделеева и образует соединения со всеми элементами, причем реакции нередко сопровождаются горением и взрывами [1]. С рядом органических соединений фтор дает ценные продукты, которые находят широкое применение во многих отраслях промышленности [2].

Источником для производства фтора служит фтористый водород. Производство фтора осуществляется посредством электролиза расплава кислого фторида калия, который образуется при насыщении расплава  $KF \cdot HF$  фтористым водородом до содержания 40-41%  $HF$ . Электролиз ведется при температуре 85-105°C. Получающийся фтор содержит до 5%  $HF$  [3]. Таким образом, процесс электролиза заключается в разложении фторида калия на фтор и водород. На аноде выделяется фтор, на катоде – водород. В исследуемом экспериментальном электролизёре в качестве электролита используется расплав бифторида калия  $KF \cdot HF$ . Для удобства, удешевления процесса создания всего фторного производства удобно и оправданно прибегать к математическому моделированию еще до непосредственного создания физической установки. Результат работы представляет собой математическую

модель, на основе которой планируется развивать систему автоматизированного управления.

### Моделирование температуры электролита

Объектом исследования является среднетемпературный экспериментальный фторный электролизер (рисунок 1).

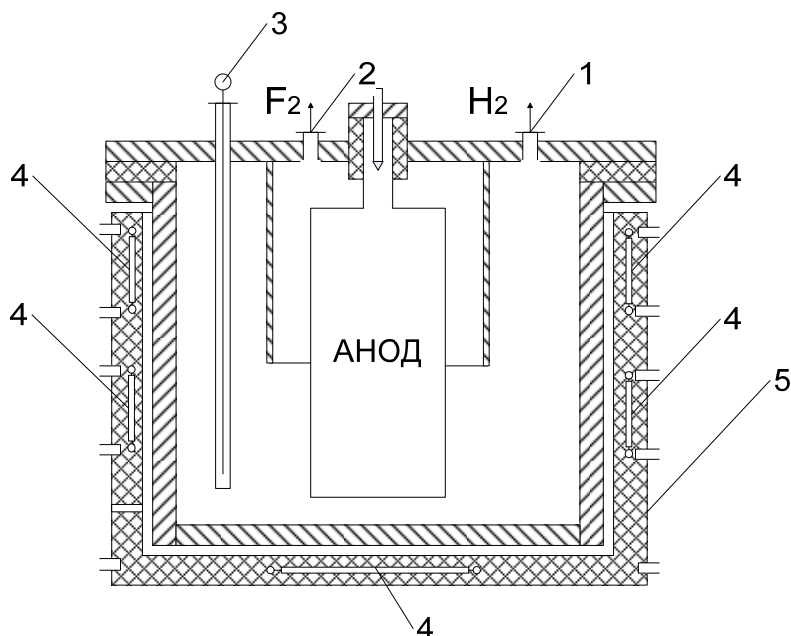


Рисунок 1. Экспериментальный среднетемпературный фторный электролизер: 1) Выход водорода; 2) выход фтора; 3) термонара; 4) трубчатые электрические нагреватели; 5) корпус электролизера

Рассмотрим тепловые процессы, протекающие в электролизере:

- разогрев электролита до рабочей температуры 80<sup>0</sup>С ТЭНами
- теплопотери через стенку аппарата.

Введём допущения и зададим начальные условия модели:

- начальная температура ведения процесса 15<sup>0</sup>С
- в виду высокой инерционности процессов, протекающих в электролизере, запаздывания, обусловленные инерционностью элементов системы не учитываются.

Электролит нагревают трубчатыми электрическими нагревателями, до достижения им температуры, необходимой для протекания процесса среднетемпературного электролиза, равной от 80 до 105 <sup>0</sup>С. Данный тепловой процесс описывается системой однородных дифференциальных уравнений. Уравнения описывают данный процесс с достаточной точностью, так как учтен процесс потери некоторой части тепла через стенку ванны для электролиза в окружающее пространство.

Нагрев электролита током и ТЭНами до установившегося значения займет достаточно длительный промежуток времени, так как тепловым процессам свойственна высокая инерционность. Полученная система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} C_{\text{Э}} \cdot \rho_{\text{Э}} \cdot \frac{\partial T_{\text{Э}}}{\partial \tau} = \frac{Q_{\text{ТЭН}}}{V_{\text{Э}}} - \frac{\alpha_{\text{Э}} \cdot (T_{\text{Э}} - T_{\text{СТ}}) \cdot F_{\text{СТВН}}}{V_{\text{Э}}} \\ C_{\text{СТ}} \cdot \rho_{\text{СТ}} \cdot \frac{\partial T_{\text{СТ}}}{\partial \tau} = \frac{\alpha_{\text{Э}} \cdot (T_{\text{Э}} - T_{\text{СТ}}) \cdot F_{\text{СТВН}}}{V_{\text{СТ}}} - \frac{\alpha_{\text{СТ}} \cdot (T_{\text{СТ}} - T_{\text{ОС}}) \cdot F_{\text{СТНАР}}}{V_{\text{СТ}}} \end{cases}$$

где  $C_{\text{Э}}$ ,  $C_{\text{Ст}}$  – удельная теплоемкость электролита и материала стенки соответственно;  $\rho_{\text{Э}}$ ,  $\rho_{\text{Ст}}$  – плотность электролита и материала стенки соответственно;  $T_{\text{Э}}$ ,  $T_{\text{Ст}}$  – температура электролита и материала стенки соответственно;  $\tau$  – время протекания процесса;  $V_{\text{Э}}$  – объем электролита;  $\alpha_{\text{Э}}$ ,  $\alpha_{\text{Ст}}$  – коэффициент теплоотдачи электролита и материала стенки соответственно;  $F_{\text{СтВн}}$ ,  $F_{\text{СтНар}}$  – площадь внутренней и внешней поверхностей стенки электролизера;  $V_{\text{Ст}}$  – объем стенки электролизера;  $T_{\text{Ос}}$  – температура окружающей среды.

Для решения систем таких уравнений в пакете MatLab удобно применять встроенные стандартные решатели для систем дифференциальных уравнений семейства ODE [4]. В данном случае используется решатель ode45. Решение этой системы, отражающее процесс нагрева электролита показано на рисунке 2.

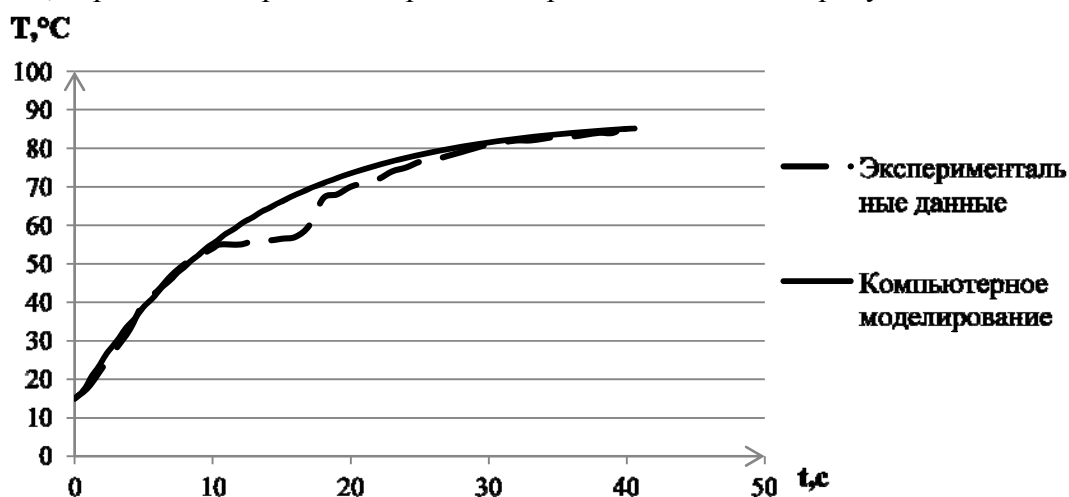


Рисунок 2. Сравнение полученных данных

После разработки математической модели необходимо решить вопрос об адекватности разработанной модели объекту-оригиналу. В результате сопоставления экспериментальных данных, предоставленных с электролизёра, с данными, полученными путём компьютерного моделирования, было выявлено, что среднеквадратичная ошибка не превышает 10%. Вследствие этого, был сделан вывод о том, что полученная модель оказалась адекватной реальному объекту - экспериментальному электролизёру.

#### Структурный синтез системы автоматического управления

Полученный переходный процесс был описан инерционным звеном первого порядка без запаздывания, которое имеет вид [5]:

$$W(s) = \frac{k_{об}}{T_{об} \cdot s + 1}$$

Идентификация проводилась с помощью встроенного в MatLab Curve Fitting Tool. В аналитическом виде передаточная функция процесса установки выглядит следующим образом:

$$W(s) = \frac{1.21}{4429 \cdot s + 1}$$

На основании полученных результатов идентификации для управления температурой электролита предполагается использовать одноконтурную САУ

(рисунок 3). В качестве закона регулирования предполагается использовать П,ПИ и ПИД регуляторы [6]. Выбор наилучшего закона управления будет осуществлен после сопоставления показателей качества САУ.

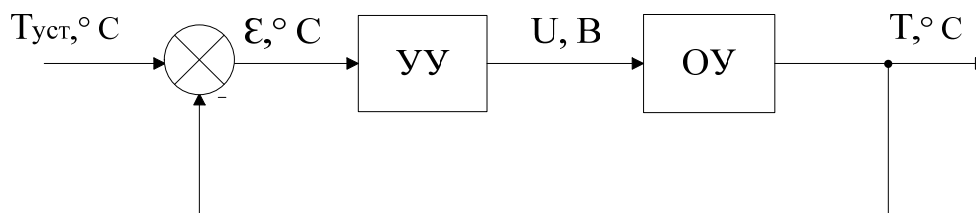


Рисунок 3. Структурная схема САУ: УУ – управляющее устройство (регулятор); ОУ – объект управления

### Выводы

В результате проделанной работы разработано математическое описание тепловых процессов в экспериментальном электролизере и произведено компьютерное моделирование. Произведена идентификация всех тепловых процессов, протекающих в установке в процессе ее функционирования. Полученные данные используются в настоящее время при синтезе системы автоматизированного регулирования.

### Список литературы:

1. Галкин Н.П., Крутиков А.Б. Технология фтора. – М.: Атомиздат, 1968г. – 188 с.
2. Рысс И. Г. Химия фтора и его неорганических соединений. – М.: Госхимиздат, 1956г. – 718 с.
3. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 2000г. – 261 с.
4. Смит Джон М. Математическое и цифровое моделирование для инженеров и исследователей / Пер. с англ. Н.П. Ильиной; Под ред. О.А. Чембровского. – М.: Машиностроение, 1980г. – 271 с.
5. Корытин А.М., Петров И.К. и др. Автоматизация типовых технологических процессов и установок : учебное пособие / А. М. Корытин, Н. К. Петров, С. Н. Радимов, Н. К. Шапарев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 432 с.
6. Фельдбаум А.А., Бутковский А.Г. Методы теории автоматического управления. – М.: Наука, 1971. – 744 с.

### Проблемы создания и внедрения модели бизнес-процессов предприятия в форме Workflow System

Гончарук Ю.О.  
[divia777@mail.ru](mailto:divia777@mail.ru)

Научный руководитель: к.т.н. Замятина О.М, доцент кафедры ОСУ

Нередко после проведения реинжиниринга бизнес-процессов возникает необходимость применения современных технологий для реализации новых процессов с наибольшей скоростью, наименьшими затратами и максимальной эффективностью. Для этого необходимо использовать различные средства

автоматизации. Системы автоматизации бизнес-процессов имеет смысл внедрять только после предварительной оптимизации, чтобы избежать дополнительных затрат на автоматизацию неэффективных процессов. Поэтому необходимо прежде всего ответить на вопрос, что же собой представляет автоматизация бизнес-процессов или Workflow management.

В поиске определения основных понятий в данном случае лучше всего обращаться к первоисточникам. В основном обеспечением стандартизации в области Workflow занимается организация Workflow Management Coalition.

Целью данной статьи является раскрытие понятия workflow и описание методологий, с помощью которых может быть спроектирована структура потоков работ предприятия.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи: определение понятия workflow и того, какие из workflow процессов могут быть описаны формально, описание методологий и техник проектирования, анализ возможностей практического применения построенных моделей.

Отвечая на вопрос, в чем же состоит цель проектирования workflow, нужно заметить, что на основании выбранной методологии проектирования в первую очередь осуществляется анализ существующих потоков данных предприятия и делаются рекомендации по оптимизации процесса, далее, если необходимо, принимается решение о проведении более детального анализа проблемных операций. Все полученные результаты должны быть оформлены в виде документации, описывающей исходную ситуацию на предприятии, применяемый метод проектирования и полученные выводы и рекомендации.

Далее необходимо провести соответствующие организационные изменения и переконфигурировать структуру процессов предприятия, в том числе, возможно может потребоваться дополнительное обучение персонала.

Новые правила выполнения процессов должны быть закреплены в регламентах. Необходимо также составить схематичное отображение новой модели процессов типа «Как должно быть» с учетом вносимых изменений.

**Понятие Workflow.** Workflow - в дословном переводе с английского данный термин означает поток работ /операций.

Workflow - это полная или частичная автоматизация бизнес-процесса, при которой документы, информация или задания передаются от одного участника бизнес-процесса к другому для выполнения действий согласно набору руководящих правил.

Еще одно определение, наилучшим образом отражающее процессную сущность Workflow. Workflow - это процесс, определенное рабочее задание, выполняемое последовательно или параллельно двумя, или более участниками рабочей группы с целью достижения общей цели. Workflow процесс может считаться успешно выполненным, если на выходе был получен результат, соответствующий ожиданиям [11].

Фактически, Workflow можно рассматривать как синоним термина «бизнес-процесс», только данный термин используется чаще в отношении систем автоматизации бизнес-процессов. После проведения описания и перестройки бизнес-процессов следующим шагом должна являться процессная автоматизация. Для того, чтобы сформулированные процессы функционировали желаемым образом, необходимо использовать средство для автоматической координации деятельности исполнителей, то есть, системы Workflow management.



В отличие от систем проектирования и оптимизации бизнес-процессов (бизнес-моделирования), системы Workflow применяются для автоматизации текущей деятельности. Другими словами, данные системы обеспечивают автоматическое следование необходимых документов по заранее сформированным маршрутам и генерировать отчеты, как по содержанию документов, так и по процессу

Помимо Workflow, существуют также технологии Groupware и системы управления документами (СУД). Необходимо отметить, что эти системы предназначены для разных целей.

СУД – это самое узкое из приведенных понятий, под которым понимается только управление документацией предприятия и ее движением, а это лишь небольшая часть процессов компании. Главное отличие СУД от Workflow заключается в большей ориентированности на документ.

Практически все СУД реализуют большое количество функций для работы с документами, которые есть далеко не во всех системах Workflow. В качестве примера можно привести поиск документа по ключевым словам. В системах Workflow документ представлен лишь в качестве одного из объектов процесса. Тем не менее существуют системы Workflow, обладающие полным функционалом систем управления документооборотом [1].

Под Groupware подразумеваются системы организации групповой работы. Такие системы могут включать различный функционал, в общем отражающий организацию групповой работы.

Workflow системы, ориентированные на обеспечение движения информации от одного участника процесса к другому и автоматизацию, имеет свою специфическую терминологию. Одним из ключевых понятий является объект - это информационная, материальная или финансовая сущность, используемый в бизнес-процессе (например: письмо, оборудование, счет). В качестве объекта может быть представлен любой ресурс, используемый в процессе. Одной из характерных черт систем автоматизации Workflow является наличие графического инструментария для построения схемы процессов.

**Отображение бизнес-процессов в форме workflow.** Прежде чем приступать к работам по проектированию модели потока работ предприятия, необходимо ответить на следующие вопросы: все ли бизнес-процессы могут быть описаны, и какие бизнес-процессы целесообразно отображать в виде процессов Workflow.

Важной отличительной чертой технологии Workflow является поддержка управления процессами, содержащими как автоматизированные – выполняемые средствами информационных систем, так и неавтоматизированные – выполняемые вручную, операции. Благодаря этой особенности, любой бизнес-процесс предприятия может быть представлен в виде процесса Workflow, если, конечно, этот процесс:

- выделен;
- структурирован;
- выполняется по правилам, которые можно сформулировать;
- периодически повторяется [7].

Первые три ограничения являются ответом на вопрос «какие процессы можно представить, как workflow», а последнее – «насколько это целесообразно».

Необходимо выделить следующие немаловажные особенности. Внедрение системы класса Workflow базируется не на маршрутизации прохождения документов и не на автоматизации группы операций или вида действий, а на описании бизнес-

процесса, ради эффективного выполнения которого, собственно, и осуществляется маршрутизация документов и/или автоматизация операций.

Технология Workflow не накладывает каких-либо специальных ограничений на уровень детализации бизнес-процесса и/или степень автоматизации выполняемых операций.

При всей важности функционального моделирования, тем не менее, организованных в виде функциональной модели данных еще недостаточно для полного определения процесса. Третьим требованием представления бизнес-процесса в виде процесса Workflow является наличие определенных правил выполнения процесса, которые можно сформулировать и формально описать. В первую очередь, соответствующие правила касаются последовательности выполнения операций, начальных и конечных условий, исключений и предусмотренной реакции на внешние события

Далее рассмотрена классификация различных операций, выполняемых группой исполнителей. В качестве направлений систематизации можно выбрать согласованность времени выполнения (синхронно, асинхронно) и области действия (локальная или распределенная). Для выполнения синхронных, локальных операций необходимо присутствие всех исполнителей в определенное время и в определенном месте. Синхронные распределенные операции выполняются в одно и то же время исполнителями, которые могут находиться в разных местах. Асинхронные, локальные операции выполняются членами группы в одном, определенном месте, но в различное время. И, наконец, асинхронные распределенные операции выполняются членами группы исполнителей в различных местах и в различное время [6].

В рамках технологии Workflow рассматриваются операции, относящиеся к последней категории, - распределенные и асинхронные, причем эти операции могут выполняться последовательно или параллельно, иметь сколь угодно сложную логику, согласовываться по времени, данным и исполнителям. Четвертым и последним требованием представления бизнес-процесса в виде процесса класса Workflow является периодичность выполнения. В отличие от предыдущих требований, это требование носит экономический характер.

#### **Техника описания бизнес-процессов**

С точки зрения системы, каждая операция, являющаяся частью процесса, содержит задание, выполнение которого предполагает ввод и/или обработку информации. Типовыми параметрами описания операции являются следующие:

- адресат - пользователь или группа пользователей, получающих задание, при этом указываются права на пересылку задания другому пользователю и права на копирование данных, относящихся к заданию;
- экранная форма - это документ, содержащий предназначенные для заполнения пустые места, в которые вводятся данные;
- предельный срок выполнения задания, определяющий, до какого времени конкретная операция должна быть завершена;
- действия системы при инициализации и завершении операции.

Последовательность выполнения операций и условия перехода от одной к другой составляют алгоритм выполнения процесса. Помимо уже рассмотренных операций, в описании алгоритма, как правило, используются:

- логические условия;
- внешние по отношению к процессу события;
- средства создания параллельных ветвей процесса;

- точки встречи, позволяющие согласовать результаты параллельно выполняемых операций или групп операций;
- автоматические операции – операции, выполняющиеся без участия сотрудника;
- сценарии – экранные формы, содержащие вызов функций, операторов системы и внешних программ, реализуемых пользователем при выполнении различных операций [11].

Применение инструментальных средств описания процессов в большинстве современных систем класса Workflow не требует от разработчика каких-либо специальных знаний в области программирования или систем управления базами данных.

При выполнении процесса Workflow информация передается от пользователя к пользователю в виде некоторого упорядоченного множества данных. Каждая операция использует подмножество этих данных, состав которого, а также способ представления данных задаются соответствующей экранной формой. Создание форм является прерогативой разработчика процессов, а инструментальные средства для разработки форм являются важным компонентом системы Workflow. Главным требованием к экранным формам, функционирующим в системе, является их гибкость - возможность динамического изменения состава, содержания и формата представления данных.

Большинство workflow систем поддерживают различные типы данных. Наиболее важными являются данные типа «файл», благодаря которым обеспечивается возможность связывать с формой файлы, находящиеся вне системы. Разработчик определяет операции, во время исполнения которых эти файлы должны генерироваться, и регламентирует возможность внесения в них поправок и модификаций.

Построение форм представления данных является составной частью описания операций, составляющих процесс Workflow, и включает:

1. Ввод и форматирование текста, образующего форму.
2. Определение требуемого подмножества данных.
3. Указание способа представления данных в форме.
4. Описание условий, определяющих содержание формы.

Кроме того, для каждого поля могут быть заданы:

- справка-пояснение того, как это поле заполнить; справочная информация будет выдаваться на экран по требованию пользователя;
- диапазон или список допустимых значений;
- одна или несколько таблиц, определяющих взаимосвязи между значениями полей формы [5].

Применение таблиц позволяет организовать согласованную работу с логически связанными полями данных, например, такими, как название компании и ее почтовый адрес.

В большинстве современных систем класса Workflow присутствуют высокоуровневые инструментальные средства создания и редактирования экранных форм.

#### **Анализ различных методологий проектирования workflow**

На сегодняшний день существуют различные методологические подходы к проектированию workflow процессов предприятия. При проектировании акцент

делается на различные ключевые аспекты бизнес-процессов. Можно выделить следующие основные методологии проектирования потоков работ:

1. WIDE методология. Данная методология включает в себя довольно широкий спектр подходов к проектированию и практическому применению модели workflow. Ее главной особенностью является концентрация не просто на построении схемы потоков работ, отображающей различные шаги конкретного бизнес-процесса, и на отображении взаимосвязи между этими шагами, но и дальнейшая детализация каждого шага процесса, выявляющая начальные условия его выполнения в системе, действия, которые система должна выполнять, и наконец, постусловия, то есть состояние, в которое система должна прийти после успешного завершения текущего шага процесса. Все эти детали описываются формальным языком запросов типа SQL. Следует также заметить, что при построении схем WIDE не конкретизируется, кто именно выполняет текущий шаг, то есть актор для каждого шага процесса не определяется.

2. Сети Петри. При моделировании выполнения бизнес-процессов в workflow может использоваться аппарат расширенных сетей Петри и методы динамического функционального анализа на основе расширенных сетей Петри.

Бизнес-процесс представляется сетью Петри, каждый этап его выполнения – переходом сети Петри, условие передачи управления – позицией сети Петри, информация, используемая при выполнении бизнес-процесса – маркерами сети Петри. Сети Петри, представляющие описание бизнес-процесса в workflow-системе, выделяют в отдельный класс сетей Петри, WPN (Workflow Petri Nets), т.к. они обладают особыми свойствами, обусловленными ограничениями, накладываемыми на структуру потока работ [9].

3. UML диаграммы. Унифицированный язык моделирования (Unified Modeling Language - UML), созданный Object Management Group (OMG), дает возможность разработчикам задавать, визуализировать и документировать модели программных систем. Язык UML предлагает двенадцать типов диаграмм, разделенных на три категории: четыре типа диаграмм, задают статическую структуру системы, пять – различные аспекты динамического поведения, три – способы, которыми можно управлять модулями системы. Диаграммы поведения включают в себя диаграммы вариантов использования (UseCase Diagram), последовательности (Sequence Diagram), активности (Activity Diagram), совместной работы (Collaboration Diagram) и состояний (State Chart Diagram), которые часто используют для моделирования бизнес-процессов [4].

В UML также присутствует инструмент графического представления деловых процессов — диаграммы поведения.

Однако при проектировании workflow систем на UML приходится сталкиваться с определенными трудностями из-за того, что не вполне ясно, каким образом диаграммы следует использовать совместно. В результате с помощью UML разработчики обычно в состоянии смоделировать только часть процессов, остальные же выходят за рамки спецификации UML и обычно описываются на уровне реализации.

Кроме того, в UML заложен объектно-ориентированный подход к моделированию процессов. Даже несмотря на теоретическую равноправность всех двенадцати типов диаграмм UML, на практике чаще других применяются структурные диаграммы. Определенные с помощью UML деловые процессы часто лишь упорядочивают транзакции над бизнес-объектами, которые необходимо описывать заранее. Поэтому

среди бизнес-аудитории эта методология и не нашел широкого применения для моделирования реальных деловых процессов, а нацелен в основном на технических специалистов и призван ускорить разработку программного обеспечения, начиная с проектирования архитектуры и заканчивая внедрением системы.

4. Проектирование транзакций. Транзакции предоставляют приложению возможность прерывать (производить откат) все изменения, выполняемые в пределах транзакции, если в ходе выполнения любой части транзакции возникают какие-либо ошибки. Однако не вся работа, которая может потребовать отмены, подходит для транзакций. К примерам такой работы относятся продолжительные задания или операции, в которых не задействуются ресурсы транзакций. Компенсация предоставляет модель для отмены выполненной ранее работы, которая не входит в состав транзакции, если в последующем эти действия вызвали ошибку в рабочем процессе. Отмена предоставляет разработчикам рабочих процессов и действий модель для обработки незавершенной работы, которая не входит в состав транзакции. Если какое-либо действие отменяется до завершения его выполнения, то будет вызвана логика его отмены при ее наличии [2].

5. Проектирование с использованием паттернов. Применительно к бизнес-процессам, шаблоном иногда называют схему бизнес-процесса. По такому шаблону создаются экземпляры типовых процессов. Второй вариант употребления термина шаблон - стандартная, типовая схема процесса. Поставщик решения или консультант разрабатывает шаблон определенного процесса на основе опыта выполненных проектов и предлагает его новым клиентам. Подразумевается, что те смогут его использовать с небольшой доработкой, сэкономив таким образом усилия по сравнению с разработкой “с нуля”. Также, как и в workflow и других технологиях, использование паттернов (шаблонов) ускоряет внедрение. Производители, предлагающие готовые шаблоны процессов для вертикальных бизнес-процессов, как утверждение ипотечной заявки или горизонтальных, как управление распределенными изменениями, таким образом сокращают издержки заказчика на кастомизацию продукта [8].

6. Business Process Modeling Notation. Логика описания процессов зафиксирована в стандартной нотации BPMN, которая аккумулирует в себе весь лучший опыт бизнес-моделирования и позволяет создавать графические модели, которые доступны для понимания всеми пользователями однозначно: и аналитиками, разрабатывающими модели процессов, и техническими специалистами, ответственными за внедрение соответствующих технологий, и, наконец, руководителями предприятий, которые должны управлять этими процессами и отслеживать их [5]. Важно осознавать, что, несмотря на возможность «исполнения» процессов системой в реальном времени, отличия в плане моделирования от других нотаций не так уж велики: описывать по-прежнему возможно только повторяемые и структурированные бизнес-процессы компании.

В случае использования специализированного программного обеспечения, запускающего процессы в реальном времени, для моделирования обычно выбираются лишь основные бизнес-процессы предприятия, контроль которых наиболее важен.

#### **Технические средства описания workflow**

Интерфейс большинства программ для моделирования бизнес-процессов предоставляет разработчикам все необходимые инструменты для отображения бизнес-процессов любой сложности и построения адекватных графических моделей

бизнес-процессов, являющихся необходимым условием эффективного применения процессного подхода к управлению деятельностью предприятия или организации. Такая графическая модель позволяет наглядно представить все этапы процесса, а отображение его при помощи специальной нотации делает его более «прозрачным», что предоставляет пользователю возможность более тщательно анализировать его структуру и, в случае необходимости, адаптировать и оптимизировать процессы в соответствии с изменяющимися условиями бизнеса.

В данной статье для примера приведены некоторые из систем проектирования и моделирования workflow:

- TogetherWorkflowEditor;
- средства Microsoft Windows Workflow Foundation;
- Domino Lotus Workflow;
- IBM Rational Rose;
- Online diagram software Draw.io;
- ELMA BPM;
- Bizagi Process Modeler.

### **Стратегия внедрения и использования**

В заключение хотелось бы рассмотреть следующие вопросы: какова иерархия целей такого проекта и как эффективно организовать работы по сопровождению и развитию системы. Основные цели внедрения систем Workflow можно определить следующим образом:

1. Контроль и управление выполнением бизнес-процессов. Внедрение технологии Workflow позволяет организовать конвейер обработки информационных, финансовых и материальных потоков на основе согласованного выполнения операций, работ и заданий, не налагая строгих ограничений на творческую и деловую активность исполнителей, ответственных за конкретный участок работ.

2. Сбор, организация хранения и доступа к документам и данным, используемым для выполнения бизнес-процессов. При этом, если системы типа «электронный архив» уделяют основное внимание вопросам регистрации, учета, индексации, хранения и поиска документов, то системы класса Workflow устанавливают связь между документами и операциями бизнес-процесса, управляют правилами движения документов, доставкой «тому, кому нужно, и тогда, когда нужно».

3. Получение достоверной информации о деятельности компании, анализ которой служит основанием для принятия управленческих решений и своевременной корректировки стратегии развития и структуры бизнес-процессов.

4. Интеграция отдельных объектов автоматизации, существующих в различных подразделениях предприятия, в единую информационную систему поддержки выполнения бизнес-процессов. Такая интеграция позволяет избежать дублирования и несогласованности данных, используемых в различных подразделениях [10].

Необходимо отметить, что проект анализа деятельности и реорганизации бизнес-процессов предприятия и проект внедрения системы класса Workflow представляют собой далеко не одно и то же. Это последовательные шаги, необходимые для внедрения комплексной системы управления.

Внедрение Workflow без предварительного описания и оптимизации бизнес-процессов приведет к автоматизации непонятно по каким принципам созданной системы – т.е., некоего неоптимального состояния.

Предположим, однако, что соответствующие работы выполнены, система инсталлирована, бизнес-процессы описаны, организационные вопросы решены,

проведено тестирование и осуществлен переход к промышленной эксплуатации системы. Начиная с этого момента, главной задачей является поддержание системы в актуальном состоянии, отражающем особенности текущего состояния рынка, стратегию и тактику деятельности предприятия.

Технология выполнения соответствующих работ разработана довольно подробно. Ее основой можно назвать цикл управления эксплуатацией и развитием системы класса Workflow. Выполнение множества процессов Workflow сопровождается сбором статистики, представленной в отчетах различных типов. Эти отчеты служат основой для выявления типовых сценариев выполнения процессов, распределения затрат, причин нарушения сроков выполнения отдельных операций. Полученные данные сравниваются с требованиями, предъявляемыми к системе, проводится оценка эффективности эксплуатации. На основании результатов сравнения проводится перенастройка описанных процессов, уточнение способов взаимодействия с прикладными программами и базами данных, уточнение количества и состава отчетов [9].

Основное количество внедрений систем класса Workflow в России сосредоточено сегодня только вокруг задачи управления документооборотом. Нисколько не отрицая важность и актуальность этой задачи, хотелось бы обратить внимание на то, что возможности технологии Workflow существенно шире: она позволяет сделать бизнес более эффективным и, соответственно, эффект от внедрения может быть существенно более значимым.

#### **Список литературы:**

1. Громов А., Каменнова М., Старыгин А. Управление бизнес-процессами на основе технологии Workflow // Открытые системы, № 1, 1997.
2. Калянов Г. Н. Теория и практика реорганизации бизнес-процессов. – М.: СИНТЕГ, 2000. – 345 с.
3. Вендров А. М. CASE-технологии // Современные методы и средства проектирования информационных систем. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 402 с.
4. Зырянов М. Перспективы Workflow в России // Computerworld Россия, № 13, 2000.
5. Nastansky L., Hilpert W. The GroupFlow System: A Scalable Approach to Workflow Management between Cooperation and Automation. – Berlin: Springer, 1994. – p. 264.
6. K. Craine. Designing a Document Strategy. – Berlin: Gardners Books, 2000. – p. 406
7. Хек М. Движущая сила электронного бизнеса // Computerworld Россия, № 12, 2001.
8. Мозгалева П. И., Гуляева К. В., Замятина О. М. Информационные технологии для оценки компетенций и организации проектной деятельности при подготовке технических специалистов. // Информатизация образования и науки. 2013. №4. С. 30-46.
9. Reiner Siebert. Adaptive Workflow for the German Public Administration. Международная конференция по практическому применению систем управления знаниями. - 1996.
10. Кулопулос Т. Необходимость Workflow. – М.: Весть-Метатехнология, 2000. – 301 с.

11. Автоматизация процесса Workflow. Электронный ресурс. URL: <http://www.regcons.ru/5-step-1-6.htm>. (Дата обращения: 20.01.2015г.)

## **Реализация алгоритма анализа пригодности земельного участка в системе поддержки пространственного планирования территорий нового поколения**

Иванов К.А.  
konstantin.ivn@gmail.com

*Научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры ВТ ТПУ, Кудинов А.В., Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30*

В городском планировании территорий специалисты сталкиваются с задачей выбора инструмента для проведения пространственного анализа и моделирования различных явлений и процессов. Одним из основных инструментов, который широко применяется в пространственном планировании, является геоинформационные системы (ГИС). С начала 1980-х градостроители используют ГИС как инструмент аналитического моделирования на основе пространственной базы данных (БД) [1].

Однако, градостроителям также требуются инструменты для поддержки принятия решений. На эту роль подходят современные системы поддержки пространственного планирования (СППП, Planning Support Systems, PSS). СППП была определена как «дружественная микрокомпьютерная система планирования территорий, которая интегрирует ГИС, инструменты моделирования объектов и пространственные модели» [2]. ГИС становится важным компонентом СППП. Тем не менее, СППП не могут состоять только из ГИС, так как в них отсутствует набор инструментов для проведения анализа и моделирования экономических, демографических и других процессов.

В настоящее время прогресс в сфере информационных технологий позволил создать огромное количество информационных (в том числе, пространственных) источников данных и инструментов. Для поддержки процесса пространственного анализа и принятия решений становятся доступными официальные и волонтерские геоинформационные ресурсы. Однако, в области планирования территорий профессионалы и лица, принимающие решения, по-прежнему не используют новые технологии на практике. Поэтому требуется разработка нового поколения систем поддержки пространственного планирования территорий, которые бы основывались на новых технологиях.

### **Концепция и архитектура системы**

В основу СППП положены общие принципы управления бизнес-процессами (Business Process Management, BPM), которые позволят провести оптимизацию процессов пространственного планирования [3]. Технологии и инструменты управления бизнес-процессами были разработаны с целью улучшить управление процессами и облегчить разработку информационных систем.

В качестве инструмента для управления бизнес-процессами в СППП может быть рассмотрена облачная система управления бизнес-процессами BPMS Effetkif (далее BPMS). Данная система является бесплатной облачной веб-платформой, которая поддерживает моделирование бизнес-процессов в сети Интернет через современный



и удобный пользовательский интерфейс. Интеграция с другими информационными системами и сервисами поддерживается в BPMS через коннекторы.

Задачи сбора и обработки пространственных данных предлагается решать с помощью геоинформационных веб-сервисов: Web Processing Service (WPS), Web Feature Service (WFS) и Web Map Service (WMS). Такие сервисы стандартизированы консорциумом OGC, а их интеграция в BPM может быть реализована на принципах сервис-ориентированной архитектуры (SOA). В контексте SOA важнейшим элементов управления бизнес-процессами является оркестровка веб-сервисов, которая и определяет взаимодействие различных слабосвязанных между собой веб-сервисов.

В качестве WPS в СППП используется 52°North WPS с дополнительным пакетом 220+ SEXTANTE Processes, который работает под управлением Apache Tomcat 7.0. Для доступа к WPS, WFS и WMS в BPMS был разработан на языке JavaScript специальный коннектор, который отвечает за обработку входных и выходных параметров, а также за формирование запросов в формате XML и обработку ответов от сервисов.

Рассмотренные выше принципы и технологии были использованы в разработке архитектуры нового класса СППП. В основу этой системы легла идея использования BPMS для моделирования процессов планирования и основной механизм BPMS для оркестровки геоинформационных веб-сервисов и интеграции внешних систем (рис. 1).

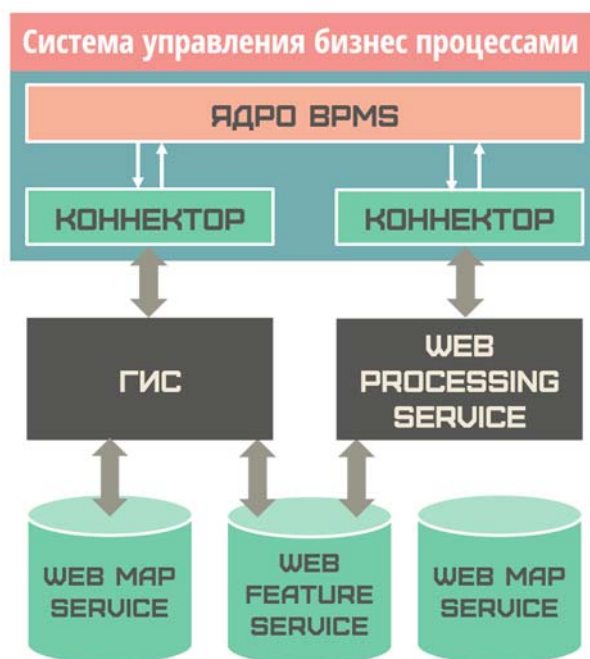


Рис. 1. Архитектура системы поддержки пространственного планирования

#### Апробация системы

Пример использования разработанной СППП основан на практическом эксперименте по реализации алгоритма анализа пригодности земельного участка (land suitability analysis, LSA) [4]. LSA включает несколько задач, которые должны быть выполнены согласовано различными участниками процесса в организации (администрации): специалистом по планированию территории (градостроителем) и

лицом, принимающим решение (ЛПР). Действия и последовательность их выполнения между лицами, задействованными в процессе, могут быть смоделированы в BPMS Effektiv в диаграммах бизнес-процессов (рис. 2).

Во время выполнения процесса пользователи взаимодействуют с веб-интерфейсом системы Effektiv, посредством которого они могут управлять назначенными им задачами. Градостроитель составляет список всех критериев оценки, которые могут быть применены для оценки пригодности текущего земельного участка, и передает его ЛПР. ЛПР выбирает критерии, которые будут использованы в алгоритме LSA, назначает каждому критерию определенный вес. Градостроитель получает список критериев с их весами, ранжирует их и проводит анализ пригодности земельного участка с использованием геоинформационных веб-сервисов. В данной реализации алгоритма используются веб-сервисы, которые создают буферную зону определенного радиуса (Buffer) для каждого слоя, вычисляют новые значения ячеек на карте с учетом назначенных весов (Field Calculator) и объединяют полученные слои в один (Union). Полученный результат сохраняется в виде карты пригодности участка.

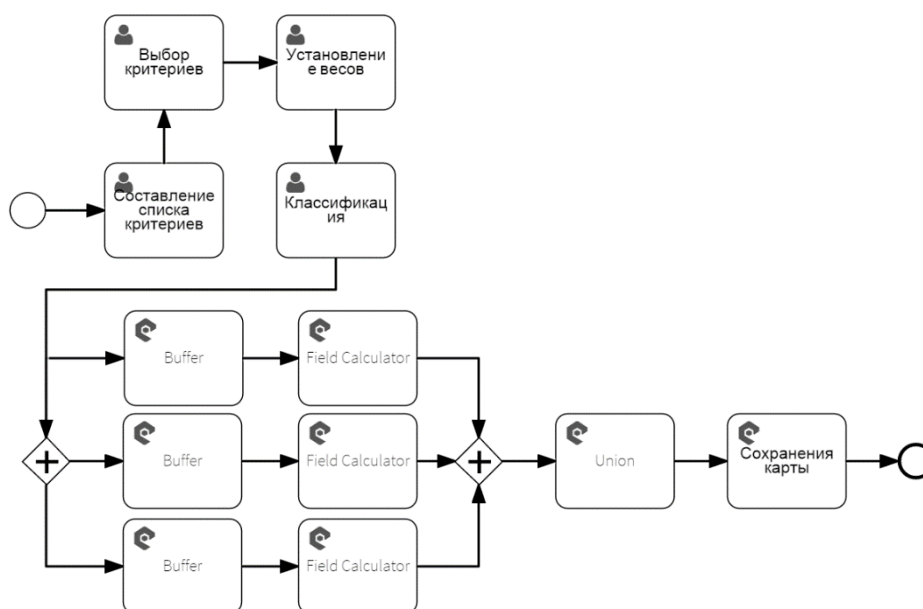


Рис. 2. Модель анализа пригодности земельного участка в BPMS Effektiv

Предложенный подход демонстрирует возможность оркестровки геоинформационных веб-сервисов и BPMS, который может стать следующим шагом в разработке второго поколения СППП для обеспечения нового уровня поддержки пользователей этих систем через оркестровку сервисов.

### Заключение

Прогресс информационных технологий и новые практики пространственного планирования требуют разработки новых методов и подходов к моделированию и управлению процессом пространственного планирования территорий. В статье предложена концепция систем поддержки пространственного планирования территорий нового поколения, которая основывается на использовании общих принципов управления бизнес процессами и принципов SOA. СППП нового

поколения должны учитывать особенности процесса планирования территорий и предлагается для этого интегрировать систему управления бизнес-процессами и геоинформационные веб-сервисы. При этом разработана архитектура системы, система была создана и апробирована при решении практически важной задачи.

#### **Список литературы:**

1. Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D., Rhind, D. Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications. Danvers, MA: Wiley, 1999. Vol.
2. Harris B. Beyond Geographic Information Systems: computer and the planning professionals // Journal of American Planning Association, 1989. Vol. 55(1). Pp. 85-90.
3. Weske M.. Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2012.
4. Hopkins L. Methods for generating land suitability maps: a comparative evaluation // Journal for American Institute of Planners, 1977. Vol. 34, №1. P. 19-29.

#### **Автоматизированная система «умная теплица»**

Кабанов А.А.  
stiff5master@gmail.com

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, Никонова Г.В., ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет», г. Омск*

В данной статье рассматривается система интеллектуальной, автоматизированной теплицы, с использованием технологии 1-Wire и миникомпьютера Raspberry PI.

Ключевые слова: автоматизированная теплица, мастер сети, датчик, электромагнитные клапана.

В последнее время все стали уделять большое внимание своему здоровью, появилось множество спортивных секций, тренажерных залов, телепередач о натуральной и здоровой пище. Натуральные продукты — это продукты без применения различных химических добавок. Покупая продукты в магазине, мы не можем утверждать, что они «экологически чистые». Поэтому многие решают сами выращивать их у себя в теплице.

Выращивание сельскохозяйственной продукции в тепличных условиях является непростой технологической задачей. На качество урожая влияет множество факторов. Температура и влажность являются одними из ведущих факторов жизнедеятельности растительных организмов, определяющих фотосинтетические процессы, а, следовательно, их рост и развитие.

Для упрощения работы связанной с контролем, управлением и мониторингом теплицы, предложена автоматизированная система сельскохозяйственных теплиц.

Для реализации проекта была выбрана технология 1-Wire. Причиной является ее доступность, простота реализации, удобство в управлении и цена. В качестве мастера сети использовался фирменный мастер для USB-порта: DS9490R. Сейчас большинство устройств диагностики, съема и хранения данных производятся с USB интерфейсом, поэтому причина выбора именно USB мастера очевидна. Благодаря наличию в составе любого устройства, снабженного сетевой версией 1-Wire-интерфейса, уникального индивидуального адреса, такая сеть имеет практически

неограниченное адресное пространство. Одним из важнейших качеств технологии 1-Wire является простота настройки, отладки и обслуживания сети практически любой конфигурации, построенной по этому стандарту [1]. В качестве сервера управления и хранения данных использовался миникомпьютер Raspberry PI, к которому непосредственно подключается мастер 1-Wire сети с подключенными к нему устройствами, входящими в систему автоматизированной теплицы.

Raspberry PI — это миниатюрный, размером с кредитную карту, дешёвый компьютер, созданный Дэвидом Брэбенем. Raspberry PI запущен в производство в начале 2012 года. Raspberry PI работает под управлением различных операционных систем (ОС): Debian, Fedora, Gentoo, Arch Linux, RISC OS, AROS или FreeBSD. Стандартная поставка Raspberry PI осуществляется с предустановленной операционной системой Raspbian, которая является специальной сборкой Debian Linux адаптированной для Raspberry PI. Всё это программное обеспечение бесплатно, и малотребовательно к ресурсам. Кроме того, поддерживает воспроизведение видео в формате Full HD., впрочем, если вам не требуется активная работа с видео, вы можете сделать ребаланс доступной памяти, выделив на функции воспроизведения видео 8-16 МБ оперативной памяти, остальное выделить для прикладных задач [3].

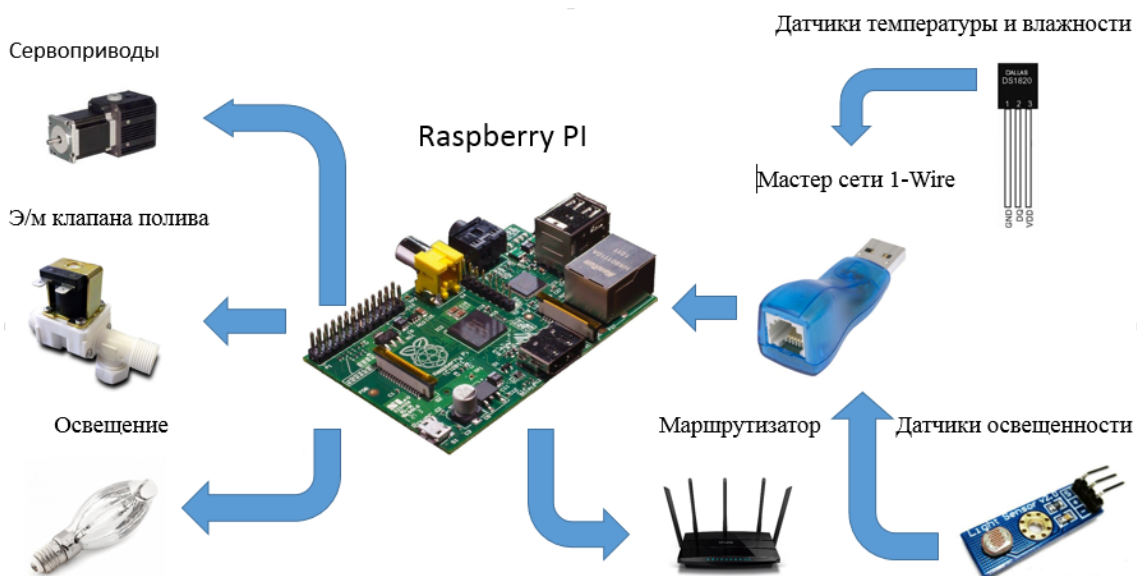


Рисунок 1. Автоматизированная система «умная теплица»

Система автоматизированной теплицы представляет собой набор датчиков различного назначения и исполнительных механизмов. Установлены датчики температуры и влажности внутри теплицы и вне ее. Датчик температуры подключается напрямую к мастеру сети, который будет его опрашивать. Данные с датчиков обрабатываются миникомпьютером, если температура и влажность превышает допустимую норму, то сигнал отправляется на сервоприводы, которые в свою очередь открывают форточки для проветривания теплицы. Если температура падает ниже допустимой нормы, то включается система отопления. Также установлен датчик освещенности, подключенный к мастеру сети, при недостаточной освещенности внутри теплицы включаются специальные лампы для растений. Полив осуществляется по таймеру, запрограммированному для определенного вида

растений, сигнал отправляется на электромагнитные клапана, которые открывают поток воды. Полив ведется с резервуара находящегося внутри теплицы (для повышения температуры воды), наполнение в резервуар из системы водоснабжения или колодца при помощи насоса. Заполнение резервуара управляется по средствам двух поплавковых датчиков, расположенных в верхней и нижней его части соответственно и миникомпьютера обрабатывающего данную информацию. Работа охранной сигнализации заключается в непосредственном опрашивании датчиков открывания основных дверей, для предотвращения несанкционированного доступа в теплицу посторонних людей. В дальнейшем возможно подключение видео наблюдения, для наблюдения в режиме online за работой автоматизированной теплицы [2].

Так же в систему входит удалённый мониторинг «умной теплицы», для этого установлен маршрутизатор. Мониторинг осуществляется через веб-страницу, все данные передаваемые с миникомпьютера отображаются на веб-сайте. Имея доступ к веб-сайту можно с любой точки мира и с любого устройства (смартфона, планшета, ноутбука) отслеживать и управлять ходом работы автоматизированной теплицы. Веб-сайт является веб-интерфейсом данной системы [4].

На рисунке 2 представлена структурная схема работы системы.



*Рисунок 2. Блок-схема системы «умная теплица»*

Основной задачей автоматизации является эффективное обслуживание всей техники, находящейся в теплице, отвечающей за контроль и качество растений. Управление осуществляется при помощи системы, которая срабатывает при возникновении заданных программой условий. Установка системы автоматизированной теплицы является экономически выгодной, так как многие люди не имеют возможности постоянно находиться в теплице, расположенной далеко от дома, следовательно, происходит экономия времени на работу в ней, на дорогу до ее местонахождения, а также финансовых затрат на дорогу.

#### **Список литературы:**

1. Карпенко Е.М. Материалы Всероссийской научно-практической конференции ученых, преподавателей, аспирантов, студентов, специалистов промышленности и связи, посвященной Дню радио, Омск, 2014. с. 290.
2. <http://ab-log.ru/smart-house>

3. <http://raspberrypi.org>
4. Алиев Т.И. Сети ЭВМ и телекоммуникации. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 400с.

### **Разработка лабораторного стенда градуировки расходомеров и исследования САУ расходом воздуха**

Китаева Е.С., Гурова Н.Б., Денисевич А.А.  
*denisevichaa@tpu.ru*

*Научный руководитель: Денисевич А.А., ассистент каф. ЭАФУ ФТИ ТПУ*

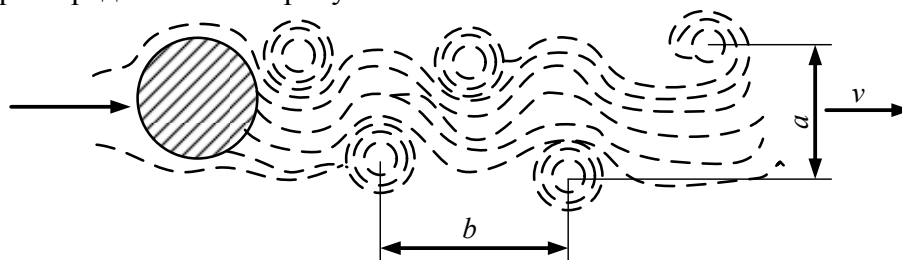
Работа посвящена разработке лабораторного стенда градуировки расходомеров и исследования САУ расходом воздуха. Рассмотрены вопросы анализа и выбора современных программно-технических средств для непосредственной реализации стенда градуировки и системы автоматического управления расходом воздуха.

Цель работы – разработка и техническая реализация лабораторного стенда градуировки расходомеров и исследования САУ расходом воздуха.

Объектом управления является фрагмент трубы, на котором размещены четыре датчика расхода – тепловой, вихревой, датчик переменного перепада давления и датчик расхода с использованием сенсорной технологии Annubar. Тепловой расходомер состоит из двух датчиков температуры и нагревателя. По трубе пускается поток воздуха с помощью вентилятора. Снятые значения с датчиков поступают на модуль аналогового ввода, а затем, на ПЛК. Сборка и обработка данных происходит на ПК, где находится графический интерфейс оператора.

#### **Вихревой расходомер**

Вихревыми называются расходомеры, основанные на зависимости от расхода частоты пульсаций давления, возникающих при обтекании неподвижного тела в трубопроводе. Цилиндрическое тело, являющееся первичным преобразователем вихревого расходомера, создает на пути движущегося потока перепад давления между передней и задней стенкой цилиндра, которое приводит к увеличению локальной скорости пограничного слоя обтекающей жидкости. Схема образования вихрей представлена на рисунке 1.



*Рисунок 1. Схема образования вихрей*

В результате этого происходит изменение направления обтекающих струй и образование вихрей за обтекаемым телом [1]. Образующаяся за цилиндром цепочка вихрей шириной  $a$  называется вихревой дорожкой Кармана. Особенностью этой дорожки является постоянное отношение  $a/b$ , которое для обтекаемого цилиндра равно 0,281.

Частота образования вихрей пропорциональна скорости потока:  
 $f = kv$ .

#### Сенсорная технология Annubar

Сенсор Annubar вставляется по диаметру трубы в протекающий поток. Падение давления на сенсоре минимально, поскольку он очень мало ограничивает поток. Сенсорные отверстия расположены на двух сторонах первичного элемента расхода Annubar, как против течения, так и по нему. Эти отверстия соединены со сдвоенными усредняющими камерами.

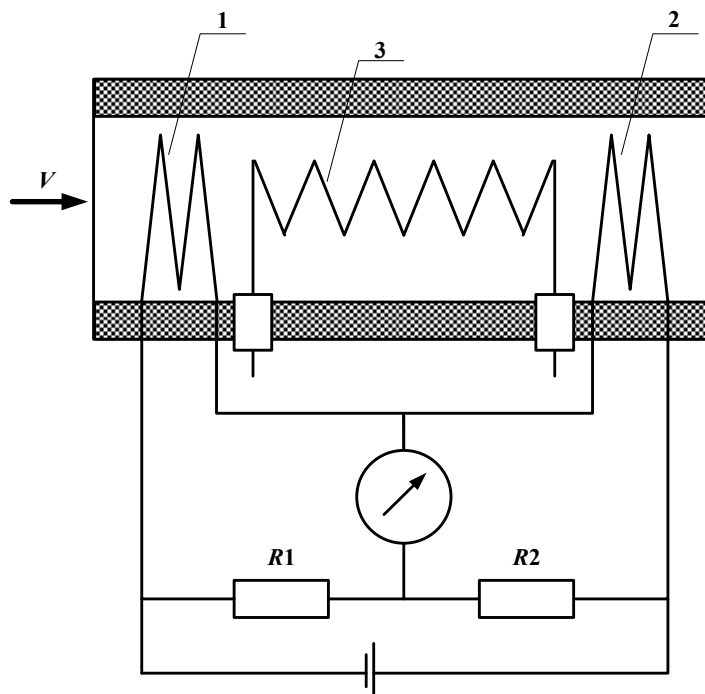
Число отверстий пропорционально диаметру трубы. Отверстия, направленные против течения, и соответствующая камера, воспроизводят среднее давление скоростного напора.

#### Тепловой расходомер

Принцип действия тепловых расходомеров основан на том, что измерение скорости потока производится по охлаждению нагретого тела, помещенного в поток переноса тепла между точками, расположенными вдоль потока. Они служат в основном для измерения расхода газа и реже для измерения расхода жидкости. Основной способ нагрева потока газа или жидкости – электрический омический [2].

По характеру теплового взаимодействия с потоком тепловые расходомеры подразделяются на калориметрические и термоанемометрические. У калориметрических расходомеров измеряется разность температур  $\Delta T$  газа или жидкости или же мощность  $gt$ . У термоанемометров измеряется сопротивление  $R$  нагреваемого тела или же сила тока  $I$ .

На рисунке 2 показана принципиальная схема калориметрического расходомера



$V$  – скорость потока воздуха;  $R1$ ,  $R2$  – сопротивления термопреобразователей

Рисунок 2. Схема теплового расходомера

### ***Градуировка приборов***

Градуировкой называется процесс нанесения отметок на шкалы средств измерений, а также определение значений измеряемой величины, соответствующих уже нанесенным отметкам для составления градуировочных кривых или таблиц.

Различают следующие способы градуировки:

- а) использование типовых шкал.
- б) индивидуальная градуировка шкал.
- в) градуировка условной шкалы [3].

Поскольку рабочей станцией является компьютер (ЭВМ), необходима система управления, которая будет производить отображение, обработку и регистрацию данных в реальном времени. Для решения подобных задач используют SCADA-системы, которые применяются как программный комплекс, обеспечивающий выполнение указанных функций, а также содержит набор инструментальных средств для разработки программного обеспечения. В качестве SCADA-системы была взята среда разработки CoDeSys.

### **Заключение**

В результате выполнения работы разработан стенд градуировки расходомеров и исследования САУ расходом воздуха. Разработанный стенд внедрен в учебный процесс кафедры ЭАФУ (акт внедрения №860/18 от 31.10.2014). В настоящее время на данном стенде выполняются лабораторные работы по курсам «Методы контроля технологических переменных ядерных энергетических установок» и «Системы управления химико-технологическими процессами».

Список литературы:

1. Денисевич А.А., Ливенцов С.Н., Ефремов Е.В. Методы контроля технологических параметров ядерных энергетических установок / учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014.– 87 с.
2. «Расходомер. Типы и принципы работы тепловых расходомеров.» [Электронный ресурс]: Информационная статья – Режим доступа: <http://izmerkon.ru/articles/189/>.
3. ГОСТ 8.407–80 Государственная система обеспечения единства измерений. Расходомеры

### **Организация бизнес-процессов предприятия на основе системы сбалансированных показателей**

Краюшкина О. А.  
*Olgusin@mail.ru*

*Научный руководитель: К.т.н., доцент, Марухина О. В., Кафедра оптимизации систем управления*

В настоящее время совершенствование корпоративного управления становится ключевой стратегической задачей развития и жизнедеятельности любого предприятия.

Одним из новых направлений развития корпоративного управления является концепция «бережливого мышления и производства» [1]. Бережливое производство подразумевает активное использование ресурсосберегающих технологий и новейших



методов управления производством при поддержке современных информационных систем. Немаловажно, что практическая реализация концепции бережливого производства имеет мало альтернативных решений, и все они связаны с внедрением системы менеджмента качества и ERP-систем.

ERP-системы как правило представлены комплексом приложений, позволяющих создать единую среду управления предприятием.

### **Система сбалансированных показателей**

Важнейшим фактором процветания любого предприятия является отлаженный механизм (система управления), обеспечивающий эффективное взаимодействие между двумя данными контингентами и установление показателей ответственности, нацеливающих управленцев и исполнителей на достижение общих целей предприятия; сотрудники на всех уровнях должны обязательно знать, ради каких целей они работают, и что именно они могут сделать для воплощения общей стратегии предприятия.

В большинстве случаев используются финансовые показатели, такие как прибыль, рентабельность. Но для достижения успеха в бизнесе в будущем, необходимо использовать и нефинансовые аспекты (например, такие как лояльность клиентов, качество обслуживания клиентов и др.). Данные показатели получили название ключевых показателей эффективности бизнеса (KPI) и были первоначально рассмотрены в качестве инструмента управления в методологии Balanced Scorecard или по-русски – «Система сбалансированных показателей» (ССП).

Для каждой выработанной цели вырабатываются ключевые показатели результативности (КПР, Key Performance Indicator — KPI). С помощью подбора ключевых показателей результативности, которые являются, по сути, измерителями достижимости целей, компания получает хорошо сбалансированную картину кратко- и среднесрочных целей, финансовых и нефинансовых показателей деятельности, прямых индикаторов или индикаторов симптомов.

Показатели эффективности или индикаторы — это измеряемые характеристики продуктов, услуг, процессов и операций, которые компания использует для отслеживания и повышения производительности. Показатели и индикаторы нужно выбирать с тем, чтобы оптимально представлять факторы, которые ведут к повышению эффективности работы с клиентами, выполнения операций и финансовой деятельности.

На следующих этапах происходит каскадирование показателей, то есть, отталкиваясь от годовых показателей в целом по компании, каждое подразделение получает собственные показатели, за которые должно отвечать.

По некоторым целям определить показатель и механизм его измерения достаточно просто. Например, информацию о финансовых показателях организация получает из собственной бухгалтерской отчетности.

Однако по ряду целей оценка базовых и целевых значений показателей неочевидна. В этом случае необходимо проведение специальных мероприятий, которые позволят определить базовый уровень и целевое значение критерия.

В качестве базовых элементов, влияющих на успешность предприятия, можно представить множество бизнес-процессов.

Деятельность предприятия «Мебель» базируется на сложной системе взаимосвязей проектов и процессов. В связи с этим во время проектирования системы было проведено упорядочивание и оптимизация существующих бизнес-процессов с

учетом требований реализуемых проектов и влияний внешней и внутренней среды с помощью процессного подхода.

### **Оценка эффективности показателей**

Для проведения оценки эффективности показателей на основе разработанных критериев выбран метод анализа иерархий [2]. Согласно Лунева Е. Е., структура модели принятия решения в методе анализа иерархий представляет собой схему (граф), которая включает:

- 1) набор альтернативных решений;
- 2) главный критерий рейтингования решений;
- 3) набор групп однотипных факторов, влияющих на рейтинг;
- 4) множество направленных связей, указывающих на влияния решений, критерия и факторов друг на друга.

Для ранжирования критериев в соответствии с методом МАИ необходимо разработать матрицу сравнительных суждений. Матрица сравнительных суждений является важной компонентой МАИ, в данной матрице значения элементов основаны не на точных измерениях, а на субъективных суждениях (эти матрицы подготавливаются экспертами).

На основании установленных сравнительных суждений разработанной матрицы определяются такие параметры, как максимальное собственное значение ( $\lambda_{max}$ ), индекс согласованности матрицы (ИС) и отношение согласованности (ОС) [3]. Вычисление данных параметров показывает насколько сравнительные суждения согласованы между собой.

**Заключение.** Результатом комплексного ранжирования показателей бизнес-процессов является однозначное выявление оптимальной информационной модели бизнес-процессов, которая является приоритетной для данного предприятия в конкретный момент времени. Внедрение выбранной информационной модели бизнес-процессов на предприятии позволяет значительно повысить эффективность труда, что положительно сказывается на рентабельности бизнеса.

Следует подчеркнуть, что автоматизация учетных задач и оперативного управления предприятием, сама по себе, как правило, не дает большого экономического эффекта. В ERP-проектах инвестиции начинают приносить реальную отдачу в том случае, когда информацией, которая обрабатывается на транзакционном уровне, начинают пользоваться управленцы. Именно поэтому так важно, используя технологии хранилищ данных, перейти к управленческому анализу учетной информации, к созданию систем планирования и контроля фактических данных.

### **Список литературы:**

1. Шехватов Д., Воронин А. Бережливое производство как элемент стратегий Кайдзен - [http://www.iteam.ru/publications/logistics/section\\_79/article\\_3093](http://www.iteam.ru/publications/logistics/section_79/article_3093);
2. Процессное управление проектной деятельностью приборостроительного предприятия. [Электронный ресурс]. — [2011]. — Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/a/2011/63.pdf>
3. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий.—М: Радио и связь, 1993. — 314 с.
4. Замятина О. М., Мозгалева П. И. Усовершенствование программы элитной технической подготовки: компетентностно-ориентированный подход // Инновации в образовании. 2013. № 10. С. 36-45

5. Гончарук Ю.О., Савинкина У.С., Мозгалева П.И., Замятина О.М. Использование интернет-технологий в организации проектной деятельности студента // Научно-методический электронный журнал "Концепт". 2013. № 3. С. 26-33.
6. Мозгалева П.И. Формирование проектной компетенции технического специалиста на примере проекта «полигон инновационного мышления» // В сборнике: Организация исследовательской деятельности детей и молодежи: проблемы, поиск, решения материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции. С. 302-304.

### **Автоматизация процесса зачисления в детский сад**

Мандрыкина Н.Е., Свиридова И.В.  
mnatashae@yandex.ru

*Научный руководитель: кандидат социологических наук, доцент, Игрунова С.В.,  
НИУ «БелГУ», факультет ИТиПМ, кафедра прикладной математики и  
информатики.*

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

На сегодняшний день актуальной социальной проблемой является очередь на устройство ребенка в детский сад. Данная проблема усугубляется отсутствием точной информации о состоянии очереди и ее структуре, без которой трудно обойтись как управлению образования, которое занимается распределением мест в детский сад. И не меньше это необходимо и родителям, которым необходимо устроить своего ребенка в детский сад.

Так же отсутствует единая очередь детей на уровне субъекта, что затрудняет возможность попасть в детский сад, находящийся вне вашего города. Помимо этого, в имеющихся списках, стоящих в очереди возможны повторения фамилий, что приводит к неэффективности данного списка и появлению ошибок. К этим негативным факторам работы обычной очереди можно еще добавить коррупционный фактор. Ни для кого не секрет что в настоящее время многие проблемы решаются при помощи знакомых и коррупционной деятельности органов власти.

Для решения этих проблем, органам власти необходимо реализовать подходящую систему, которая сможет выполнять следующие задачи:

6. организация единой очереди на уровне субъекта Российской Федерации;
7. обеспечение прозрачности очереди;
8. исключение повторяющихся детей, стоящих в очереди;
9. предоставление достоверной информации о состоянии очереди;
10. исключение коррупционного фактора;
11. обеспечение подачи заявки через порталы;
12. выполнять требований закона о персональных данных;
13. отправка необходимых уведомлений родителям ребенка.

На рынке программного обеспечения на данный момент существует достаточно большое количество информационных систем, для решения данной проблемы. Каждая информационная система работает по собственному принципу, но в любой

системе формируется электронная очередь. [1] Электронная очередь в детские сады – это электронный реестр, виртуальная очередь детей, собирающихся пойти в то или иное ДООУ.[3].

Для осуществления становления в информационную очередь сначала производится заполнение формы. Формы могут отличаться в разных системах, но должна быть занесена следующая информация:

14. Ф.И.О. ребенка;
15. сведения из свидетельства о рождении;
16. Ф.И.О. родителя, который ставит в очередь ребенка (обычно это мама);
17. адрес проживания ребенка родителя, который ставит ребенка в очередь;
18. контактные данные (телефон, адрес электронной почты);
19. наличие льгот (если есть);
20. номера детских садов, в которые родитель хотел бы записать ребенка (обычно это 3-5 вариантов).

Электронная очередь имеет как свои преимущества, так и недостатки. Преимущества электронной очереди в детский сад:

21. доступность (заполнить заявку на сад можно в любое время, в любом месте);
22. прозрачность очереди (есть возможность наблюдать продвижение в очереди);
23. возможность внесения изменений в заявки.

Недостатки электронной очереди:

24. недоверие граждан электронной очереди;
25. во многих регионах система записи работает в тестовом режиме;
26. несмотря на заполнение заявления в электронном виде, заявитель все равно должен представить документы.[4]

Поскольку существует большое количество информационных систем, способных организовывать электронную очередь, появляется необходимость выбрать подходящую для субъекта России. В данной проблеме нам поможет методика формализованной оценки информационной системы. Суть методики состоит в том, выделив положительные и негативные признаки, определив их коэффициенты весомости и градационные шкалы, а так же рассчитав количественные значения уровня шкалы можно точно определить какая система, для вас является более выгодной. Данная методика позволяет создать оценочный лист, по которому и возможно определить лучшую систему. [2]

Для нашего выбора необходимой системы, предлагаю свой оценочный лист.

Таблица 1. Оценочный лист

Признак	Удостоверение личности				Оценка, %
Градация	Удостоверение не требуется		Удостоверение требуется		
Значение	0		10		
Признак	Обновление				Оценка, %
Градация	Не обновляется	Обновляется 1 раз в год	Обновляется раз в 1-3 месяца	Обновляется по необходимости	
Значение	0	7	14	20	
Признак	Точность				Оценка, %
Градация	Не точная		Немного не точная	Точная	
Значение	0		15	30	

Признак	Формирование отчетов			Оценка, %
Градация	Можно сформировать отчет		Нельзя сформировать отчет	
Значение	0		10	
Признак	Быстродействие			Оценка, %
Градация	Медленное		Быстрое	
Значение	0		30	
Общая суммарная оценка позитивных свойств $\Sigma P^+_i(s)$ в %				
Признак	Цена			Оценка, %
Градация	Бесплатная	Платная с низкой ценой	Платная с высокой ценой	
Значение	0	25	50	
Признак	Ущерб			Оценка, %
Градация	Отсутствие ущерба		Присутствие ущерба	
Значение	0		25	
Признак	Справочная информация			Оценка, %
Градация	Справочная информация присутствует		Справочная информация отсутствует	
Значение	0		25	
Общая суммарная оценка негативных свойств $\Sigma P^-_j(s)$ в %				
Общая суммарная оценка эффективности использования				
Информационного ресурса $\Theta = \Sigma P^+_i(s) - \Sigma P^-_j(s)$ в %				

Отталкиваясь от данного оценочного листа, органы власти могут проанализировать существующие системы. А дальше остается только приобрести более выгодную систему и реализовать в данном субъекте Российской Федерации.

В заключении можно сказать автоматизация процесса зачисления в детский сад решит огромный ряд проблем в данной социальной сфере страны.

#### **Список литературы:**

1. Блюмин А.М., Феоктистов. Н.А. Мировые информационные ресурсы учебное пособие. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2010. — 296 с.
2. Телемтаев М.В. Информационные системы/М.В.Телемтаев. - М: МТС, 2010. - 65с.
3. Электронная очередь в детский сад [Электронный ресурс]. URL: [obmen-sadami.ru/articles/razvitie-i-vospitanie/doshkolnoe-obrazovanie/id-10/](http://obmen-sadami.ru/articles/razvitie-i-vospitanie/doshkolnoe-obrazovanie/id-10/) (дата обращения 30.03.2015).
4. Электронная очередь в детский сад — как встать [Электронный ресурс]. URL: [lgotnik.com/zakony/148-elektronnaya-ochered-v-detskiy-sad.html](http://lgotnik.com/zakony/148-elektronnaya-ochered-v-detskiy-sad.html) (дата обращения 30.03.2015).

## **Математическая модель системы активного поддрессоривания колесного транспортного средства**

Маслов В. Е.  
wado93@mail.ru

*Научный руководитель: аспирант Пякилля Б.И., ассистент кафедры ИКСУ, ИК, НИ ТПУ*

Движение колесных транспортных средств обычно сопровождается вибрациями и трясками, представляющими собой периодические колебания некоторой частоты и амплитуды. Данные возмущения оказывают отрицательное влияние на работу транспортного средства и на находящихся в нем пассажиров. Для уменьшения влияния этих колебаний и для обеспечения комфортности передвижения, разрабатываются различные системы стабилизации, обеспечивающие контроль вертикального положения кузова автомобиля, уменьшающие амплитуду и частоту колебаний. Такие системы обеспечивают равномерное распределение динамических нагрузок на опорные элементы и узлы транспортного средства при движении, что увеличивает их срок службы. Все существующие системы поддрессоривания автомобиля можно поделить на два типа: пассивные и активные.

Пассивные системы поддрессоривания обычно состоят из демпфирующих и/или упругих элементов, параметры которых (упругость и демпфируемость) не изменяются. Наиболее распространенные упругие элементы - это пружины, гидроцилиндры, пневмоцилиндры и листовые рессоры (обычно устанавливаются на грузовые автомобили). Наиболее распространенный демпфируемый элемент – цилиндр с поршнем, в котором есть специальные отверстия, через которые протекает жидкость или газ при перемещении поршня, создавая при этом вязкое трение. В наиболее продвинутых пассивных системах поддрессоривания используется совокупность демпфируемого элемента (поршень) и упругого (пружина). Такая система обеспечивает довольно хорошую степень стабилизации вертикального положения платформы транспортного средства при относительной простоте. Однако, т.к. параметры пассивных элементов не меняются, то существует вероятность того, что система стабилизации при движении транспортного средства по неровной поверхности попадет в резонанс и произойдет ее разрушение или ускоренный износ.

Сущность активных систем поддрессоривания заключается в том, что происходит изменение характеристик упругого и/или демпфируемого элемента в зависимости от изменения внешних воздействий.

При регулировании способности демпфирования амортизатора реализуется два подхода: использование электромагнитных клапанов в амортизаторной стойке и применение специальной магнитно-реологической жидкости для наполнения амортизатора. Вид активной подвески, в конструкции которой используются амортизаторы с регулируемой степенью демпфирования, имеет собственное устоявшееся название – адаптивная подвеска. Яркими примерами существующих адаптивных подвесок являются:

- Adaptive Chassis Control, DCC (Volkswagen);
- Adaptive Damping System, ADS (Mercedes-Benz);
- Adaptive Variable Suspension, AVS (Toyota);
- Continuous Damping Control, CDS (Opel);
- Electronic Damper Control, EDC (BMW) [1].

Изменение характеристики упругого элемента можно осуществить путем увеличения жесткости рабочей пружины, которая меняется с помощью гидропривода, нагнетающего масло в амортизаторную стойку под высоким давлением (данный метод используется в подвеске Active Body Control, ABC от Mercedes-Benz).

Существующие системы стабилизации вертикального положения подвески транспортных средств уже достигли хороших результатов. Отличными примерами являются: Airmatic Dual Control и Active Body Control от Mercedes-Benz, Adaptive Chassis Control от Volkswagen, Continuous Damping Control от Opel и т.д. [1]. На текущий момент на главный план выходит минимизация амплитуд возникающих колебаний и их частота.

Главная задача при проектировании системы стабилизации заключается в синтезе регулятора, позволяющего контролировать вертикальное положение кузова, т.е. напрямую обеспечивать комфорт пассажиров транспортного средства и устранять влияние периодических колебаний, наличие которых обусловлено профилем местности. Для синтеза регулятора системы стабилизации необходимо иметь математическое описание объекта управления. В данном случае, таким объектом управления является кузов автомобиля, изменение положения которого следует измерять с помощью системы датчиков и передавать полученную информацию в систему управления.

В соответствии с поставленной задачей синтеза регулятора можно выделить следующие этапы:

Анализ существующих систем активного поддрессоривания.

Разработка математической модели в виде операторно-структурной схемы для описания объекта управления.

Анализ построенной модели.

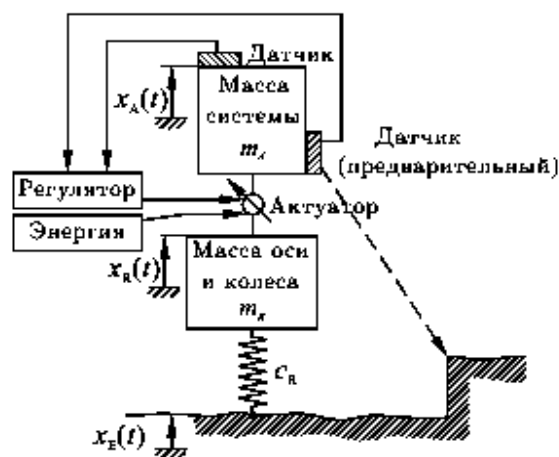
Определение диапазонов изменения параметров упругого элемента.

Синтез регулятора.

Проведение компьютерных экспериментов (моделирование синтезированной системы стабилизации).

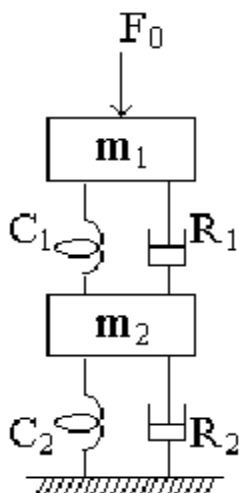
Анализ результатов моделирования.

На рисунке 1 показана упрощенная схема системы активного поддрессоривания для одного колеса транспортного средства [2].



**Рисунок 5. Схема системы активного поддресоривания для одного колеса транспортного средства**

Синтез регулятора будет проводиться с помощью математического пакета MATLAB, поэтому необходимо создать математическую модель системы в виде операторно-структурной схемы. Создание модели начнем с моделирования объекта управления с последующим введением в модель обратной связи и регулятора. На рисунке 2 приведена кинематическая схема пассивной системы поддресоривания.



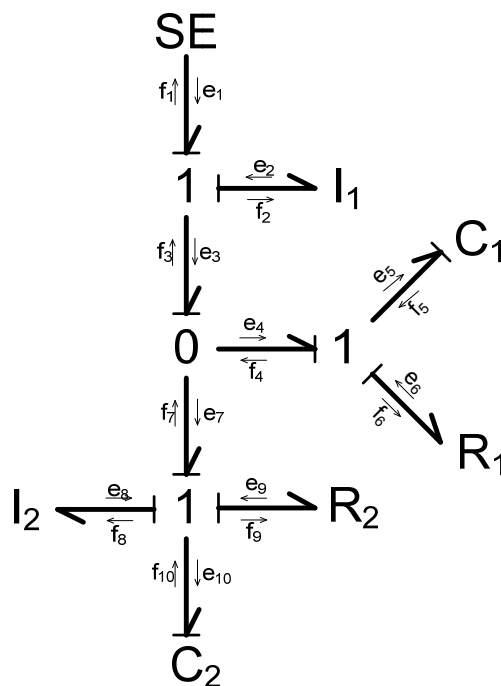
**Рисунок 6. Кинематическая схема пассивной системы поддресоривания**

В вышеприведенной схеме учитываются массы оси и колеса ( $m_2$ ), масса кузова при учете равномерного распределения масс на колеса ( $m_1$ ), жесткость пружины амортизатора и колеса ( $C_1$  и  $C_2$ ), демпфируемость поршня в системе амортизации ( $R_1$ ) и демпфируемость колеса ( $R_2$ ).

Переход от кинематической схемы к операторно-структурной схеме произведем с использованием методов графов связи [3].

Граф связи для исследуемой системы с расставленными причинными отношениями и направлениями потоков и усилий показан на рисунке 3.

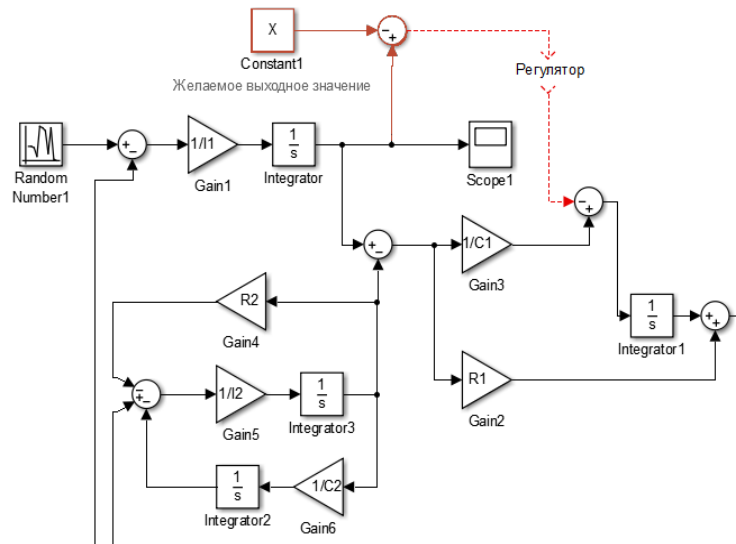




**Рисунок 7. Граф связи моделируемой системы**

В вышеуказанном графе приняты следующие обозначения:  $f_i$  – поток  $i$ -ой связи.  $e_i$  – усилие  $i$ -ой связи. SE – источник усилия.  $I_j$  – инерционность  $j$ -того элемента системы.  $R_j$  – демпфируемость  $j$ -того элемента системы.  $C_j$  – упругость  $j$ -того элемента системы.

По графу связи, приведенному на рисунке 3, очень просто построить операторно-структурную схему. Она показана на рисунке 4.



**Рисунок 8. Математическая модель системы активного подрессоривания в виде операторно-структурной схемы**

На рисунке 4 красными линиями выделена цепь обратной связи и синтезируемый регулятор. Работу математической модели проектируемой системы стабилизации

можно описать следующим образом. На вход модели подается сигнал, произвольно меняющий свое значение с течением времени в пределах фиксированной величины, эквивалентный неровностям дороги. Данный сигнал проходит через подсистемы колеса и регулируемого амортизатора, после чего попадает на выход и в цепь обратной связи, где сравнивается с требуемым значением уровня кузова автомобиля относительно поверхности дороги. Выходное значение всей системы соответствует текущей высоте кузова транспортного средства относительно поверхности дороги. Регулятор в цепи обратной связи, в зависимости от полученного сигнала, выдает управляющие команды на гидропривод, который будет изменять характеристики упругого звена в подсистеме амортизатора, тем самым обеспечивая системе управляемость.

Таким образом, в результате данной работы был проведен анализ существующих систем подрессоривания, было получено математическое описание системы стабилизации вертикального положения колесного транспортного средства, для которой в дальнейшем будет синтезироваться регулятор. Данный регулятор позволит системе автоматически менять характеристики упругого звена в зависимости от внешних воздействий, что приведет к увеличению управляемости транспортного средства и улучшению комфортности передвижения для пассажиров.

#### **Список литературы:**

1. Информационный портал Systemsauto.ru [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://systemsauto.ru/pendant/active\\_suspension.html](http://systemsauto.ru/pendant/active_suspension.html). Свободный.
2. Хайманн Б., Герт В., под редакцией Репецкого О.В. Мехатроника. – Ганновер, 2008 г., 445 с.
3. Воронин А.В. Моделирование мехатронных систем: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томский политехнического университета, 2008 г., 137 с.

#### **Система "Умный дом"**

Д.Ю. Найбауэр, М.Е. Волшин  
[nephelim1994@gmail.com](mailto:nephelim1994@gmail.com), [megamax42rus@gmail.com](mailto:megamax42rus@gmail.com)

*Научный руководитель: Тутов И.А., ассистент кафедры ИКСУ ИК ТПУ*

В настоящее время человечество развивается бурными темпами. Темп жизни людей растёт, требуя всё больше и больше времени. И порой простые, казалось бы, безобидные, домашние заботы отнимают львиную долю суточного времени.

Например, после напряжённой рабочей недели вы решили приготовить какое-нибудь вкусное блюдо, но совсем забыли, что у вас закончилось молоко. Вот вы пришли домой не со всеми ингредиентами, и приходится обратно идти в магазин.

Или другой пример, уходя на работу, вы забыли закрыть шторы, а окно находится на солнечной стороне. В результате вечером мы приходим в душную квартиру и открываем форточку. А ведь если её забыть закрыть, то за ночь можно и простудиться.

#### **Постановка задачи**

Разработать автоматизированную интегрированную систему мониторинга и управления бытовыми объектами через web-интерфейс.

#### **Общая концепция технической части**

Техническая часть состоит из серверного блока, нескольких типов универсальных клиентских (периферийных) блоков персональных пультов управления. Каждый блок содержит в себе радиоприёмник и радиопередатчик, работающие на свободном радиолюбительском диапазоне 433MHz. Задача которых устанавливать логическое соединение для передачи команд и/или параметров между блоками (не только клиент-сервер, но и клиент-клиент). Для клиентских модулей доступны следующие опции:

- 16 дискретных входа/выхода с функцией ШИМ (для управления различными реле и прочих маломощных исполнительных механизмах);
- 8 аналоговых входов (для снятия показаний с аналоговых датчиков, например датчик освещённости и температуры);
- 8/16 силовых выхода 12-48/220V с функцией ШИМ и встроенным амперметром (для управления питанием мощных электроприборов, например освещение, вентиляция);
- Считыватель RFID меток (пластиковые карты с магнитными метками);
- Считыватель ключей iButton
- ИК приёмопередатчик (для возможности работы с пультами от бытовой техники, а так же управления ею, например телевизором);
- GSM модуль (для рассылки уведомлений и приёма команд).

С перечисленным выше функционалом модулей можно управлять практически любыми бытовыми приборами, реализовывая экзотические алгоритмы и условия. Например:

- События на срабатывание будильника: включить новости по телевизору, включить чайник, прогреть автомобиль;
- Утреннее проветривание жилого помещения (нужны механизированные исполнительные механизмы);
- Выключение телевизора и освещения при длительном не срабатывании датчика движения (если человек уснул) или наоборот (если нельзя засыпать);
- Автоматическое открывание гаражных ворот при подъезде на автомобиле (на основе RFID меток);
- Контроль количества еды на полочках холодильника для помощи в составлении или для автоматического составления списка продуктов + напоминания об этом;
- Уведомления по окончанию приготовления еды в духовке/мультиварке;
- И многое другое на что хватит фантазии и физических средств исполнения.

#### **Серверная часть**

Для простой реализации конечному пользователю таких алгоритмов, нужен интуитивно понятный web-интерфейс. Использование web-интерфейса даёт возможность задавать алгоритмы с любого устройства, где есть web-браузер, что делает систему более гибкой.

Серверная часть реализована на маломощном компьютере с обычной x86 архитектурой процессора и операционной системой на базе ядра Linux. Использование Linux позволит в дальнейшем перейти на компьютеры/микроконтроллеры других архитектур. Таких как ARM (используются

в смартфонах), MIPS (широко используется в домашних Wi-Fi роутерах). В дальнейшем планируется перенос серверной программной части именно на Wi-Fi роутер, так как это значительно сократит энергопотребление по сравнению с компьютером, у которого вычислительных мощностей во много раз больше чем этого необходимо, а также значительно выиграет в цене.

Разработка алгоритмов ведется на языке программирования высокого уровня C++, так как он предоставляет широкие возможности для разработки и не требует дополнительных программ<sup>1</sup>. Для каждого модуля будет создан свой алгоритм выполнения, соответствующий функциям, которые он должен будет выполнять. При этом модули будут независимы друг от друга, что позволит создавать определенные наборы из модулей.

### **Заключение**

Таким образом, изложена довольно мощная идея, воплощение которой состоит из различных модулей для разных целей, часть которых разработана, а часть ещё предстоит разработать. На данном этапе заложена идея и базовая её реализация, а именно протокол беспроводной связи и протокол обмена данными между модулями. В дальнейшем на пути коммерциализации эти протоколы будут шифроваться, для обеспечения должного уровня безопасности. Плюсы системы в том, что она легко расширяется и внедряется, так же никаких нет препятствий для разработки новых модулей с новым функционалом, так как все они общаются по одинаковым протоколам. Серверная часть будет периодически обновляться и расширяться в плане функционала и возможных готовых алгоритмов.

### **Список литературы:**

1. Программирование в Linux с нуля. URL: <http://www.opennet.ru/docs/RUS/zlp/zlp-prog.html.gz> (дата обращения: 10.03.2015).

## **УДК 62.396**

### **Моделирование работоспособности клапана с гофрированным запорным органом в современных программных комплексах инженерного анализа**

Попова Е.С., Нгуен Ши Хьен  
liza@istu.edu, syhiendk35@gmail.com

*Научный руководитель: д.т.н., профессор, Кольцов В.П., ИрНИТУ*

Компьютерное моделирование, возникшее как одно из направлений математического моделирования с развитием информационных компьютерных технологий стало самостоятельным и важным направлением исследований. С развитием уровня программного обеспечения и постоянным совершенствованием алгоритмов инженерных исследований, у современных исследователей появляется все больше возможностей для виртуального решения сложных проектных, расчётных и научных задач[7].

Целью этой работы является виртуальная проверка работоспособности новой конструкции клапана и определение предварительных размеров по результатам моделирования клапана в системе инженерного анализа SIMULA/Abaqus.

На рисунке 1 представлена исследуемая схема клапана с гофрированным запорным органом.

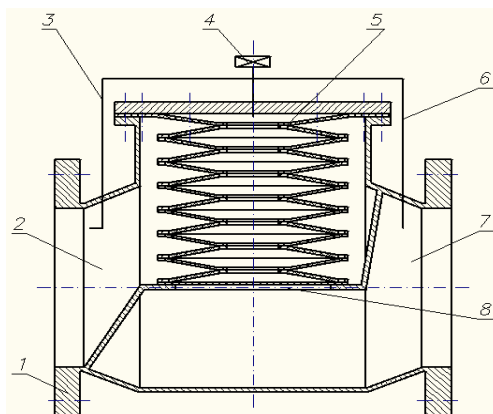


Рисунок 1. Схема конструктивного варианта клапана с гофрированным запорным органом

Конструктивно клапан представляет следующее. В корпусе 1 выполнено цилиндрическое расширение, ось которого перпендикулярна оси корпуса. В расширении установлена эластичная гофрированная ёмкость 5, закреплённая в верхней части и выполняющая роль запорного органа. Вход клапана 2 соединён с эластичной ёмкостью 5 патрубком 3 через трёхходовой кран 4. Этот же трёхходовой кран 4 через патрубок 6 соединяет эластичную ёмкость 5 с выходом клапана 7. Отверстие 8 в седле корпуса соединяет вход 2 и выход 7 клапана.

Запорное устройство работает следующим образом. При закрытии устройства рабочая среда от входа клапана 2 через патрубок 3 и трёхходовой кран 4 подаётся в полость упругого эластичного рукава 5, который расправляется и перекрывает отверстие 8 в седле корпуса 1 клапана. Перекрытие устройства может осуществляться вследствие упругих свойств материала эластичного рукава 5 и давления среды, подаваемого из трубопровода. При открытии клапана эластичный рукав 5 через кран 4 и патрубок 6 подключается к выходу клапана 7, где давление существенно ниже, чем на входе клапана 2. Рабочая среда из упругого эластичного рукава 5 сбрасывается, эластичная гофрированная оболочка упругого рукава деформируется и отходит, освобождая проходное сечение 8 [1] [5].

Особенностью этой схемы является использование давления транспортируемой жидкости для переключения запорного органа [2].

Процесс исследования конструкции начинается с создания расчетной модели. Для получения точных результатов необходимо построение расчетных моделей близких к реальным, то есть содержащих все особенности конструкции, т. е. отверстия, вырезы и т. д.

При моделировании корпуса форма и размеры деталей клапана выбирались в соответствии с действующими ГОСТами и стандартами для трубопроводной арматуры.

Создание 3D модели вентиля и пластин гофрированных оболочек выполнено с помощью системы автоматизированного проектирования Autodesk Inventor методом параметрического моделирования (см. рисунок 2) [3].

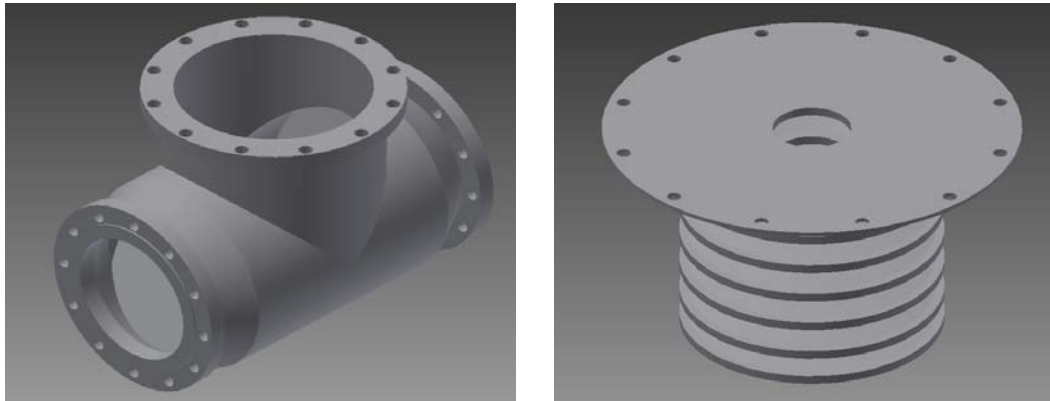


Рисунок 2. Построение 3D модели клапана (корпус и гофра)

Одним из типов параметризации является табличная параметризация, которая заключается в создании таблицы размеров типовых деталей. Создание нового варианта модели производится путём выбора из таблицы типоразмеров. Табличная параметризация находит широкое применение во всех параметрических *системах автоматизированного проектирования* (САПР), поскольку позволяет существенно упростить и ускорить создание библиотек стандартных и типовых деталей, а также их применение в процессе проектирования[6].

Табличная параметризация исследуемого клапана в среде Autodesk Inventor реализуется с помощью стандартного приложения Microsoft Office Excel 2010. Таблица размеров включает в себя информацию о размерах и связях между параметрами, которые могут быть изменены в процессе работы. Таким образом, с помощью табличной параметризации Autodesk Inventor позволяет автоматически перестраивать геометрию детали путём изменения конструктивных размеров (см. рисунки 3 и 4) [3].

	A	B	C	
1	Name	Value	Dimension	
2	z1	300	мм	Внутренний диаметр
3	z2	19	мм	Толщина корпуса
4	z3	350	мм	Длина цилиндрической части
5	z4	70	мм	Длина наклонной части
6	z5	250	мм	Высота гнезда
7	z6	120	град	Угол наклона верхней части

	A	B	C	
1	Name	Value	Dimension	
2	z1	300	мм	Внутренний диаметр
3	z2	19	мм	Толщина корпуса
4	z3	600	мм	Длина цилиндрической части
5	z4	70	мм	Длина наклонной части
6	z5	350	мм	Высота гнезда
7	z6	120	град	Угол наклона верхней части

Рисунок 3. Таблицы параметров в Microsoft Office Excel 2010

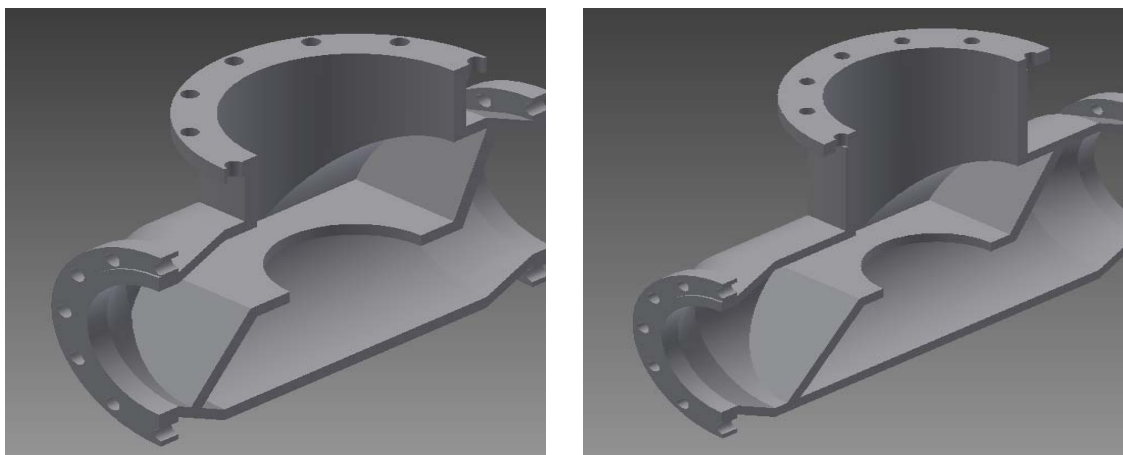


Рисунок 4. Результаты автоматического изменения геометрии в Autodesk Inventor

Для дальнейших исследований созданную модель необходимо экспортировать файлом с определённым расширением (\*.step, \*.x\_t, \*.x\_b, \*.igs), который будет использован для импорта в другие программные комплексы инженерного анализа, такие как MSC.Patran/Marc и SIMULIA/Abaqus.

Для предварительного исследования работоспособности клапана был выбран инженерный комплекс SIMULIA/Abaqus. Это программный комплекс мирового уровня в области конечно-элементных расчетов на прочность, с помощью которого можно получать точные и достоверные решения для самых сложных линейных и нелинейных инженерных задач. Семейство продуктов Abaqus разрабатывается и поддерживается компанией Abaqus, Inc. (USA) с 1978 года. SIMULIA/Abaqus работает на всех основных платформах операционных систем[4].

Использование подобных программных продуктов позволяет проводить реальное моделирование конструкций, что уменьшает число необходимых натурных экспериментов. Так как гофра является сложной деталью с многочисленными поверхностями и узлами, с целью уменьшения размерности задачи и ускорения процесса расчета, мы строим геометрическую модель гофрированной оболочки и Эйлера домена жидкости клапана в виде квази-3D модели (см. рисунок 5) для исследования методом CEL (Coupled Eulerian-Lagrangian). Переход от 3D модели к квази-3D в Autodesk Inventor выполнен в результате отсечения участка основной 3D модели рабочими плоскостями, построенными на расстоянии 3 мм от основной оси симметрии.



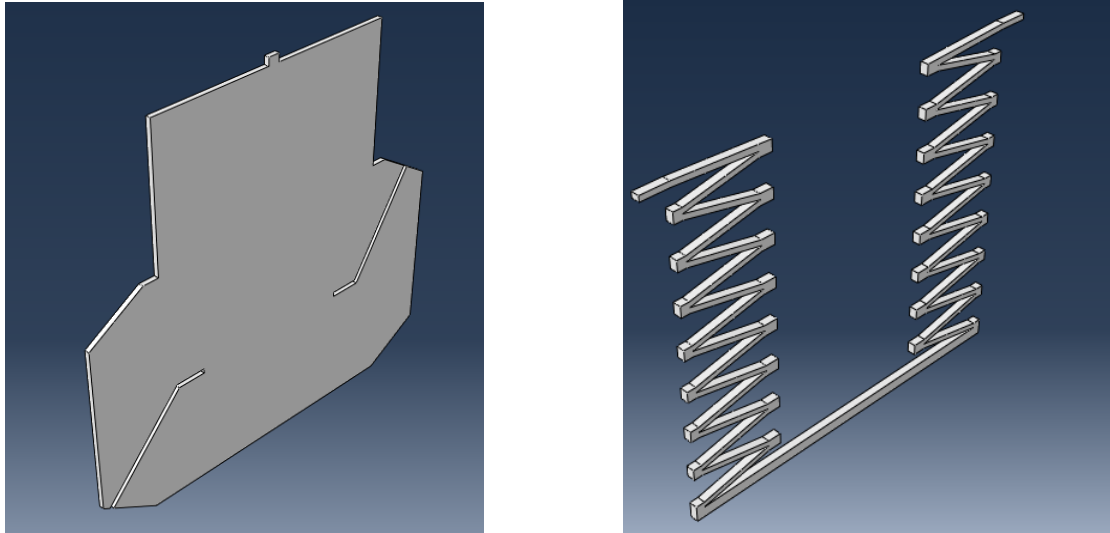


Рисунок 5. Квази-3D модель клапана (Эйлеров домен жидкости и гофра)

Одной из особенностей Abaqus является использование модулей, каждый из которых содержит некоторый набор действий, близких по значению и необходимых для построения конечно-элементной модели и дальнейших операций с ней. Это упрощает и делает более наглядной работу в Abaqus.

Ниже представлен порядок проведения исследования модели клапана в программе SIMULA/Abaqus по необходимым модулям.

Основным модулем программы является модуль **PART**, предназначенный для создания деталей, создания их геометрии, опорных точек и систем координат. Для исследования нашей модели импортируем файлы, которые были экспортированы в Autodesk Inventor с расширением \*.step. При этом каждый импортируемый файл является отдельным объектом (Parts). Для Эйлерова домена жидкости выберем тип *Eulorian (жидкость)*, а для гофрированного органа тип *Deformable (Деформируемый)*.

Для задания свойств материалов, сечений, применяемых в модели необходимо перейти в модуль **PROPERTY**. В этом модуле задаем материалы жидкости и резины, потом присваиваем модели материалов Эйлерову домену жидкости и гофрированному органу.

Для проведения исследований для гофрированной оболочки был выбран материал - резина марки 153Г, ТУ 2512-046-00152081-03, плотность  $\rho = 1120 \text{ кг/м}^3$ .

В качестве жидкости выбирается вода: плотность  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ , константа  $C_0$  материала Us-Up 1480 м/с (это соответствует скорости звука в воде, которая определяет ее сжимаемость).

В следующем модуле **ASSEMBLY** мы задаем взаимное расположение деталей в сборке. С помощью функциональной кнопки *Merge/Cut Instances*, можно создать вспомогательную часть Эйлерова тела, которая определяет область начального расположения жидкости.

Для создания шагов расчета и определения выходных данных по результатам используется следующий модуль **STEP**, для исследования модели выберем процедуру решения *Dynamic, Explicit (Динамическая, Явная)*.

В модуле **INTERACTION** определяем контактные взаимодействия между стенками Эйлерова тела и оболочечным элементом.



С помощью модуля **LOAD**, определяем граничные условия Эйлера домена: вход, выход, стенки, симметрии, и также граничные условия оболочного элемента: симметрии, жесткую заделку. Для определения начального положения воды создаем *Discrete Field* (Дискретное поле), *Predefined Field* (Предопределенное поле) и с их помощью задаем взаимное положение между Эйлеровым телом и его вспомогательной частью.

Построения конечно-элементной сетки реализуется в модуле **MESH**. Для проведения наиболее точных расчетов необходимо выбрать определенный тип элементов. Тип элементов *EC3D8R* подходит для разбиения Эйлера тела и *C3D8IH* для разбиения эластичного элемента клапана.

Для создания файла выходных данных, проверки построенной модели, запуска вычислительного процесса и контроля над ним используется модуль **JOB**, в котором во время анализа модели можно проследить процесс расчета и выявления ошибок. Результаты расчета и обработки полученных данных просматриваются в модуле **VISUALIZATION**. В данной работе рассматриваются два случая работы клапана: закрытия и открытия, результаты исследования которых после расчета приведены в рисунках 6 и 7.

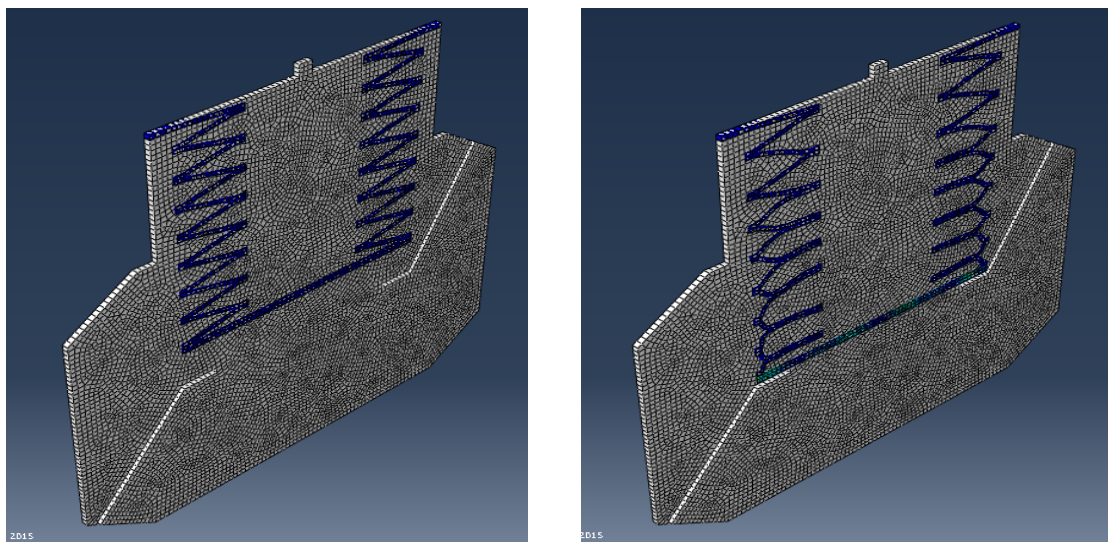


Рисунок 6. Процесс работы гофрированного органа при закрытии трубопровода (начальное состояние и закрытое состояние трубопровода)

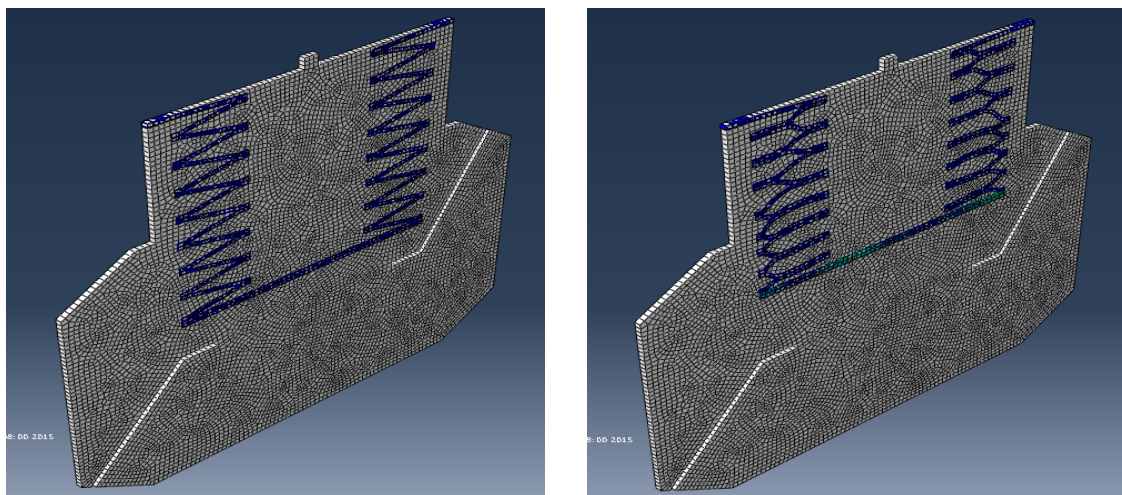


Рисунок 7. Процесс работы гофрированного органа при открытии трубопровода (начальное состояние и открытое состояние трубопровода)

В процессе работы для ускорения и удобства использования основных функций и наглядного представления элементов модели в SIMULA/Abaqus используется *дерево модели*. Каждый элемент в *дерево модели* отвечает за работу с конкретным модулем и изменение свойств модели[4].

Предварительные испытания с помощью SIMULA/Abaqus подтвердили работоспособность конструкции в случае, как закрытия, так и открытия клапана под действием транспортируемой жидкости

Дальнейшие испытания задвижки позволят определить граничные условия работы гофрированного органа, его оптимальные размеры и количество пластин гофры.

#### Список литература:

1. Патент РФ № 2299373 МКИ<sup>3</sup> кл. F16K 7/07, 27/00. Шланговый клапан (варианты) / Кольцов В.П., Евстафьев С.Н., Майзель И.Г., Чупин В.Р. Опубл. 20.05.2007. Бюл. № 14 С. 14.].
2. В. Н. Шихирин, В. Ф. ИONOва, О. В. Шальнев, В. И. Котляренко. Эластичные механизмы и конструкции: Монография. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006. - С.40-42.
3. Справочное руководство по Autodesk Inventor, Autodesk Inc., 2014.
4. Методическое пособие по SIMULA/Abaqus «Abaqus для начинающих», Abaqus Inc., 2010.
5. В.П. Кольцов, Е.С. Попова, Е.О. Герасимова. Трубопроводная арматура нового поколения. – Вестник ИрГТУ. – Иркутск, 2011, №9.
6. Электронный ресурс: [http://ru.wikipedia.org/wiki/параметрическое\\_моделирование](http://ru.wikipedia.org/wiki/параметрическое_моделирование)
7. Электронный ресурс: [http://informatika.kspu.ru/mproj/umk\\_modeling/lection1.php](http://informatika.kspu.ru/mproj/umk_modeling/lection1.php)

## **Проектирование управляющего звена в системе поворота антенн космического аппарата на базе программируемого логического контроллера Siemens S7-1200**

Трапп С. А., Маслов В. Е.  
[Gedeon@sibmail.com](mailto:Gedeon@sibmail.com)

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

В данной статье рассматривается необходимый элемент функционирования космических аппаратов - система поворота антенн, обеспечивающая связь с Землей, ее структура, функциональные блоки и назначения каждого блока. В качестве средства тестирования функционирования системы в земных условиях используется недостающий элемент – КПА. В этой работе рассматривается способ реализации КПА с помощью ПЛК. Обусловлены критерии выбора ПЛК Siemens S7-1200 в качестве базы построения КПА, предоставлены основные способы его программирования и возможности использования исследуемой системы в образовательных целях.

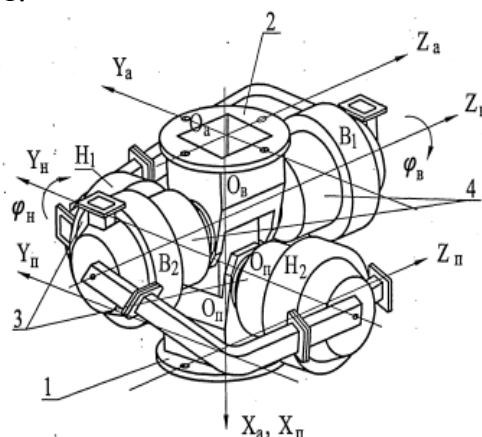
Ракетно-космическая промышленность России является одной из самых развитых во всем мире. Согласно сторонним источникам[1] доля России в мировом рынке космических услуг составляет 11% и правительство ставит перед собой цель в ближайшее время достигнуть отметки в 25%. Космической промышленностью в РФ занимается более 60 предприятий, из которых следует выделить ОАО «Информационные Спутниковые Системы» имени академика М.Ф. Решетнёва», производящее более 70% всех российских спутников.

В настоящее время трудно переоценить значимость исследования космического пространства и важность его освоения, поскольку результаты научно-технической деятельности в ракетно-космической промышленности нашли широкое применение во всех сферах деятельности человека современного общества. Примерами благ, созданных благодаря научно-технической деятельности в этой сфере, могут служить различные системы геолокации, связи, слежения, а также система ГЛОНАСС. Таким образом, становится понятным необходимость дальнейшего развития космических технологий. Использование всех этих достижений невозможно осуществить без постоянного присутствия космических аппаратов (КА) в космическом пространстве. Поскольку средняя «продолжительность жизни» КА невелика (примерно 4-6 лет), требуется их непрерывное производство и их непрерывного усовершенствования. Эти улучшения должны быть в первую очередь направлены на увеличение срока службы КА и уменьшения стоимости его запуска.

ОАО ИСС имени академика М.Ф. Решетнева предоставило ТПУ некоторые системы, обеспечивающих функционирование КА (система поворота антенн(СПА) и привод батареи солнечной(ПБС). В рамках представленной работы ведется деятельность с СПА. СПА состоит из нескольких функциональных блоков: блок механический БМ, блок электронный БЭ. БЭ включает в свою очередь блок управления приводами(БУП) и контрольно-поверочную аппаратуру(КПА).

БМ СПА представляет собой два привода, обеспечивающих вращение антенн в двух взаимно перпендикулярных плоскостях в пределах заданных диапазонов углов с заданной точностью и передачи СВЧ сигнала. БМ СПА так же предназначен для вращения ротора вращающегося трансформатора(ВТ) для получения информации об

угле поворота антенн. [1,с.33] Схема расположения элементов и осей БМ СПА предоставлена на рисунке 1.



- 1 – посадочная плоскость БМ СПА;
- 2 – посадочная плоскость под антенну;
- 3 – привод Н (нижний);
- 4 – привод В (верхний);
- $\varphi_H$  – угол поворота привода Н;
- $\varphi_V$  – угол поворота привода В;
- $O_V Z_V$  – ось вращения привода В;
- $O_H Y_H$  – ось вращения привода Н;
- $X_П, Y_П, Z_П$  – система координат, связанная с посадочной плоскостью БМ СПА;
- $X_A, Y_A, Z_A$  – система координат, связанная с посадочной плоскостью под антенну.

*Рисунок 1. Схема расположения элементов и осей БМ СПА*

Блок управления приводами(БУП) представляет собой программируемое логическое устройство, выполняющее следующие функции:

- Прием управляющих команд
- Управление угловым положением приводов, в зависимости от величины цифрового управляющего сигнала.
- Управление движением приводов с постоянной скоростью при работе по командам ручного управления.
- Формирование и выдачу информации в виде последовательного кода об углах поворота ВТ.
- Коммутацию цепей электрообогревателей, установленных в БМ СПА на шины питания.
- Формирование и выдачу телеметрических и технологических сигналов [2,с.9].

КПА СПА представляет собой имитацию бортового компьютера КА и предназначена для тестирования СПА в специальных условиях[3 с. 45]. КПА представляет собой габаритное массивное устройство, и оно не было получено от предприятия, поэтому для использования СПА в учебно-научных целях необходимо спроектировать собственное КПА, опираясь на параметры сигналов БУП.

Первостепенными задачами, поставленными при выполнении данной работы, являются выбор подходящего логического устройства и изучение технической документации по исследуемой системе.

В качестве устройства, на котором будет выполняться КПА, выбран программируемый логический контроллер(ПЛК) Siemens s7-1200. Данный ПЛК обеспечивает гибкость и поставляет достаточную мощность для управления широким кругом устройств в сфере автоматизации, имеет малые

размеры(110x100x75) и массу(475 г.), что является весомым преимуществом перед устаревшим оборудованием, поскольку доставка на орбиту каждого лишнего килограмма ведет к увеличению затрат на топливо. Благодаря широким возможностям, данный контроллер можно использовать в качестве объекта изучения в комплексе лабораторных работ по различным дисциплинам.

Программирование контроллера осуществляется благодаря программному обеспечению STEP 7 Basic, представляющее из себя удобную среду для разработки, редактирования и контроля логики. Программирование может осуществляться на двух разных языках: LAD(язык программирования релейно-лестничной логики стандарта МЭК 61131-3) и FBD(графический язык программирования стандарта МЭК 61131-3 в виде функциональных блоковых диаграмм) [4,с.52].

На рисунке 2. Показан интерфейс программной среды STEP 7 Basic и реализация простой программы на языке LAD.

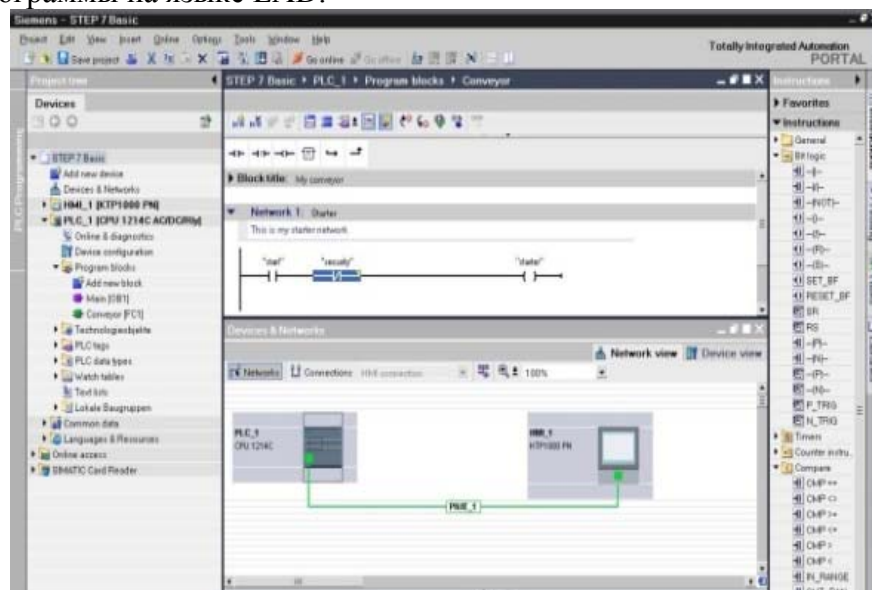


Рисунок. 2. Интерфейс программной среды STEP 7 Basic

Выбор данного контроллера обусловлен следующими критериями:

- Наличие необходимого количества входных и выходных портов;
- Подходящее номинальное напряжение(У ПЛК – 24 В с допуском от 20.4 до 28.8 В. Для корректной работы приводов поворота антенн требуется напряжение от 23 до 31 В.)
- Предприятие-партнер(ИСС имени академика М.Ф. Решетнева) использует контроллеры фирмы Siemens для решения задач контроля технологических процессов.
- Универсальность
- Долговечность, надежность
- Малая масса и размеры при широком функционале.

Следует также выделить задачу прошивки ПЛК для реализации обширного списка команд, например, команд включения/отключения ручного управления поворотами приводов, отключение/включение первой/второй секции электрообогревателя, включения/отключения БУП и т.д.

Выбранный контроллер является весьма универсальным. Его выбор, а также разносторонность исследуемой системы, открывает возможность создания лабораторного стенда с комплексом методических указаний по ряду следующих



дисциплин: электропривод(изучение электро-механических характеристик самих приводов СПА), микропроцессорная техника(программирование в среде Step 7 Basic), математическое моделирование(использование существующей системы в качестве объекта исследования). Такой стенд будет крайне полезен, поскольку работа с ним позволит студентам получать навыки работы с реальными системами.

На данном этапе научной работы изучена конструкторская документация каждого структурного блока СПА и на ее основе исследован принцип действия всей системы, подобрана аппаратная часть для реализации КПА и разработаны алгоритмы отработки контроллером вход-выходных связей, получаемых с БУП, а так же разработана принципиальная схема подключения ПЛК к БУП, показанная на рисунке 3.

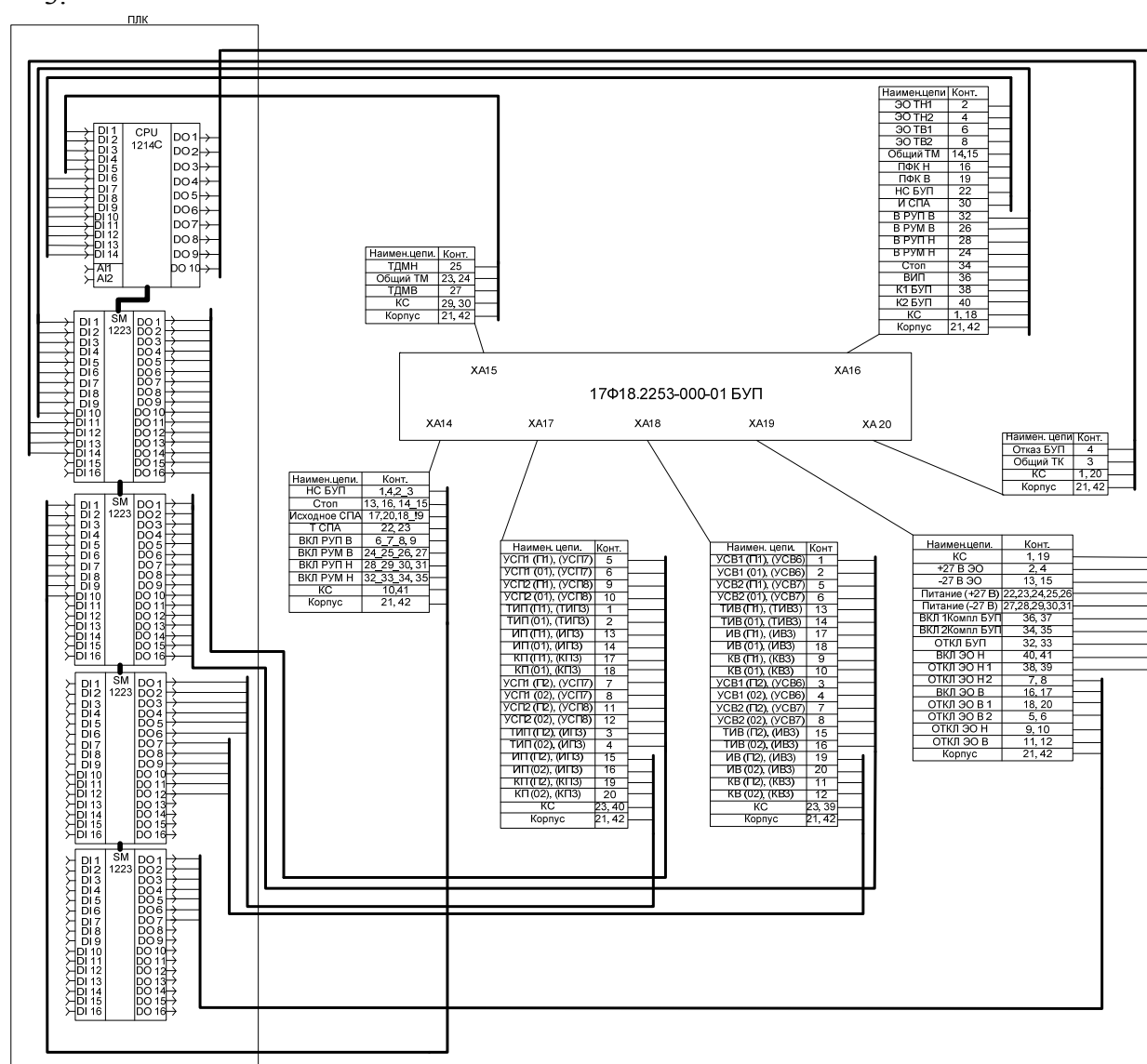


Рисунок 3. Принципиальная электрическая схема соединения ПЛК и БУП

1. Список литературы:
2. Электронная газета: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.newizv.ru/lenta/2006-07-06/49718-k-2015-godu-rossija-zajmet-15-mirovogo-rynka-kosmicheskikh-uslug.html>. Свободный.

3. ОАО ИСС. Блок механической системы поворота антенн 17Ф18.3470-000. Технические условия 17Ф18.3470 ТУ – 1986 г., 51 с.
4. ОАО ИСС. БУП СПА Техническое описание и инструкция по эксплуатации. 17Ф18.2253-01 ТО, 1986 г., 42 с.
5. Siemens S7. Программируемый контроллер S7-1200. Системное руководство, 2009 г., 397 с.

### **Идентификация остановок в городской улично-дорожной сети по их текстовым описаниям с использованием маршрутных схем, представленных графом**

Чинь А.З., Погребной В.Ю.  
[tad3012@gmail.com](mailto:tad3012@gmail.com)

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Фадеев А.С., кафедра АиКС, ТПУ*

В настоящее время транспортная отрасль является одной из наиболее проблемных областей, с которой сталкивается быстро развивающееся население больших городов. С помощью высоких технологий, в том числе информационных, многие транспортные проблемы уже полностью или частично решены. Однако, существует ряд нерешенных задач, для которых требуется совместное глубокое изучение и исследование в разных областях, например в математике, информатике, социальном управлении и т.д. В зависимости от особенностей местности, города и страны существуют различные транспортные задачи, которые нуждаются в различных методах их решения.

В Томске имеется множество транспортных проблем разной сложности. Одной из таких проблем является низкое качество обслуживания населения в сфере перевозок общественным транспортом. Для повышения эффективности пассажирских перевозок и качества обслуживания населения города Томска посредством различных информационных сервисов была поставлена задача идентификации остановок в городской улично-дорожной сети по их текстовым описаниям. Решение этой задачи требует применения знаний из нескольких научных дисциплин, в том числе методов обработки естественных (человеческих) языков и теории графов. Обработка естественного языка (ОЕЯ, англ. язык Natural language processing, NLP) представляет собой общее направление компьютерной науки, искусственного интеллекта и математической лингвистики, изучающее проблемы компьютерного анализа и синтеза естественных языков. ОЕЯ относится к области человеко-машинного взаимодействия. Сложность ОЕЯ заключается в непонимании естественных языков машинами [1]. Теория графов (англ. язык Graph theory) — это раздел математики и компьютерной науки, изучающий графы, которые представляют собой математические структуры, используемые для представления отношений между объектами. Граф всегда состоит из двух частей: множества вершин — это сами объекты в структуре, и множества ребр — отношения между объектами. В рамках задачи идентификации объектов городской маршрутной сети знания в области обработки естественного языка используются для синтаксического анализа текстовых сообщений, а знания теории графов — для построения и дальнейшего применения модели маршрутной сети города.

Структура маршрутной сети города Томска изображена на **Ошибка! Источник ссылки не найден..**

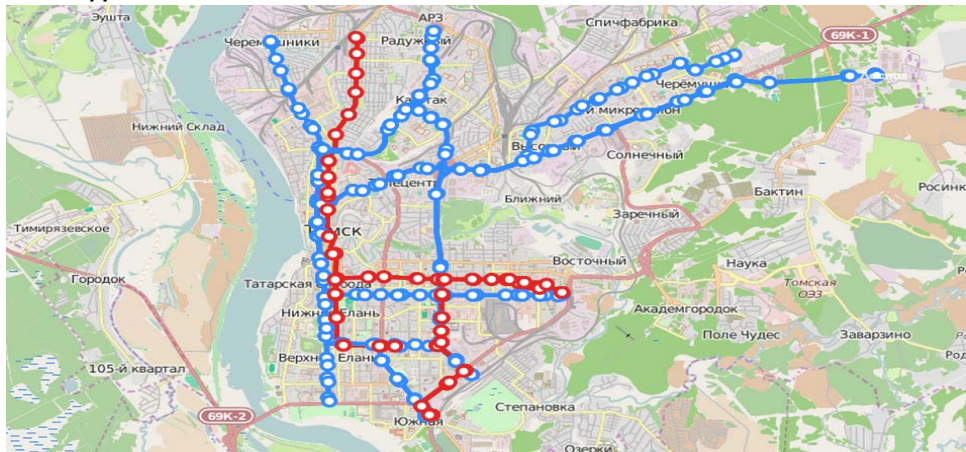


Рисунок 9. Маршрутная сеть города Томска

Необходимость применения графа заключается в том, что среди остановочных пунктов существуют пункты, имеющие одинаковые названия, но находящиеся на разных сторонах улицы или даже на разных улицах города (например, остановка «улица Сибирская» в Томске). В текстовом сообщении, описывающем некоторую остановку, может быть указана информация только о названии (например, «Ост. *Лагерный сад*»). Получив такой запрос, система не сможет определить остановку среди множества остановок, имеющих одинаковое название. Поэтому для идентификации конкретной остановки необходимо описать дополнительные ее параметры. Наиболее часто для описания остановки используется указание направления движения транспорта, проезжающего через нее:

- Ост. Лагерный сад в сторону/до пл. Ново-соборной.
- Ост. Ново-соборная со стороны/с/из Лагерного сада.

То есть текстовое описание остановки можно разделить на две части: слева — описание искомой остановки, а справа – название остановки или улицы, в сторону которой направляется транспорт, проезжающий через нее [2].

После того как по левой части сообщения будет найден список подходящих остановок, для определения конкретной остановки необходимо проанализировать правую часть сообщения. Анализ правой части сообщения основан на использовании маршрутной сети города, представленной в виде графа.

Построим оргграф маршрутной сети города с остановками в качестве вершин и сегментами, соединяющими остановки, в качестве дуг. Модель представления маршрутной сети в виде графа проста для обработки и решения множества транспортных задач с использованием компьютера. Построенный граф является ориентированным и имеет вершины для каждого остановочного пункта, так как строится на основе различных направлений маршрутов [3]. Пример графа представлен на Рисунок 10.



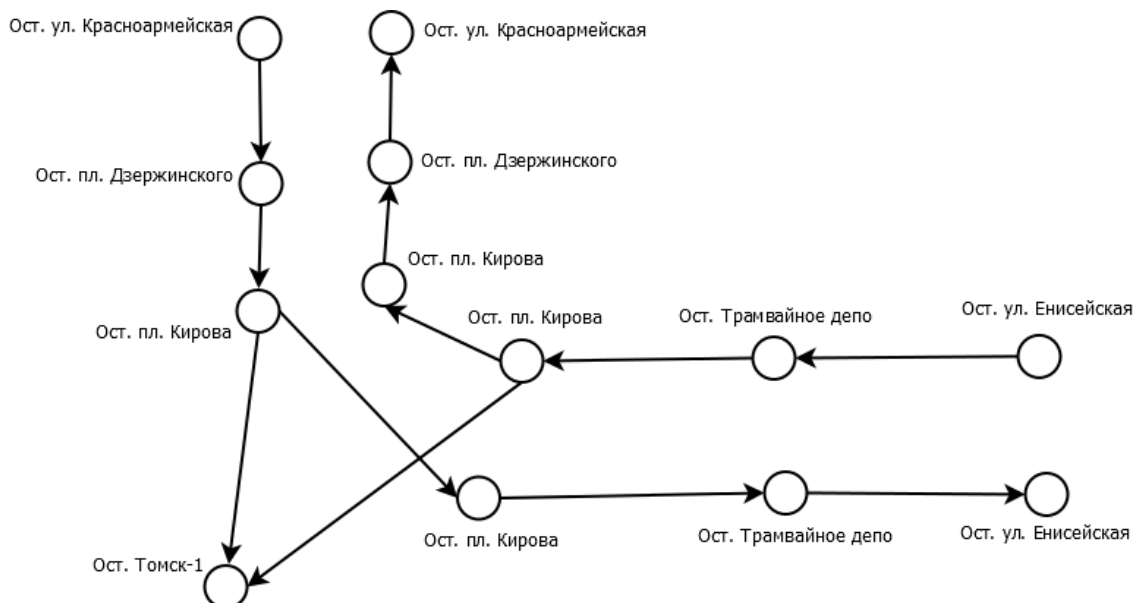


Рисунок 10. Пример структуры маршрутной сети в виде графа

В качестве правой части сообщения может быть указана остановка или улица. Чтобы определить, достижима ли указанная остановка или улица, необходимо совершить обход графа из каждой остановки в отфильтрованном по левой части описания списке. Обход графа осуществляется в прямом или обратном направлении в зависимости от ключевого слова, объединяющего левую и правую части сообщения. Больше всего в решении данной задачи подходит алгоритм обхода графа по ширине [4]. При достижении очередной остановки в графе выполняется сравнение текста с описанием данной остановки. Если в результате сравнения будет найдено сходство, то считается, что исходная остановка подходит под описание текстового сообщения.

Однако в связи с наличием закольцованных маршрутов, соединяющих остановки с одинаковым названием, и наличием нескольких маршрутов, соединяющих остановки с одинаковым названием, но движущихся по разным направлениям, введем несколько правил обхода графа:

1. В случае достижения остановки, находящейся на той же улице, что и улица исходной остановки, но на противоположной ее стороне, обход графа прекращается, и последняя достигнутая остановка не рассматривается.
2. В случае достижения остановки, располагающейся на улице, отличной от первоначальной, также выполняется сравнение текста с описанием данной улицы.
3. В случае перехода к следующей улице, отличной от первоначальной, обход графа прекращается, и последняя достигнутая остановка не рассматривается.
4. В случае возврата на первоначальную улицу и на ту же ее сторону, обход графа продолжается, при этом считается, что перехода на другие улицы не было.

Таким образом, при обходе графа анализируются не только достижимые остановки, но и улицы, на которых они размещены, что расширяет количество наборов входных данных, позволяя обрабатывать текстовые запросы типа «Ост. Лагерный сад в сторону ул. Нахимова» и «Ост. Лагерный сад со стороны пр. Кирова». Пример обхода графа представлен на Рисунок 11.

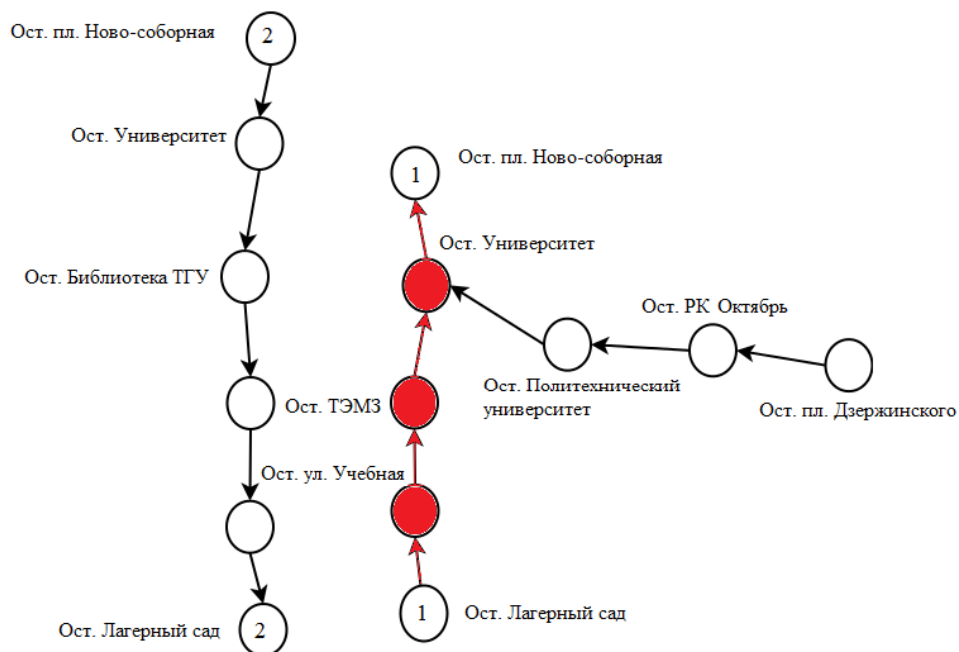


Рисунок 11. Пример обхода графа

Использование графа и особых правил обхода позволяет точно и надежно идентифицировать остановку по описаниям, построенным на основе человеческой логики. Результаты идентификации остановок применяются в различных информационных системах интеллектуальной транспортной системы города Томска с целью повышения эффективности работы городской транспортной системы. Точно идентифицировав остановку, система может предоставлять расписание движения транспорта и прогноз времени прибытия транспортных средств в режиме реального времени для этой остановки. Таким образом, результаты работы имеют большую практическую значимость для жителей города.

#### Список литературы:

1. Christopher D. Manning, Hinrich Schütze. Foundations of Statistical Natural Language Processing. MIT Press, 1999. Электронный ресурс. URL: <http://cognet.mit.edu/library/books/view?isbn=0262133601> (Дата обращения 15.03.2015г.)
2. Пескова О. В. Алгоритмы классификации полнотекстовых документов // Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика. – М.: МИЭМ (Московский государственный институт электроники и математики), 2011. – С. 170-212.
3. Дистель Р. Теория графов // Перевод с англ. языка – Новосибирск: Издательство института математики, 2002. - 336 с.
4. Кормен Т. Х. Часть VI. Алгоритмы для работы с графами // Алгоритмы: построение и анализ = Introduction to Algorithms. – второе издание – М.: Вильямс, 2006. – 1296 с.

## Сравнительный анализ ПО для управления рисками в ИТ-проектах

Туманов М.С., Николаенко В.С.  
tumanov\_mihail@mail.ru, nikolaenkova@tpu.ru

*Научный руководитель: Николаенко В.С., кафедра МЕН ИСГТ ТПУ*

Успешное завершение ИТ-проектов во многом зависит от того, насколько качественно менеджер выполняет основные процедуры риск-менеджмента: идентификацию, анализ, реагирование на риски, мониторинг и контроль. В связи с этим актуальной оказывается проблема, связанная с поиском удобного инструментария, позволяющего качественно обеспечивать управление рисками в ИТ-проектах.

**Целью** статьи является проведение сравнительного анализа программного обеспечения (ПО), используемого при управлении рисками в ИТ-проектах.

Поставленная цель была достигнута путем решения следующих **задач**:

1. Изучены ключевые понятия, такие как риск, угроза, возможность, риск-менеджмент;
2. Исследовано ПО, обеспечивающее процедуры риск-менеджмента;
3. Проведен сравнительный анализ выбранного ПО.

Управление рисками призвано экономить ресурсы проекта (временные, финансовые, человеческие и др.). Отметим, что в «проектных практиках» менеджерами делается особый акцент на риск-менеджмент [1]. Работая с рисками, менеджер значительно повышает шансы проекта не выйти за рамки установленных сроков и ресурсов. Кроме того, он получает возможность проиллюстрировать Заказчику свою компетентность.

В профессиональной лексике менеджеров проектов используется набор специфических профессиональных терминов. Рассмотрим их подробнее.

Продукт – это результат (или набор результатов) поставки по контракту [2].

Проект – это уникальный процесс создания продукта / услуги / результата, имеющий фиксированную длительность и ограниченный бюджет [1].

Риск – это вероятностное событие, которое может оказать как положительное, так и отрицательное влияние на проект [3]. Для ИТ-проекта негативными и позитивными рисками могут быть риски, связанные с управлением, проектной командой, субподрядчиками, коммуникациями, технологиями и т.п.

Угроза – фактор, который негативно влияет на проект (вплоть до его закрытия) [4]. Примерами угроз для ИТ-проектов могут быть следующие условия:

- менеджер не заинтересован в успешном завершении проекта;
- отсутствует план-график проекта;
- менеджер завышает предъявляемый к проекту уровень качества;
- разработанный продукт не пользуется спросом у потребителя и т.п.

Возможность – фактор, который позитивно влияет на проект [4]. Возможности, в противовес угрозам, оказывают положительный эффект на проект. При правильном использовании менеджером возможностей можно добиться снижения стоимости проекта либо сокращения необходимого на его реализацию времени. Примерами возможностей для ИТ-проекта могут быть следующие обстоятельства:

- менеджер имеет опыт в запусках аналогичных проектов;

- Заказчик обладает возможностью частичной или полной предоплаты;
- работает сплоченный, психологически уравновешенный коллектив и д.р.

Риск-менеджмент – это система управления рисками, состоящая из четырех основных процедур: идентификация риска, анализ риска, реагирование на риск, мониторинг и контроль риска [5].

Отметим, что для повышения управляемости ИТ-проектом обычно выделяют пять ролей:

- Заказчик – это лицо (физическое или юридическое), заинтересованное в выполнении исполнителем работ. Для этого он готов предоставить ресурсы.
- Пользователь – это лицо(-а) или организация(-ии), которые будут использовать разработанный продукт проекта.
- Проектная команда – это человеческий капитал проекта, привлекаемый на постоянной (полное рабочее время) или временной (по совместительству) основе для работы над выходной продукцией проекта.
- Менеджер ИТ-проекта – это прошедший специальную подготовку управленец, основными функциями которого являются анализ, планирование, мотивация, организация и контроль. В ИТ-проектах менеджер должен иметь ряд специфических знаний об ИТ-инжиниринге для успешного выполнения своих задач.
- Субподрядчик – это организация, привлекаемая к выполнению Договора подряда.

В результате исследования ПО, которое дает возможность управлять рисками в проектах, получен перечень программного обеспечения с функциями риск-менеджмента, представленный в таблице 1.

Таблица 1. Программное обеспечение с функциями риск-менеджмента

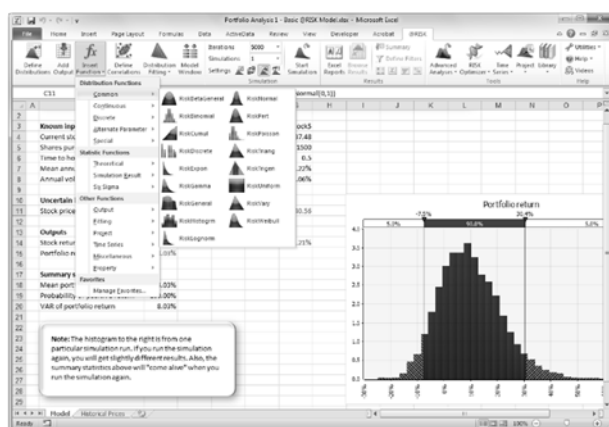
Наименование ПО	Описание ПО
@Risk Professional for Project [8]	централизованное хранилище рисков с возможностями добавления управленческой информации ранее идентифицированных рисков
RiskTrack [9]	централизованное хранилище рисков с возможностями мониторинга и контроля рисков событий, а также представления рисков в виде древовидной структуры
OpenPlanProfessional [10]	комплексный инструмент, предназначенный для управления проектами с возможностями количественного анализа рисков посредством использования метода Монте-Карло и возможностями графического представления информации о рисках
RiskRadar [11]	централизованное хранилище рисков с возможностями установления приоритетов для рисков событий
Risk Register [12]	централизованное хранилище рисков с возможностями сбора, добавления управленческой информации, качественной оценки для каждого рисков события
Spider Project Professional [13]	ПО для управления проектами с функциями риск-менеджмента

ProRisk [14]	инструментарий с возможностями графической визуализации идентифицированных рисковых событий и мер по реагированию
KG Risk [15]	автоматизированная система управления рисками на регулярной основе, которая обеспечивает выявление, оценку и мониторинг факторов риска, позволяя удерживать уровень риска деятельности организации в приемлемом диапазоне
Issue Manager [16]	централизованное хранилище рисков с возможностями их графического представления

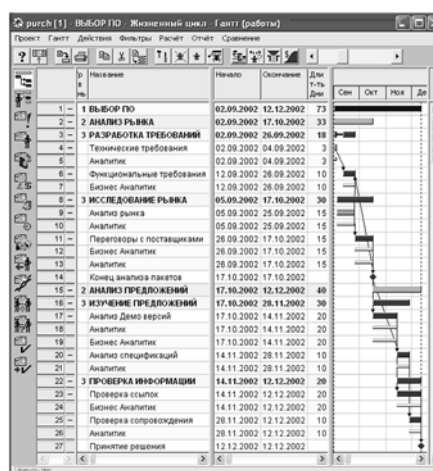
Для решения третьей задачи был проведен сравнительный анализ ПО, представленного в таблице 1. В связи с тем, что в свободном доступе были не все программы из списка, сравнительному анализу подверглось только ПО, которое удалось найти (таблица 2).

Таблица 2. Сравнительный анализ программного обеспечения

Наименование ПО	Критерии сравнения		
	Цена	Интуитивно понятный интерфейс	Наглядное представление результата
@Risk Professional for Project	1500 долларов	–	+
Spider Project Professional	75 000 рублей	+	-
KG Risk	18 000 рублей	+	+
Risk Radar® Enterprise	575 долларов	+	+



а)



б)

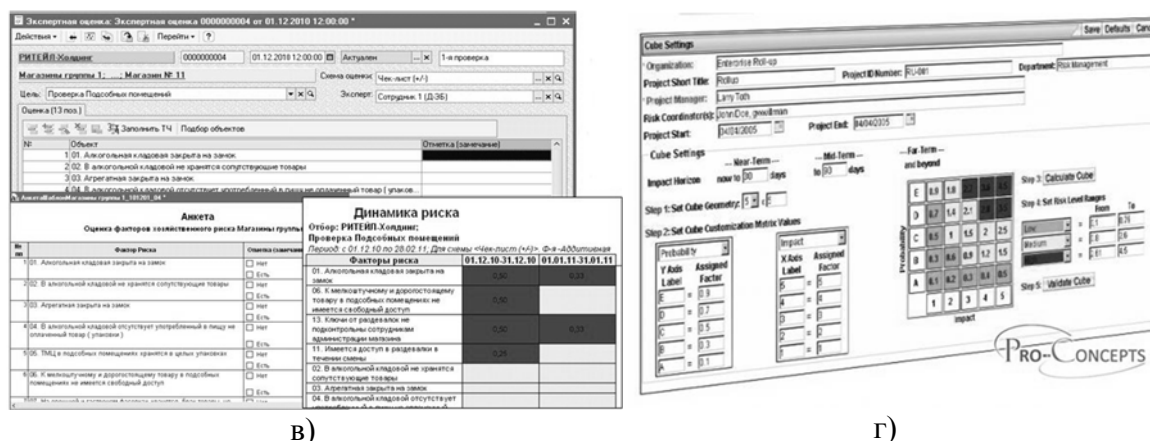


Рисунок 1. Пример функционального интерфейса: а) – @Risk Professional for Project; б) – Spider Project Professional; в) – KG Risk; г) – Risk Radar® Enterprise

В результате проведенного сравнительного анализа выявлено, что оптимальным инструментарием для обеспечения функции управления рисками в ИТ-проекте является KG Risk. Главное преимущество KG Risk – русскоязычный интерфейс, упрощающий эксплуатацию ПО. Альтернативным вариантом KG Risk может быть ПО Risk Radar® Enterprise. Однако стоимость и отсутствие русскоязычного интерфейса могут быть значительными барьерами для использования данного ПО менеджерами ИТ-проектов.

#### Список литературы:

1. Project management body of knowledge. Guide 4th edition (PMBOK-4). – Project Management Institute (PMI), 2008. – 506 p.
2. Селиховкин И. Управление ИТ-проектом. Эффективная система «с нуля» в любой организации – 2010. – 90 с.
3. Николаенко В.С. Разработка принципов управления ИТ-проектом // Вестник Томского государственного университета, 2015. – № 390. – С. 155–160.
4. Бланд Д. Страхование: принципы и практика, М. : Финансы и статистика, 1998.
5. Гончаренко Л.П. Риск-менеджмент: учебное пособие. – М. : Конкурс, 2010. – 216 с.
6. Мозгалева П. И., Гуляева К. В., Замятина О. М. Информационные технологии для оценки компетенций и организации проектной деятельности при подготовке технических специалистов. // Информатизация образования и науки. 2013. №4. С. 30-46.
7. Воронкова А. Тенденции и перспективы развития страхования в России, М. : Бюро экономического анализа, 1999.
8. Ройс У. Управление проектами по созданию программного обеспечения. М., «ЛЮРИ-пресс», 2002. – 431 с.
9. Официальный сайт @Risk Professional for Project. URL: <http://www.palisade.com>
10. Официальный сайт RiskTrack. URL: <http://www.risktrak.com>
11. Официальный сайт OpenPlanProfessional. URL: <http://openplanprofessional.com>
12. Официальный сайт RiskRadar. URL: <http://www.riskradarprogram.com>
13. Официальный сайт Risk Register. URL: <http://incom.com.au>
14. Официальный сайт Spider Project Professional. URL: <http://spiderproject.ru>
15. Официальный сайт ProRisk. URL: <http://cadplan.com.au>

16. Официальный сайт KG Risk. URL <http://www.krissgroup.ru>
17. Официальный сайт Issue Manager. URL: <http://limathon.com>

## **Проектирование расписания движения городского пассажирского транспорта на основе одноприборной задачи теории расписания**

Пилецкая А.Ю.  
[ayp@tpu.ru](mailto:ayp@tpu.ru)

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, Кочегурова Е.А., доцент каф. АИКС НИ  
ТПУ*

Эффективная работа городского транспорта является одной из самых важных задач в процессе обеспечения жизнедеятельности любого города. Транспортную сеть города можно сравнить с кровеносной системой в организме человека. Поэтому очень важно обеспечить оптимальную загрузку сети в целях обеспечения удобства всех участников движения: водителей личных автомобилей, пассажиров городского пассажирского транспорта (ГПТ) и перевозчиков. Однако, если удовлетворенность водителей личных автомобилей качеством транспортной сети зависит, прежде всего, от качества дорожного полотна и ширины проезжей части, то удовлетворенность пассажиров определяется уровнем, объемом и качеством обеспечения ГПТ. Одна из задач по улучшению транспортной сети города – составление расписания движения транспортных средств (ТС) по имеющимся и вновь вводимым маршрутам.

Как правило, задача составления расписания – это мультикритериальная оптимизационная задача. Одним из способов решения многокритериальной задачи является ее декомпозиция. Решение задачи разделяется на ряд этапов.

Прежде всего требуется определить основных участников ГПТ. Ими являются:

- пассажиры;
- перевозчики;
- представители городской администрации.

С одной стороны, пассажиры заинтересованы в сокращении времени ожидания ТС на остановке при сохранении или уменьшении платы за проезд. С другой стороны, перевозчики заинтересованы в увеличении прибыли при сохранении количества подвижного состава. Задача представителей городской власти состоит в нахождении баланса между противоречивыми требованиями – обеспечением минимального интервала ожидания и уменьшением нагрузки на городскую транспортную сеть.

Задачу составления расписания движения ГПТ можно разбить на несколько подзадач:

- 1) задача составления расписания для одного ТС;
- 2) задача составления расписания для всех ТС на одном маршруте;
- 3) задача составления расписания для всех пассажирских ТС города на всех маршрутах.

Далее будет рассмотрена задача составления расписания для одного ТС.

Так как в данной задаче проектируется расписание только для одного ТС, то к решению задачи можно подойти с точки зрения одноприборной транспортной задачи [1]. Тогда, формулировка задачи будет выглядеть следующим образом.

На одном ТС требуется посетить множество остановок  $N = \{1, 2, \dots, n\}$ . Для каждой остановки  $j \in N$  определен ряд характеристик:

- $p_j > 0$  – длительность простоя на остановке;
- $r_j > 0$  – время прихода ТС на  $j$ -ую остановку,
- $D_j > 0$  – максимальное время простоя на остановке;
- $t_j > 0$  – время перемещения ТС между двумя остановками  $j$  и  $(j+1)$ .

Время прихода ТС на первую остановку считается начальным моментом времени. ТС посещает остановки в порядке, определенном маршрутом.

Необходимо построить допустимое расписание движения ТС по маршруту, при котором выполнены все условия задачи.

Т.е. необходимо для каждой остановки  $j \in N$  определить время фактического прихода ТС на остановку  $S_j$  такое, что  $S_j \geq r_j$ , и момент окончания простоя  $C_j = S_j + p_j \leq D_j$

Длительности  $r_j$  и  $S_j$  отличаются тем, что момент времени  $r_j$  – ожидаемое время прибытия ТС на остановку, тогда как  $S_j$  – фактическое время прибытия ТС на остановку. Другими словами,  $r_j$  – время прибытия на остановку согласно нормативным документам (утвержденному расписанию), а  $S_j$  – реальное время прибытия на остановку.

В рамках теории расписания поставленная задача может быть обозначена следующим образом:

$$1 | r_j, \sum_{j=1}^N D_j + \sum_{j=1}^{N-1} t_j = D, \text{prec} | \sum_{j=1}^N S_j,$$

где

«1» обозначает тип задачи – одноприборная;

$r_j$  – ограничение, указывающее, что посадка и высадка пассажиров на остановке  $j$  не может начаться раньше момента времени  $r_j$ ;

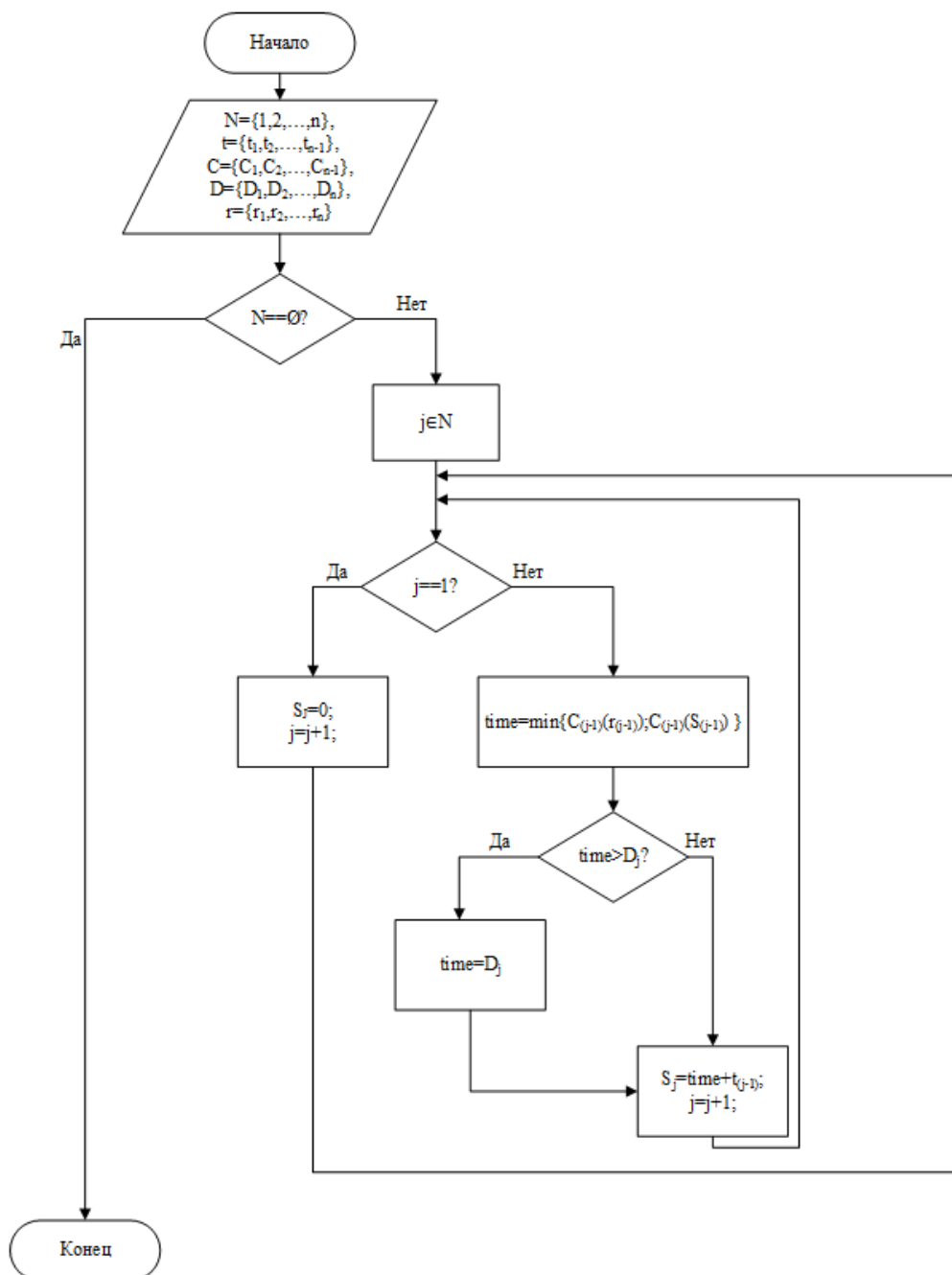
$\sum_{j=1}^N D_j + \sum_{j=1}^{N-1} t_j = D$  - ограничение на время простоя. Сумма времен простоев и времен нахождения в пути ТС не может превышать времени нахождения ТС на маршруте (регламентируется нормативными документами);

*prec* (от англ. «*precedence relations*») – отношение предшествования. Говорит о том, что если  $j > i$ , то  $r_j > r_i$ . Другими словами, ТС не может прибыть на  $j$ -ую остановку, пока не посетит  $i$ -ую остановку.



$\sum_{j=1}^N S_j$  - целевая функция.

Далее представлен алгоритм нахождения фактического момента прибытия ТС на остановку, описанный в виде блок-схемы (рисунок 1).



**Рисунок 12. Алгоритм расчёта времени прибытия ТС на остановки.**

Алгоритм достаточно прост в реализации, однако требует пояснений.

Исходные данные задачи – множество остановок, времен перемещения ТС между остановками и времен окончания простоя на остановке – являются исходными данными алгоритма.

Время перемещения ТС между остановками может быть получено с системы GPS/ГЛОНАСС, которыми в соответствии с требованиями регламента оснащены ТС. Имея статистику по определенному участку дороги в разные сезоны года, можно получить среднюю скорость ТС на этом участке, что и позволит вычислить среднее время прохождения участка.

Время окончания простоя  $C_j$  зависит от времени прихода ТС  $S_j$  на  $j$ -ую остановку и времени простоя ТС на остановке  $p_j$ . Согласно алгоритму,  $S_j$  рассчитывается на  $(j-1)$  операции. Время простоя  $p_j$  может быть получено как сумма времени, потраченного на посадку и высадку пассажиров на остановке, и времени, затраченного на открывание и закрывание дверей, а также время реагирования водителя ТС. Время посадки и высадки пассажиров и количество входящих и выходящих пассажиров может быть получено путем полевых исследований. Тогда как время реагирования водителя и время открывания и закрывания дверей плохо поддаются фиксации. Результаты замеров неточны, однако результаты незначительно влияют на общее время простоя ТС.

Таким образом, проведя соответствующие полевые исследования, можно получить поминутное расписание движения одного ТС по маршруту. Данная задача решается с помощью понятного и простого алгоритма и является весьма важной при проектировании движения ГПТ. Задача является конструктивной с позиции дополнения и модификации ограничений.

#### **Список литературы:**

1. Лазарев А.А., Гафаров Е.Р. Теория расписания. Задачи и алгоритмы. – М.: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ), 2011.– 222 с.

## СЕКЦИЯ № 5. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРАХ

### Исследование датчиков pH и удельной электрической проводимости фирмы WTW в системе автоматизированного контроля качества очистки сточных вод

Хуснулина А.Л.  
[alenaxyc@gmail.com](mailto:alenaxyc@gmail.com)

Научный руководитель: к.ф.-м.н., Сазонов Р.В., Лаборатория №1 ИФВТ ТПУ

**Введение.** В современном мире большое внимание уделяется экологической сфере. И предприятия, активно использующие водный ресурс в своих производственных процессах, перед сбросом сточных вод должны снижать концентрацию вредных веществ до уровня ПДК нормативов качества воды. При этом не менее важным является сопровождающий процесс – контроль качества очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.

Контроль за работой очистных сооружений и сбросом сточных вод необходим для предупреждения и прекращения загрязнения водных объектов сточными водами, очищенными в недостаточной степени или вовсе не очищенными [1, 4].

Томский политехнический университет нацелен на разработку системы непрерывного контроля качества очистки сточных вод комплексом, разрабатываемым на базе университета.

В настоящей работе будет приведено исследование датчиков водородного показателя (pH) и удельной электрической проводимости (далее – УЭП).

#### Контролируемые показатели

Требования Перечня рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимые концентрации (далее – ПДК) и ориентировочно безопасные уровни воздействия вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение, являются самыми строгими в отношении качества воды. В этих документах перечислен 1071 показатель [3]. Однако для непрерывного отслеживания качества очистки хозяйственно-бытовых сточных вод на традиционных очистных сооружениях обычно контролируют такие показатели, как *взвешенные вещества, БПК/ХПК, pH, нитраты, фосфаты, аммоний, нефтепродукты, растворенный кислород, УЭП* [2, 4].

Лабораторией №1 ИФВТ ТПУ разрабатывается комплекс очистки промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод. На рисунке 1 приведена блок-схема стадий очистки сточных вод.

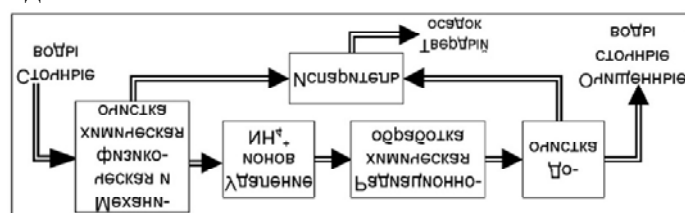


Рисунок 13. Блок-схема стадий очистки сточных вод

Опираясь на мировой опыт контроля качества очистки сточных вод, результаты мониторинга состава исходных сточных вод, технологическую схему комплекса очистки и ПДК Перечня рыбохозяйственных нормативов, было принято решение о выборе на первом этапе разработки именно этих показателей. Учитывая технологические особенности системы, предложено расположить точки контроля по ходу очистки [5].

#### **Подбор оборудования**

Мониторинг состава неочищенных хозяйственно-бытовых сточных вод и ПДК Перечня рыбохозяйственных нормативов позволил определить пределы измерения, которыми должно обладать оборудование (таблица 1). Кроме того, к системе выдвинуто требование о том, что срок необслуживаемости должен составлять не менее трех месяцев.

Таблица 1. Пределы изменения показателей в анализируемой воде

№	Показатель	Нижний предел измерений	Верхний предел измерений	ПДК Перечня рыбохозяй- ственных нормативов
1	Мутность (взвешенные частицы), мг/л	1,5	300	-
2	Аммоний $\text{NH}_4^+$ , мг/л	0,1	100	0,5
3	ХПК, мг/л	15	1000	30
4	Хлориды $\text{Cl}^-$ , мг/л	150	300	300
5	Нитраты $\text{NO}_3^-$ , мг/л	0,08	2	40
6	Фосфат-ион $\text{PO}_4^{3-}$ , мг/л	0,1	20	0,1
7	pH	0	12	6,5-8,5
8	Нефтепродукты	0,05	9	0,05
9	УЭП	-	-	-

В дальнейшем планируется определить зависимость УЭП от сухого осадка, поэтому пределы измерения на данном этапе не задаются. ПДК сухого осадка 1000 мг/л. ПДК взвешенных веществ определяется как 0,25 мг/л к фоновому содержанию взвешенных веществ, так для реки Киргизка ПДК составит порядка 86,25 мг/л с погрешностью  $\pm 7$  мг/л. Для реки Томь ПДК составит 26,25 мг/л с погрешностью  $\pm 4$  мг/л.

В ходе исследования рынка аналитического оборудования, было выявлено, что промышленное оборудование решает задачи, которые не ставятся перед лабораторным оборудованием. Так промышленное оборудование должно иметь систему пробоподготовки, если это необходимо, и систему самоочистки, во избежание загрязнений при длительном нахождении в среде.

Первичный обзор рынка позволил отобрать ряд приборов в разной степени удовлетворяющих выставленным требованиям. Далее из этого оборудования были выбраны приборы фирм WTW и Hach Lange, поскольку оборудование этих фирм имеет систему самоочистки, обеспечивающую срок необслуживаемости оборудования 3 месяца [6, 7].

Опыт и практика использования оборудования фирм WTW и Hach Lange на очистных сооружениях показали, что датчики фирмы WTW лучше приспособлены к неблагоприятным условиям среды – очищенной сточной воде, в которой они должны

находиться для выполнения измерений. Обладая более совершенной системой самоочистки, оборудование может дольше работать без вмешательства оператора и способно выполнять более точные измерения. Руководствуясь полученной информацией, для системы контроля качества очистки сточных вод было выбрано оборудование фирмы WTW.

Кроме того, фирма WTW поставляет контроллеры, предназначенные для подключения до 20 датчиков. Большое количество портов позволяет расширять систему без приобретения дополнительных контроллеров. Использование датчиков и контроллера одной фирмы поможет избежать проблем совместимости интерфейсов.

Таблица 2 – Характеристики датчиков pH и УЭП фирмы WTW

№	Оборудование	Показатель		Предел измерения	Погрешность измерений
		единица измерения	ПД К		
1	SensoLyt 700 IQ	pH	6,5-8,5	2 ... 12	0,03
2	TetraCon 700 IQ	УЭП, мСм/см	-	0,01 ... 500	3 %

#### Датчик pH SensoLyt 700 IQ

Датчик pH SensoLyt 700 IQ предназначен для непрерывного измерения pH в жестких условиях. Датчик состоит из погружного корпуса со встроенным предусилителем и соответствующим pH электродом, встроенная функция SensorCheck позволяет определить повреждение электрода. Конструкция датчика изображена на рисунке 2. На рисунке 3 представлено реальное фото датчика pH.

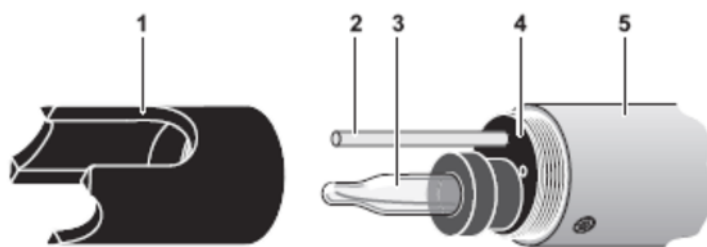


Рисунок 2 – Конструкция датчика SensoLyt 700 IQ

1 – Защитный колпак; 2 – Температурный зонд; 3 – Комбинированный; 4 – Держатель электрода; 5 – Стержень



### Рисунок 3 – Фотография датчика SensoLyt 700 IQ

Для калибровки датчиков были наведены калибровочные растворы со значениями pH 1.65, 4.01, 6.86 и 9.18 на основе стандарта-титра. На полученных растворах была выполнена калибровка лабораторного pH-метра, в качестве которого был использован анализатор жидкости ЭКСПЕРТ-001, производства «Эконикс Эксперт». Калибровка промышленного датчика pH SensoLyt 700 IQ, производства фирмы WTW, была выполнена по двум точкам: 6.86 и 9.18 с помощью процедуры калибровки CAL CON 2P, которая предусматривает использование любых двух различных буферных растворов. Затем были выполнены измерения всех калибровочных растворов датчиком SensoLyt 700 IQ и лабораторным pH-метром. Результаты измерений представлены в таблице 1. Время получения показаний на промышленном датчике составило порядка 5-10 минут, на лабораторном датчике – 2-3 минуты.

Таблица 1. Результаты проверки абсолютной погрешности измерений pH.

№	Значение pH воспроизводимое буферным раствором	Промышленный датчик pH SensoLyt 700 IQ				Лабораторный pH-метр ЭКСПЕРТ-001			
		Показания	Результат измерения	Абсолютная погрешность измерения	Допустимая абсолютная погрешность измерения	Показания	Результат измерения	Абсолютная погрешность измерения	Допустимая погрешность измерения
1.1	1,65	1,655	1,654	0,005	0,030	1,66	1,66	0,01	0,05
1.2		1,655				1,66			
1.3		1,655				1,65			
2.1	4,01	4,003	4,005	-0,007	0,030	3,99	3,98	-0,03	0,05
2.2		4,003				3,98			
2.3		4,003				3,98			
3.1	6,86	6,833	6,840	-0,027	0,030	6,86	6,86	0,00	0,05
3.2		6,833				6,86			
3.3		6,834				6,86			
3.4	9,18	9,151	9,158	-0,029	0,030	9,18	9,18	0,00	0,05
3.5		9,150				9,18			
3.6		9,151				9,18			

Экспериментальные данные подтверждают корректность измерения pH промышленным датчиком. Сравнение абсолютных погрешностей измерений при равных значениях pH, воспроизводимых буферным раствором показывает, что измерения не превосходят допустимых значений.

### Датчик TetraCon 700 IQ

Отличительной особенностью датчика УЭП TetraCon 700 IQ является использование отдельных пар электродов, для уменьшения влияния поляризационных эффектов на результат измерения. В процессе измерения определяется электрический ток, который прямо пропорционален количеству свободных ионов в электролите. Затем исходя из значения константы ячейки

рассчитывается проводимость раствора. Устройство датчика УЭП TetraCon 700 IQ представлено на рисунке 4.

Для исследования датчика TetraCon 700 IQ, производства фирмы WTW, были использованы растворы ГСО со значениями проводимости: 110.2, 294.9, 1411, 3000 и 4000 мкСм/см. Результаты измерений промышленного датчика TetraCon 700 IQ, производства фирмы WTW и лабораторного ЭКСПЕРТ-002, производства «Эконикс Эксперт» приведены в таблице 2.

Калибровка промышленного датчика УЭП заключалась в установлении значения постоянной ячейки по известному значению проводимости раствора. Это обусловлено тем, что результат измерений датчиком существенно зависит от удаленности самого датчика от стенок емкости, в которой производятся измерения. Изначально в память датчика внесено стандартное значение постоянной ячейки  $0,917 \text{ см}^{-1}$ , для которого расстояние от датчика до стенок емкости и ее дна должно составлять более 5 см. В рассматриваемой работе был использован химический стакан объемом 250 мл, в соответствии с этой емкостью значение постоянной ячейки датчика было изменено на  $0,952 \text{ см}^{-1}$ .

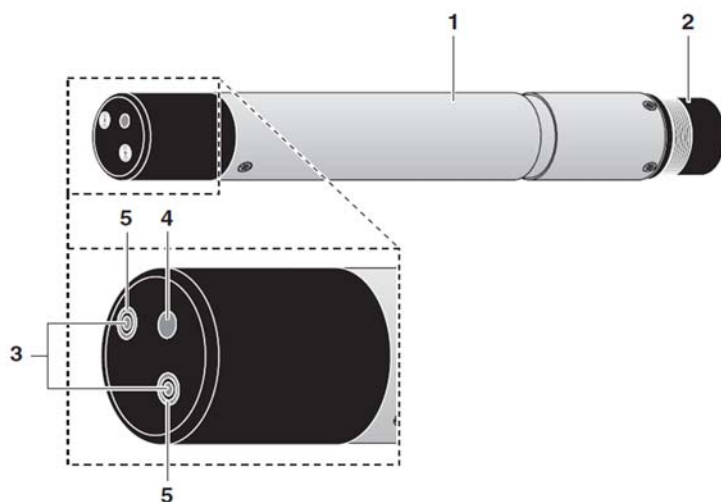


Рисунок 4 – Основные элементы конструкции датчика TetraCon 700 IQ

1 – Корпус; 2 – Разъем для подключения кабеля;  
3 – Управляющие электроды (напряжение); 4 – Датчик температуры;  
5 – Измерительные электроды (токовые, в виде колец)



Рисунок 5 – Фотография датчика TetraCon 700 IQ

Таблица 2. Результаты проверки приведенной погрешности измерений проводимости.

№	УЭП Значение воспроизводимое раствором, мкСм/см	Промышленный датчик Teracon 700 IQ				Лабораторный кондуктометр ЭКСПЕРТ-002			
		Показания, мкСм/см	Результат измерения, мкСм/см	Приведенная погрешность измерения, %	Допустимая приведенная погрешность измерения, %	Показания, мкСм/см	Результат измерения, мкСм/см	Приведенная погрешность измерения, %	Допустимая приведенная погрешность измерения, %
.1	1	109,5	9	-0,15	3,00	113	2	11	0,90
.2	1	110,0				111			
.3	1	110,2				112			
.1	2	294	9	0,01	3,00	298	0	30	0,27
.2	2	294				303			
.3	2	297				300			
.1	3	1428	3	1,08	3,00	1421	18	14	0,35
.2	3	1435				1415			
.3	3	1435				1418			
.1	4	3050	0	0,30	3,00	3009	07	30	0,04
.2	4	3070				3005			
.3	4	3060				3008			
.1	5	4050	3	0,27	3,00	4011	11	40	0,06
.2	5	4060				4013			
.3	5	4050				4009			

Как видно из таблицы 2, приведенные погрешности полученных результатов не превышают допустимых значений, что свидетельствует о корректной работе промышленного датчика. Время получения показаний на промышленном датчике составило порядка 10-15 минут, на лабораторном датчике – 2-5 минут.

Промышленный датчик выполняет усреднение по большому количеству измерений, поскольку значения измеряемых параметров изменяются менее существенно, нежели при измерении лабораторным датчиком отдельных проб. В этом их принципиальное различие.

### Заключение

Непрерывный контроль качества очистки сточных вод с длительным сроком необслуживаемости является достаточно сложной задачей. На данный момент, российский рынок аналитического оборудования не может предложить оборудование для промышленного анализа, удовлетворяющего выдвинутым требованиям.



В настоящей статье представлены результаты исследования датчиков рН и УЭП, которые показали, что датчики работают корректно. В последующем планируется провести аналогичные исследования для остальных датчиков. Далее система непрерывного контроля качества очистки будет отлажена и запущена в работу на промышленном образце комплекса очистки промышленных и хозяйственных стоков.

**Список использованных источников:**

1. ВОЗ. Деградация экосистем угрожает здоровью людей. Электронный ресурс. URL: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2005/pr67/ru/> (Дата обращения 21.03.2015г.)
2. Методы очистки сточных вод. Электронный ресурс. URL: <http://voda96.com/методы-очистки-сточных-вод.html> (Дата обращения 21.03.2015г.)
3. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Электронный ресурс. URL: <http://fish.gov.ru/lawbase/Documents/Изданные/100020a.pdf> (Дата обращения 21.03.2015г.)
4. Очистка сточных вод. Электронный ресурс. URL: <http://aquantum-eco.ru/index.php/tekhnologii.html> (Дата обращения 21.03.2015г.)
5. Хуснулина А. Л. Выбор показателей для проверки эффективности очистки хозяйственно-бытовых сточных вод // Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник научных трудов V Всероссийской конференции студентов элитного технического образования, Томск, 25-27 Марта 2014. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014 – С. 36-38.
6. Экрос-Инжиниринг. Электронный ресурс. URL: <http://ingecros.ru/> (Дата обращения 27.03.2015г.)
7. Экоинструмент. Электронный ресурс. URL: <http://www.ecoinstrument.ru/> (Дата обращения 27.03.2015г.)

**Рентгеновские досмотровые комплексы с функцией идентификации веществ объектов контроля и их фрагментов методом дуальных энергий**

Абашкин А.Д., Жантамбаев А.А.  
anthony.abashkin@gmail.com, drlivesey1305@gmail.com

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Осипов С.П., НИ ТПУ*

Для эффективного проведения мероприятий в области безопасности в наши дни эффективно используются рентгеновские досмотровые комплексы, представляющие собой системы цифровой радиографии. Рентгеновские досмотровые комплексы применяются для решения широкого круга задач [1]: поиска и обнаружения взрывчатых веществ и взрывных устройств, досмотра багажа и ручной клади в аэропортах и на таможенных пунктах пропуска, досмотр транспортных средств в целях обнаружения предметов, запрещенных к перевозке, и т. д.

По физическому принципу получения информации о характеристиках исследуемого объекта радиометрический контроль может быть разделен на два принципиально разных направления [2]: измерение параметров прошедшего сквозь

объект рентгеновского или гамма-излучения и измерение параметров рентгеновского или гамма-излучения, рассеянного в объекте.

Комплексы цифровой радиографии, работающие на основе регистрации трансмиссионного (прошедшего) излучения, имеют некоторые существенные недостатки. К основным недостаткам можно отнести обязательный двусторонний доступ к объекту контроля, значительные габариты комплекса. Данный метод имеет также дополнительные ограничения, обусловленные необходимостью соблюдения норм радиационной безопасности, особенно если в качестве объекта контроля выступает человек, поскольку метод дает существенную дозовую радиационную нагрузку на объект [3]. Низкий КПД оптического тракта ограничивает динамический диапазон (количество градаций серого на получаемом изображении) и требует увеличения экспозиционной дозы, что нежелательно для большинства биологических объектов [1]. Для решения данных проблем можно использовать плоские панели детектирования, с нанесенным на них сцинтиллятором (веществом, обладающим способностью излучать свет при поглощении ионизирующего излучения [4]). Данное решение позволяет, в ряде случаев, уменьшить габариты радиографического комплекса, получить изображение более высокого качества, а также снизить радиационную нагрузку на объект контроля. К положительным свойствам комплексов цифровой радиографии следует отнести высокую чувствительность и высокую производительность.

Для рентгеновского контроля с односторонним доступом к объекту исследований необходимы детектирующие устройства, работа которых основана на измерении параметров рассеянного излучения. Другим достоинством данного метода является возможность создания установок для персонального досмотра, которые будут иметь малый фон излучения. Недостатками анализируемого метода являются низкая чувствительность и низкая производительность.

Одной из самых важных задач, которые стоят перед таможенными службами и другими службами обеспечения безопасности, является идентификация вещества, из которого состоит объект контроля или его фрагменты [5]. Под идентификацией понимается определение принадлежности материала, из которого изготовлен объект, к одной из четырех групп: органические вещества, металлы с малым значением эффективного атомного номера, металлы со средним значением эффективного атомного номера и металлы с высоким значением эффективного атомного номера. Для решения данной задачи применяют двухэнергетическую реализацию цифровой теневой радиографии [6], которая называется методом дуальных энергий. Метод основан на алгоритмическом разделении вклада различных физических процессов взаимодействий рентгеновского излучения с веществом в теневые цифровые изображения, полученные для двух максимальных энергий рентгеновского излучения [7]. При работе методом дуальных энергий по результатам обработки первичных радиометрических сигналов получают два теневых цифровых радиографических изображения. Первое из них несёт в себе информацию о плотности и толщине вещества объекта контроля, а во втором также заключена информация и об эффективном атомном номере вещества объекта [8]. Близость эффективного атомного номера вещества объекта контроля или характеристики, связанной с ним, с эффективным атомным номером или характеристикой эталона является основным критерием, по которому вещество объекта контроля соотносится с одним из классов веществ из четырех классов. В задаче идентификации веществ крупногабаритных объектов методом дуальных энергий применяются источники

высокоэнергетического рентгеновского излучения. В качестве источников высокоэнергетического рентгеновского излучения используются линейные ускорители электронов и бетатроны с максимальной энергией в энергетическом спектре излучения в диапазоне от 1 до 10 МэВ [9]. Качество идентификации веществ объекта контроля методом дуальных энергий зависит от величин смещений соответствующих идентификационных параметров [10], которые обусловлены влиянием ряда технических и физических факторов на первоначальные радиографические изображения.

При вариации химического состава вещества объекта контроля, приводящей к изменению эффективного атомного номера, имеет место существенная ошибка оценки плотности вещества исследуемого объекта [11]. Если для жидких объектов, однородных по плотности, метод дуальных энергий позволяет получить ее несмещенные оценки, то для объектов с вариациями плотности вдоль вектора распространения излучения данный способ может привести к значительной по величине систематической погрешности [2].

В настоящее время метод дуальных энергий с высокоэнергетическими источниками рентгеновского излучения очень распространен на таможенных различных стран для обнаружения нелегальных грузов (контрабанды). Это доказывает актуальность развития вопросов, связанных с инспекционными досмотровыми комплексами, на более высоком уровне. В литературе на данный момент не в полной мере исследованы возможности контроля методом дуальных энергий различных объектов. Например, методы нахождения плотности многокомпонентных объектов требуют более подробных исследований, внедрение результатов которых в практику таможенного и досмотрового контроля позволит повысить точность измерения плотности.

#### **Список литературы:**

1. Блохин Е.О., Паршин И.А., Шурушкин А.В., Буклей А.А., Артемьев Б.В., Федоровский Е.В. Рентгеновские комплексы на основе регистрации трансмиссионного и обратно рассеянного излучения // Контроль. Диагностика. – 2012. – № 12. – С. 4–8.
2. Артемьев Б.В., Буклей А.А. Радиационный контроль. – М.: Издательский дом «Спектр», 2011. – 192 с.
3. Буклей А.А., Ключев В.В., Паршин И.А. Новые досмотровые комплексы на основе регистрации обратно рассеянного рентгеновского излучения // Контроль. Диагностика. – 2014. – №12. – С. 15–18.
4. Детекторы ядерных излучений // Большая Советская Энциклопедия. Электронный ресурс. URL: <http://bse.sci-lib.com/article024498.html> (Дата обращения 17.03.2015).
5. Клименов В.А., Касьянов В.А., Лебедев М.Б и др. Современное состояние и перспективы создания конкурентоспособных на мировом рынке систем цифровой радиографии (СЦР) // Контроль. Диагностика. – 2011. – Спец. вып. – С. 25–29.
6. Rebuffel V., Dinten J.M. Dual-energy X-ray imaging: benefits and limits // Insight-Non-Destructive Testing and Condition Monitoring. – 2007. – Vol.49. – № 10. – P. 589–594.
7. Чахлов С.В., Усачев Е.Ю., Щетинкин С.М. Использование метода двухэнергетической цифровой радиографии для портативных рентгеновских систем // Контроль. Диагностика. – 2006. – №2. – С. 49–52.
8. Сидуленко О.А., Касьянов В.А., Касьянов С.В., Осипов С.П. Исследование возможности применения малогабаритных бетатронов для идентификации

- веществ объектов контроля методом дуальных энергий // Контроль. Диагностика. – 2008. – № 8. – С. 46–52.
9. Liu Y., Sowerby B.D., Tickner J.R. Comparison of neutron and high-energy X-ray dual-beam radiography for air cargo inspection // Applied Radiation and Isotopes. – 2008. – Vol. 66. – No. 4. – P. 463–473.
  10. Осипов С.П., Темник А.К., Чахлов С.В. Влияние физических факторов на качество идентификации веществ объектов контроля высокоэнергетическим методом дуальных энергий // Дефектоскопия. – 2014. – № 8. – С. 70–77.
  11. Горшков В.А. Особенности двухэнергетической рентгеновской плотнометрии многокомпонентных объектов // Контроль. Диагностика. – 2014. – № 10. – С. 25–30.
  12. Ключев В.В., Соснин Ф.Р., Ковалев А.В. и др. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / под ред. В. В. Ключева. 2-е изд., испр. и доп. М.: Машиностроение, 2003. – 656 с.

### **Автоматизированный комплекс для проведения триботехнических испытаний конструкционных материалов и смазочных сред**

Глиненко Е.В., Пустозёров К.Л.  
[evg8@tpu.ru](mailto:evg8@tpu.ru)

*Научный руководитель: к.т.н., зав. каф. С.Е. Буханченко, каф. АРМ,  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050*

На сегодняшний день проблема трения и износа в различных машинах и механизмах является не разрешенной до конца. Одной из тенденций решения данной проблемы является стремление повысить эффективность и надежность машин. Оценка таких показателей как эффективность и надежность, в свою очередь осуществляется, в основном, путем практических испытаний. Именно с этой целью создан автоматизированный комплекс для триботехнических испытаний конструкционных материалов и смазочных сред.

В работе данного комплекса особое внимание уделено трем основным факторам (давление, скорость скольжения и температура), поскольку именно их наличие приводит к фрикционному разогреву, который определяет условия контактирования трущихся поверхностей: уровень деформирования (упругое, пластическое, микрорезание) на отдельных участках поверхностей, определяющий площадь поверхности фактического контакта, прочность адгезионных связей, условия смазывания и др.



Рисунок 1. Внешний вид АК.

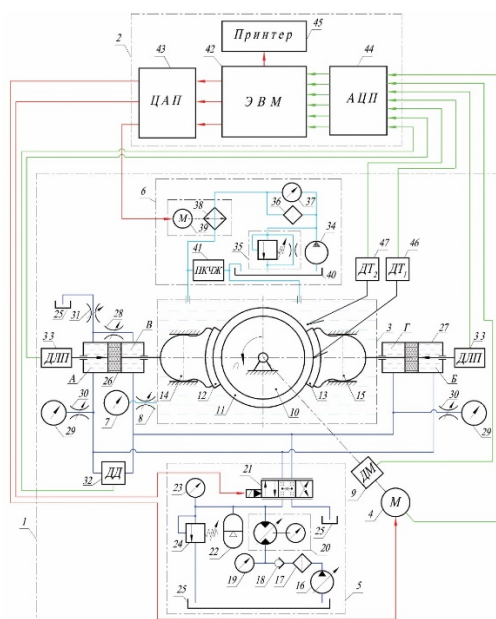


Рисунок 2. Принципиальная схема АК.

На приведенном выше рисунке, рассмотрена конструкция АК, состоящая из двух основных сборочных единиц: машины трения 1 и системы управления 2 (рис. 2). Машина трения 1 включает в себя: проточную камеру 3; электродвигатель постоянного тока привода главного движения 4; систему нагружения 5; систему циркуляции, фильтрации и терморегуляции 6 испытуемой смазочной среды, манометры 7, 19, 23, 29, 37 демпфируемые регулируемые дроссели 8, 30, 31, датчик момента трения 9, ролик 10, контробразец 11, колодки 12 и 13, самоустанавливающиеся шаровые опоры 14 и 15, аксиально-поршневой гидронасос 16, фильтр 17, обратный клапан 18, расходомер 20, гидрораспределитель 21, пневмогидроаккумулятор 22, подпорный клапан 24, гидробаки 25, 40, гидроцилиндр 26 и 27, датчик разности динамических давлений 32, бесконтактный датчик линейных перемещений 33, нерегулируемый шестеренный гидронасос 34, предохранительный клапан 35, фильтр 36, радиатор 38, охлаждаемый электродвигатель 39, прибор контроля чистоты жидкости 41, ЭВМ 42,

преобразователь цифрового сигнала в аналоговый 43, преобразователь аналогового сигнала в цифровой 44, принтер 45 и датчики температуры 46, 47.

Принцип действия диагностического комплекса заключается в следующем: перед началом испытания на выходной конец приводного вала подшипникового узла насаживают ролик, на котором закрепляют контробразец, а колодки устанавливают в шаровые опоры и производят герметизацию камеры. Затем в системе управления посредством персональной ЭВМ формируют начальные и граничные условия проведения испытания: продолжительность испытания, закон изменения частоты вращения контробразца, закон изменения давления в системе нагружения, частота управления скоростью скольжения и нормальной нагрузкой, частота съема информации с датчиков, колебание температуры испытываемой смазочной среды, предельный момент трения испытуемого трибосопряжения. Производят пуск машины трения. Затем осуществляют включение системы циркуляции, фильтрации и терморегуляции испытываемой смазочной среды. В результате, источник циркуляции подает испытываемую смазочную среду под постоянным давлением, величина которого регулируется предохранительным клапаном, на фильтрующий элемент. Вся информация о ходе эксперимента отображается в графическом виде на экране дисплея персональной ЭВМ и записывается отдельным файлом в ее оперативной памяти, который по окончании эксперимента обрабатывается специальным программным продуктом и выдается в виде таблиц и графиков на экране дисплея или распечатывается на бумаге. «Более подробное описание принципа действия установки описано в источнике [1]»

Нагружение испытуемого трибосопряжения может осуществляться в двух режимах: статическом и динамическом. Статическое нагружение испытуемых образцов осуществляют путем создания постоянного по величине давления в полостях нагружения и полостях разгружения. В динамическом режиме нагружение осуществляют посредством системы нагружения. В результате, созданный автоматизированный комплекс для проведения триботехнических испытаний конструкционных материалов и смазочных сред, позволит производить испытания на надежность и эффективность в автоматизированном режиме работы. К сожалению, нынешняя модель АТС нуждается в доработке. В первую очередь это касается увеличения скорости быстрогодействия, расширения частотного диапазона управления, уменьшения массы и габаритов установки, а также, расширения функциональных возможностей и количества регистрируемых параметров.

#### **Список литературы:**

1. Буханченко С.Е. Автоматизированный комплекс для трибодиагностики пар трения вращательного действия в условиях, максимально приближенных к реальным // журнал «Контроль. Диагностика»; 2009. №7.
2. Силин А.А. Трение и его роль в развитии техники. – М: Наука, 1983. – 176 с.
3. А. с. № 1647365 (СССР). Устройство для испытания материалов на трение и износ/ Ю. Н. Дроздов, В. И. Клочихин, В. П. Серговский. Оpubл. в Б. И., 1991, № 17.
4. А. с. № 2073845. Устройство нагружения к машине трения для испытания на трение и износ сопряжения типа вал – колодки/ С. А. Ларионов, А. Б. Пушкаренко. Оpubл. в Б. И., 1997, № 5.

## **Кулонометрическая автокалибровка датчика рН при контроле показателя кислотности водных объектов**

Калашникова Д.А.  
terrezaprk@mail.ru

*Научный руководитель: к.т.н., старший преподаватель, Кагиров А.Г., кафедра ЭБЖ ИНК ТПУ*

Согласно Федеральному закону от 21.07.2014 N219-ФЗ (ред. от 29.12.2014) "О внесении изменений в Федеральный закон "Об охране окружающей среды" и отдельные законодательные акты Российской Федерации" предприятия, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду, в зависимости от уровня воздействия подразделяются на четыре категории: объекты I категории – объекты, оказывающие значительное негативное воздействие на окружающую среду (ОС); объекты II категории – объекты, оказывающие умеренное негативное воздействие на ОС; объекты III категории – объекты, оказывающие незначительное негативное воздействие на ОС; объекты IV категории – объекты, оказывающие минимальное негативное воздействие на ОС.

В соответствии с изменениями, вносимыми в закон «О водоснабжении и водоотведении», с 1 января 2015 года предприятия с объемом сброса более 200 м<sup>3</sup> в сутки обязаны строить собственные очистные сооружения, системы оборотного водоснабжения, устанавливать автоматизированные системы по контролю за составом загрязняющих веществ, объемом или массой сточных вод, а также выбросов в атмосферный воздух, нормировать свои сбросы и выбросы и отвечать за загрязнения водных объектов.

Вышеизложенные обстоятельства доказывают высокую актуальность исследований, направленных на создание аналитических комплексов мониторинга качественных и количественных параметров сточных вод промышленных предприятий. Безусловным требованием, предъявляемым к средствам мониторинга, является полная автоматизация (пусть даже с ухудшением метрологических характеристик), так как проведение анализа в лабораторных условиях является длительным и дорогостоящим. Разработка измерительных средств для полностью автономного контроля водных объектов по интегральным показателям позволит проводить количественный учет сбрасываемых веществ в режиме реального времени, создавать интернет ресурсы, демонстрирующие в онлайн режиме качество водных объектов, что, в свою очередь, повысит социальную и экологическую ответственность предприятий.

Важно отметить, что число нормируемых показателей качества природных вод велико, однако, экспертов чаще всего интересуют отдельные показатели для конкретных объектов анализа. Проведение исчерпывающего анализ по отдельным показателям для ежедневного мониторинга нецелесообразно как с точки зрения стоимости, так и информативности.

На данном этапе развития аналитических методов анализа наибольший интерес, с точки зрения стоимости анализа и возможности его полной автоматизации, представляют следующие методы физико-химического анализа: контактная кондуктометрия [1], потенциометрия [2], фотоколориметрия [3], кулонометрическое

титрование, твердофазная спектроскопия на полиметилметакрилатных носителях [4–7]. Таким образом, с точки зрения себестоимости и возможности полной автоматизации, нами были выделены следующие группы скрининговых показателей: температура, общая минерализация, ХПК, мутность, суммарное содержание тяжелых металлов, показатель кислотности pH.

В настоящей работе рассматриваются аспекты автоматизации потенциометрического определения pH с использованием ион-селективных электродов. Измерение pH используется во многих производствах, где необходим контроль среды, так как во многих случаях pH является универсальным показателем состояния среды [2]. Основным требованием к рабочему электроду является получение с его помощью воспроизводимого аналитического сигнала.

Конструкция измерительного устройства для непрерывного мониторинга показателя кислотности водных сред представлена на рис. 1.

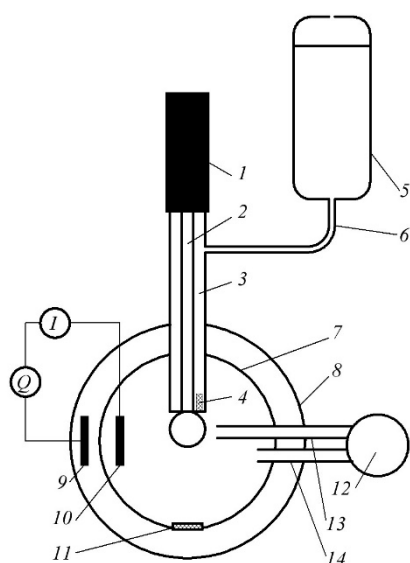


Рисунок 1. Датчик pH для длительного непрерывного мониторинга с функцией кулонометрической калибровки:  
1 — комбинированный pH электрод, 2 — стеклянный электрод, 3 — электрод сравнения, 4 — пористая мембрана, 5 — емкость с хлоридом калия, 6 — капиллярная трубка, 7 — труба с анализируемой средой, 8 — наружная труба, 9 — анод, 10 — катод, 11 — пористая мембрана, 12 — насос, 13 — нагнетательный патрубок, 14 — патрубок всоса.

Конструкция измерительного устройства предполагает её установку в проточную систему (например, байпасный трубопровод). Измерение pH реализуется на комбинированном датчике со стеклянным индикаторным и двухключевым хлоридсеребряным электродом сравнения. Выход из строя электрода сравнения, как правило, связан с его засыханием, уменьшением концентрации хлорид-ионов или засорением пористой мембраны, из которой должен сочиться электролит. Для исключения вышеописанных ситуаций используется емкость с насыщенным раствором KCl, из которой электролит самотеком поступает в электрод сравнения.

Стеклянный электрод выходит из строя значительно реже, что связано либо с его механическим засорением, либо с уменьшением селективности стеклянной мембраны. Для устранения механического загрязнения предложена система



гидравлической промывки самой же средой, в которой осуществляется измерение pH. Падение крутизны градуировочной характеристики pH электрода можно установить только с помощью его калибровки. Однако калибровка всегда связана с перемещением датчика из одного раствора в другой, что для целей автоматического мониторинга неприемлемо, так как связано с использованием точных механических устройств, их дороговизной и низкой надежностью. Кроме того, реализация традиционного способа построения градуировочной характеристики pH электрода связана с использованием буферных растворов, которые также необходимо хранить в непосредственной близости с датчиком.

Для исключения вышеописанных трудностей построения градуировочной характеристики pH электрода предлагается система электрогенерации ионов  $\text{OH}^-$  и  $\text{H}^+$  из воды непосредственно в измеряемой среде. При кулонометрическом выделении гидроксид-ионов во внутренней трубе pH будет изменяться, при этом о величине изменения можно судить по известному количеству заряда, протекшему при электролизе.

#### **Список литературы:**

1. Кагиров А.Г. Романенко С.В. Схема измерения электропроводности растворов миниатюрными кондуктометрическими датчиками // Контроль. Диагностика. 2012. № 11. С. 30-33.
2. Раденков Т.А., Романенко С.В., Кагиров А.Г. Композитный хингидронный датчик для контроля pH природных вод // Контроль. Диагностика. 2011. № Sp. С. 146-148.
3. Калашникова Д.А. Разработка и реализация портативного фотоколориметра для полевого анализа вод, реализующего измерения жидких и твердых образцов // Ресурсоэффективным технологиям - энергию и энтузиазм молодых: сборник докладов V Всероссийской конференции студентов Элитного технического образования, Томск, 25-27 Марта 2014 года. - Томск: ТПУ, 2014 - С. 138-142.
4. Калашникова Д.А., Кагиров А.Г. Разработка средств автоматического контроля для фотометрических методов анализа // Неразрушающий контроль: сборник научных трудов IV Всероссийской научно-практической конференции "Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность", Томск, 26-30 Мая 2014 года.: в 2 т. - Т 2. - Томск: ТПУ, 2014 - С. 145-148.
5. Гавриленко Н.А., Саранчина Н.В. Твердофазная экстракция и спектрофотометрическое определение меди (II) с использованием полиметакрилатной матрицы // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2008. Т. 74. № 1. С. 6-8.
6. Гавриленко Н.А., Саранчина Н.В. Твердофазно-спектрофотометрическое определение серебра с использованием дитизона, иммобилизованного в полиметакрилатную матрицу // Журнал аналитической химии. 2010. Т. 65. № 2. С. 153-157.
7. Gavrilenko N.A., Saranchina N.V. Analytical properties of 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol immobilized on a polymethacrylate matrix // Journal of Analytical Chemistry. 2009. Т. 64. № 3. С. 226-230.

## **Влияние температуры воды на результат измерения емкости кабеля по ГОСТ 27893-88**

Мазиков С.В.  
[s-mazikov@mail.ru](mailto:s-mazikov@mail.ru)

*Научный руководитель: Вавилова Г.В. старший преподаватель кафедры  
информационно измерительной техники ТПУ*

Одним из важных параметров кабелей связи, определяющих качество передачи информации, является волновое сопротивление и связанная с ним погонная емкость кабеля [1].

На сегодняшний день выходной контроль погонной емкости одножильного кабеля проводится в соответствии с ГОСТ 27893-88. Если кабель не имеет металлической оболочки, то для измерения емкости образец кабеля известной длины помещается в заземленный бак с водой. Измерение емкости производится между токопроводящей жилой и водой, в которую погружен кабель [2]. В данном случае система «вода – кабель» представляет собой цилиндрический конденсатор, одной обкладкой которого является токопроводящая жила, а другой – вода, в которую погружается образец. Значение емкости, полученного конденсатора, является результатом измерения емкости кабеля в пересчете на единицу его длины. Следовательно, вода является составной частью измерительной схемы и может оказывать влияние на результат измерения.

Известно, что изменение удельной электропроводности воды может происходить вследствие изменения концентрации и химического состава примесей, а также при изменении температуры воды. Про требования, предъявляемые к качеству воды, ее химическому составу и температуре, в ГОСТ 27893-88 нет никаких упоминаний. На основании этого использование воды с разной концентрацией и химическим составом примесей приводит к отклонению в результатах измерения емкости кабеля. Соответственно при использовании воды из разных источников, с разными примесями и температуры нет гарантии получения одинаковых результатов погонной емкости кабеля при проведении измерений в соответствии с ГОСТ. В работе [3] проведены исследования о влиянии на результат измерения погонной емкости кабеля в соответствии с ГОСТ 27893-88 при изменении электропроводности за счет концентрации поваренной соли.

Цель данной работы провести анализ влияния изменения удельной электропроводности воды за счет изменения температуры при проведении измерения погонной емкости в соответствии с ГОСТ 27893-88.

В качестве экспериментальных образцов используются отрезки одножильных кабелей. Длина образца кабеля составляет 1м. Оболочки образцов кабелей выполнены из различных материалов, что дает разброс значений погонной емкости образцов в диапазоне от 170 пФ/м до 430 пФ/м. Активная составляющая комплексного сопротивления всех образцов примерно одинаковая. Действительное значение погонной емкости образцов определяется в соответствии с ГОСТ 27893-88 при использовании водопроводной пресной воды измерителем емкости иммитанса

АК-3000, производства фирмы Актаком. Используемая последовательная эквивалентная, схема замещения объекта, представлена на рисунке 1.

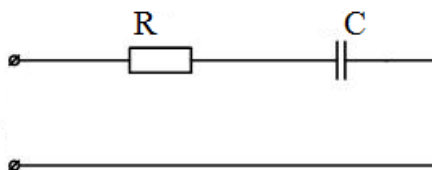


Рисунок 1. – Последовательная RC цепь.

При проведении эксперимента изменения удельной электропроводности обеспечиваются за счет изменения температуры воды. Концентрация примесей в водопроводной воде не изменяется.

В качестве начальных условий используется водопроводная пресная вода, температура которой составляет 13 градусов по Цельсию. Эксперимент проводится по описанной выше схеме. Изменение температуры воды обеспечивается добавлением в бак горячей воды. Измерения проводятся при температуре воды 20, 30, 40 °С. Результаты данного эксперимента приведены на рисунке 2.

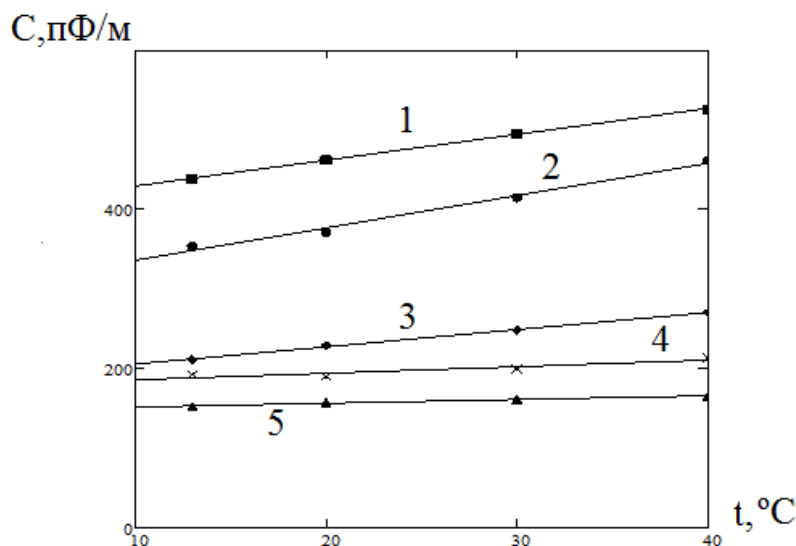


Рисунок 2. – Зависимость влияния температуры воды на результат измерения погонной емкости

1 – емкость кабеля С11, 2 – емкость кабеля С14, 3 – емкость кабеля С7,  
4 – емкость кабеля С10, 5-емкость кабеля С16

При анализе зависимостей (рисунок 2) можно сделать вывод, что при увеличении температуры наблюдается значительное изменение погонной емкости кабеля. Отклонения измеренной емкости от действительного значения для разных образцов кабелей колеблются в диапазоне от 3% до 7% при температуре воды 13°С; в диапазоне от 5% до 10% при температуре воды 30°С; порядка 15% при температуре воды 40°С. Следовательно, применение, описанного в ГОСТ 27893-88, метода измерения емкости возможно только при обеспечении нормальных условий (20°С).

Таким образом, показано, что на изменение удельной электропроводности воды влияет изменение температуры воды, концентрации и химического состава примесей. Описанный в ГОСТ метод может быть реализован, только при использовании пресной водопроводной воды температурой 20 °С. При отклонении условий проведения эксперимента от указанных необходимо введение поправок, учитывающих текущее значение удельной электропроводности используемой воды.

**Список литературы:**

1. ГОСТ 11326.0-78. Радиочастотные кабели. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2003.– 35 с.
1. ГОСТ 27893–88 (СТ СЭВ 1101–87). Кабели связи. Методы испытаний.– М.: Изд-во стандартов, 1989.– 26 с.
2. Мазиков С. В. Особенности измерения емкости кабеля по ГОСТ 27893-88 // Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее: сборник научных трудов III Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых. В 4-х томах, Томск, 6-11 Октября 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - Т. 1 - С. 142-145

**Выявление рисков несоблюдения таможенного законодательства в области классификации товаров медицинского назначения**

Николаева А.М.  
[amnik@inbox.ru](mailto:amnik@inbox.ru)

*Научный руководитель: к.и.н., Агеева В.В., доцент кафедры истории и регионоведения Томского политехнического университета*

**Введение.** В современном мире, характеризующемся международной экономической интеграцией стран и установлением тесных торговых взаимосвязей между государствами, товаропотоки из одних стран в другие представлены широчайшей номенклатурой. Благодаря научно-техническому прогрессу появляются новейшие виды товаров – приборы, вещества и материалы, - каждая группа которых обладает уникальными свойствами и функциями.

Таможенное оформление и контроль конкретных видов товаров имеет свои особенности в зависимости от качественных и количественных характеристик. Особенностью таможенного оформления товаров медицинского назначения, лекарственных средств является применение мер нетарифного регулирования - запретов и ограничений на ввоз или вывоз с таможенной территории. Это предполагает необходимость предоставления в таможенный орган дополнительных документов при декларировании данных товаров.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью соблюдения национальной экономической безопасности при перемещении товаров медицинского назначения через таможенную границу Таможенного союза. Наряду с прочими товарами через границу перевозятся такие товары медицинского назначения, как наркотические средства, ядовитые вещества, лекарственные препараты и фармацевтические субстанции. Неконтролируемое перемещение и использование

такого рода товаров представляет потенциальную опасность. Во избежание затруднений и правонарушений в процессе таможенного оформления и контроля необходима достоверная классификация товаров в соответствии с Товарной номенклатурой внешнеэкономической деятельности ЕАЭС. Во избежание ошибок классификации и для эффективного контроля заявленного кода ТНВЭД, таможенные органы используют систему оценки возможных случаев недостоверного декларирования – систему управления рисками.

Целью исследования является выявление и оценка рисков несоблюдения таможенного законодательства в части недостоверного декларирования кода ТНВЭД для товаров медицинского назначения. Основу анализа составили: нормативно-правовые источники, регулирующие применение системы управления рисками в сфере таможенной классификации товаров [1, 2, 4-11]; номенклатура ВЭД Таможенного союза, примечания и пояснения к ТНВЭД, терминологический аппарат ТНВЭД [3]; материалы судебной практики по делам об оспаривании кода ТНВЭД [12].

### **Результаты исследования**

Согласно приказу ФТС России №1069 от 26.09.2003 г. «Об утверждении Концепции системы управления рисками таможенной службы Российской Федерации», под «риском» понимается вероятность несоблюдения таможенного законодательства как Российской Федерации, так и Таможенного союза [13]. Анализ рисков подразумевает систематическое использование имеющейся у таможенных органов информации для определения причин и условий возникновения рисков, их идентификации и оценки возможных последствий несоблюдения таможенного законодательства.

Под товарами группы риска следует понимать товары, перемещаемые через таможенную границу, в отношении которых выявлены риски либо существуют потенциальные риски несоблюдения таможенного законодательства. К товарам группы прикрытия относятся товары, которые с достаточной степенью вероятности могут декларироваться вместо товаров риска.

На сегодняшний день при оценке рисков недостоверного заявления кода ТНВЭД в таможенной практике используются следующие факторы: ставка таможенной пошлины, отрасль или группа изделий, историческая точность заявляемых сведений.

Перемещение товаров медицинского назначения через таможенную границу Таможенного союза характеризуется сложностями не только в вопросах документального сопровождения партий товара, но и тонкостями в корректной классификации данных товаров по ТН ВЭД. Кажущееся очевидным отнесение того или иного вещества к определенной товарной позиции не всегда бывает верным, и правильный 10-значный код, а тем более название нужной товарной позиции, нередко выглядит неожиданно по отношению к классифицируемому товару.

Например, если рассмотреть п. 2.12 «Единого перечня товаров, к которым применяются запреты или ограничения на ввоз или вывоз государствами - членами Таможенного союза» [11], можно заметить, что, несмотря на общую характеристику данных товаров как «наркотические средства, психотропные вещества и их прекурсоры», различия в кодах ТН ВЭД наблюдаются даже на уровне разделов. И раздел II «Продукты растительного происхождения», и раздел VI «Продукция химической и связанных с ней отраслей промышленности» имеют среди прочих товаров некоторые позиции, объединённые общим предназначением, целями использования, характеристиками и ограничениями к ввозу и вывозу [3].

Ядовитые вещества, относящиеся к п. 2.13 Перечня [11], включают в себя товары, представленные в трех разделах ТН ВЭД – к разделам II и VI добавляется еще и раздел XV «Недрагоценные металлы и изделия из них» [3]. В этом разделе классифицируется, например, такое ядовитое вещество как «таллий необработанный». Являясь тяжёлым металлом, данный элемент используется в медицинских целях. Соединения этого металла активно применялись для терапии туберкулеза и дизентерии в период с 1912 по 1930 год. Однако вскоре такое использование стало терять популярность по причине небольшой разницы между терапевтической и токсической дозами. В настоящее время возрастает использование радиоактивного изотопа таллия в целях диагностики болезней сердечно-сосудистой системы и онкологических заболеваний.

Лекарственные средства и фармацевтические субстанции, отнесенные к п. 2.14 Перечня [11], представлены тремя разделами ТН ВЭД – раздел IV «Готовые пищевые продукты; алкогольные и безалкогольные напитки и уксус; табак и его заменители», раздел VI «Продукция химической и связанных с ней отраслей промышленности» и раздел VII «Пластмассы и изделия из них; каучук, резина и изделия из них» [3]. К разделу IV относятся препараты, в состав которых входят витамины и минеральные вещества, используемые в медицинских целях. Раздел VII включает в себя полимеры природные, к которым относится, например, альгиновая кислота. Соли альгиновой кислоты образуют вязкие растворы, что позволяет применять их на практике в качестве загустителей, стабилизаторов и связующих в изготовлении пищевых продуктов и лекарственных препаратов. На сегодняшний день альгинаты широко используются в качестве вспомогательных веществ при производстве готовых лекарственных средств и в качестве биологически активных веществ в медицинских препаратах. Например, альгиновая кислота играет роль разрыхлителя в составе таблеток. Количество ввозимых в Россию медикаментов таблетированной формы, содержащих в себе альгиновую кислоту и её соли в качестве вспомогательных веществ, составляет приблизительно 20%. Без добавления альгинатов всем знакомый препарат «Пенталгин» распадался бы в желудке от 30 до 60 минут, а с использованием альгиновой кислоты это время сокращается до 5-10 минут. Кроме того, альгинаты применяются еще и в области стоматологии – альгинат натрия используется в процессе снятия отпечатков зубов для их протезирования.

Органы и ткани человека, кровь и её компоненты классифицируются немного проще – коды ТН ВЭД этих товаров представлены лишь в позициях 3001 и 3002, относящихся к группе 30 «Фармацевтическая продукция». Однако в зависимости от назначения данных товаров они представлены как в п. 2.14 «Лекарственные средства и фармацевтические субстанции, ввоз которых на таможенную территорию Таможенного союза ограничен» Перечня, так и в п. 2.21 «Органы и ткани человека, кровь и ее компоненты, ограниченные к перемещению через таможенную границу Таможенного союза при ввозе и (или) вывозе» [3, 11].

Однако не только определение происхождения товаров медицинского назначения играет роль при их классификации по ТН ВЭД. На правильность отнесения товара к той или иной товарной позиции влияют и такие, на первый взгляд незаметные, детали, как лекарственная форма, расфасовка и упаковка медицинских препаратов. Например, в ходе разбирательств по делу № А56-55853/2012 ООО «АБИК Септа» обратилось в Арбитражный суд города Санкт-Петербурга и Ленинградской области с заявлением о признании незаконным отказа Балтийской таможни в изменении классификационного кода 3004901900 ТН ВЭД на классификационный код

3003200009 ТН ВЭД [12]. Суд первой инстанции заявленные требования удовлетворил, придя к выводу о недоказанности таможенным органом оснований для классификации спорного товара в позиции 3004 ТН ВЭД ТС. Не согласившись с Решением суда, таможенный орган направил апелляционную жалобу, в которой просил Решение суда отменить, принять новый судебный акт об отказе в удовлетворении заявленных требований.

Согласно материалам дела, ООО «АБИК Септа» в период с ноября 2010 года по август 2011 года ввезло на таможенную территорию таможенного союза товар из США – кормовой антибиотик «Стафак 110», упакованный в бумажные пакеты весом 25 кг. В Балтийскую таможню обществом была подана декларация на товары, сопровождаемая необходимыми документами и сведениями, предусмотренными таможенным законодательством. К таким документам относилось свидетельство о государственной регистрации лекарственного средства для животных, предназначенного для профилактики и лечения некротического энтерита у кур и дизентерии у свиней. В графе 33 декларации на товары декларантом заявлен код ТН ВЭД ТС – 3004901909, ставка ввозной пошлины 10%. После выпуска товаров, в результате изучения товаросопроводительных документов и документов производителя товара, общество пришло к выводу, что товар следовало классифицировать по коду ТН ВЭД 3003200009 со ставкой ввозной таможенной пошлины 0% [3, 12].

В товарной позиции 3003 ТН ВЭД ТС классифицируются лекарственные средства, состоящие из смеси двух или более компонентов, для использования в терапевтических или профилактических целях, но не расфасованные в виде дозированных лекарственных форм или в формы или упаковки для розничной продажи. Товарная позиция 3004 ТН ВЭД ТС предназначена для классификации лекарственных средств, расфасованных в виде дозированных лекарственных форм или в формы или упаковки для розничной продажи.

В настоящем деле решающую роль в выборе конкретного кода ТН ВЭД сыграло целевое назначение упаковки, а именно, предназначенное для розничной торговли или не предназначенное для таковой. Представленные обществом документы свидетельствуют о том, что кормовой антибиотик «Стафак 110» относится к лекарственным средствам, состоящим из смеси двух или более компонентов, для использования в терапевтических или профилактических целях, но не расфасованным в виде дозированных лекарственных форм или в формы или упаковки для розничной продажи, а, следовательно, относится к товарной позиции 3003 ТН ВЭД. Таким образом, Решение Арбитражного суда г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области от 25 декабря 2012 года по делу № А56-55853/2012 было оставлено без изменения, апелляционная жалоба Балтийской таможни не была удовлетворена [12].

Процесс таможенного оформления товаров медицинского назначения имеет свои сложности и тонкости. Во-первых, это обусловлено применением к таким товарам запретов и ограничений ввиду их специфических характеристик, которые делают такие товары потенциально опасными для общества и экономики государства при неконтролируемом производстве, распределении и использовании [4-10]. Во-вторых, существует немалое количество нормативно-правовых актов, на положения которых необходимо опираться при ввозе, вывозе и транзите данных товаров по территории Таможенного союза. В-третьих, как и любая другая группа товаров, товары

медицинского назначения имеют определенные хитрости при определении их классификационного кода по ТН ВЭД.

В результате изучения нормативно-правовой базы международной перевозки таких товаров можно сделать вывод, что международными договорами установлен всесторонний контроль за изготовлением, распределением, торговлей (как внутренней, так и внешней) и использованием товаров медицинского назначения, а их перемещение через таможенную границу Таможенного союза строго регулируется посредством специфического документального оформления. Анализ классификации таких товаров по ТН ВЭД показал, что для правильного их отнесения к тому или иному коду ТН ВЭД необходимо учитывать все признаки таких товаров – происхождение, количество, назначение, упаковку, расфасовку и др.

Таким образом, грамотное таможенное оформление товаров медицинского назначения зависит от многих факторов, в числе которых немалую роль играют соблюдение запретов и ограничений, сопровождение товарных партий необходимыми документами и сведениями и правильная классификация таких товаров по ТН ВЭД.

### **Заключение**

Анализ рисков несоблюдения таможенного законодательства в части недостоверного декларирования кода ТНВЭД для товаров медицинского назначения показал первостепенное значение таких факторов, как назначение и специфика применения товаров медицинского профиля. Кроме того, при контроле достоверности заявленного кода ТНВЭД, помимо традиционных факторов риска (ставка таможенной пошлины, группа изделий, историческая точность заявленных сведений), существенное внимание следует уделить таким признакам медицинских товаров, как происхождение, количественные характеристики, упаковка и расфасовка товаров.

### **Список литературы:**

1. Таможенный кодекс Таможенного Союза [Электронный ресурс] Информационно-правовая система «Консультант Плюс» URL: [http://www.consultant.ru/popular/custom\\_eaes/](http://www.consultant.ru/popular/custom_eaes/) [Дата обращения: 30.03.2015]
2. Федеральный закон №311-ФЗ от 27.11.2010 «О таможенном регулировании в РФ» [Электронный ресурс] Информационно-правовая система «Консультант Плюс» URL: [http://www.consultant.ru/popular/custom\\_new/](http://www.consultant.ru/popular/custom_new/) [Дата обращения: 30.03.2015]
3. Товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности Таможенного союза ЕАЭС [Электронный ресурс] Российский информационно-аналитический таможенный портал “TKS.RU” URL: <http://www.tks.ru/db/tnved/tree> [Дата обращения: 30.03.2015]
4. Соглашение Правительств государств - членов Евразийского экономического сообщества от 09.06.2009 «О правилах лицензирования в сфере внешней торговли товарами» [Электронный ресурс] Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации «Техэксперт» URL: <http://docs.cntd.ru/document/902202346> [Дата обращения: 30.03.2015]
5. Конвенция ООН «О наркотических средствах» 1961 года [Электронный ресурс] Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации «Техэксперт» URL: <http://docs.cntd.ru/document/1900371> [Дата обращения: 30.03.2015]



6. Конвенция ООН «О психотропных веществах» 1971 года [Электронный ресурс] Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации «Техэксперт» URL: <http://docs.cntd.ru/document/1901829> [Дата обращения: 30.03.2015]
7. Положение о порядке ввоза на таможенную территорию, вывоза с таможенной территории и транзита по таможенной территории Таможенного союза наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров [Электронный ресурс] Федеральная таможенная служба России URL: [http://ved.customs.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=155&Itemid=1917](http://ved.customs.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=155&Itemid=1917) [Дата обращения: 30.03.2015]
8. Положение о порядке ввоза, вывоза и транзита ядовитых веществ, не являющихся прекурсорами наркотических средств и психотропных веществ, по таможенной территории Таможенного союза [Электронный ресурс] Федеральная таможенная служба России URL: [http://ved.customs.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=154&Itemid=1914](http://ved.customs.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=154&Itemid=1914) [Дата обращения: 30.03.2015]
9. Положение о порядке ввоза на таможенную территорию Таможенного союза лекарственных средств и фармацевтических субстанций [Электронный ресурс] Федеральная таможенная служба России URL: [http://ved.customs.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1610&Itemid=1919](http://ved.customs.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=1610&Itemid=1919) [Дата обращения: 30.03.2015]
10. Положение о порядке ввоза на таможенную территорию Таможенного союза и вывоза с таможенной территории Таможенного союза органов и тканей человека, крови и ее компонентов [Электронный ресурс] Федеральная таможенная служба России URL: [http://ved.customs.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=162&Itemid=1940](http://ved.customs.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=162&Itemid=1940) [Дата обращения: 30.03.2015]
11. Единый перечень товаров, к которым применяются запреты или ограничения на ввоз или вывоз государствами – участниками Таможенного союза в рамках Евразийского экономического сообщества в торговле с третьими странами [Электронный ресурс] Евразийская Экономическая Комиссия URL: [http://www.tsouz.ru/db/entr/norm-prav-doc/ediniy\\_perechen/Pages/default.aspx](http://www.tsouz.ru/db/entr/norm-prav-doc/ediniy_perechen/Pages/default.aspx) [Дата обращения: 30.03.2015]
12. Решение Арбитражного суда г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области от 25.12.2012 по делу № А56-55853/2012 [Электронный ресурс] Тринадцатый арбитражный апелляционный суд, Санкт-Петербург URL: <http://13aas.arbitr.ru/cases/cdoc?docnd=784377714> [Дата обращения: 30.03.2015]
13. Приказ ГТК РФ от 26.09.2003 N 1069 "Об утверждении Концепции системы управления рисками в таможенной службе Российской Федерации" (26 сентября 2003 г.) [Электронный ресурс] Информационно-правовая система «Консультант Плюс» URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_45391/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_45391/) [Дата обращения: 30.03.2015]

## **Национальная детализация товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности: исторический опыт, правовые основы, методология**

Шильцова Е.А.  
Ekaterina.shiltsova@gmail.com

*Научный руководитель: к.и.н., Агеева В.В., доцент кафедры истории и регионоведения Томского политехнического университета*

**Введение.** Национальная детализация номенклатуры внешнеэкономической деятельности, соответствующая уровню экономического развития страны и отвечающая государственным интересам, составляет одно из важнейших оснований национальной безопасности. Классификация товаров в таможенных целях является одним из наиболее сложных и рискогенных этапов таможенного оформления и контроля. От степени адекватности детализации ТНВЭД зависит размер уплачиваемых таможенных платежей, соблюдение участниками внешнеэкономической деятельности таможенного законодательства в сфере тарифного и нетарифного регулирования. Недобросовестные таможенники и участники ВЭД нередко извлекают выгоду из практического применения номенклатуры, используя возможности для неоднозначной трактовки и отнесения товаров к тем или иным кодам. Недостаточный уровень проработанности номенклатурной части, примечаний и пояснений ТНВЭД представляет питательную почву для неточностей, ошибок и разночтений при таможенной классификации.

Для решения существующих проблем необходимы новые инструменты и методики, которые на сегодняшний день отсутствуют. Мероприятия, предпринимаемые в сфере национальной детализации ТНВЭД в последнее десятилетие (после вступления России во Всемирную торговую организацию в 2012 г.) носят преимущественно «догоняющий» характер и подчас лишь усложняют контроль достоверности заявленного кода ТНВЭД. Разработка эффективных методик национальной детализации ТНВЭД невозможна без обобщения накопленного исторического опыта в этой области.

В данной работе предпринята попытка сравнительного анализа методологии и правовых оснований разработки и внесения изменений в российские внешнеэкономические классификаторы, с конца XIX до начала XXI вв., с целью выявить историческую специфику и системные проблемы национальной детализации классификаторов, а также сформулировать возможные пути их преодоления.

### **Результаты исследования**

История разработки международных, региональных и национальных классификаторов экономической информации насчитывает не одно десятилетие. Начавшись во второй половине XIX века, она непрерывно пишется и в XXI веке. Разработка внешнеэкономических и статистических классификаторов в России началась на полвека позже, чем в западноевропейских странах, что, в первую очередь, было связано с экономической политикой и уровнем развития внешней торговли Российской империи.

Внешняя торговля России начала активно развиваться с конца XIX века. В этот период и возникла необходимость разработки номенклатуры товаров. Первая

внешнеторговая номенклатура была принята еще в дореволюционной России в 1891 году, она была, главным образом, ориентирована на ведение статистического учёта товаров, перемещаемых через границу. Даже на тот период эта номенклатура слабо соответствовала требованиям внешнеэкономического классификатора.

С течением времени менялась структура экспортно-импортных потоков: если в начале XX века основную долю в экспорте страны занимали продовольственные товары, а в импорте – сырьё и готовые изделия, то в период первых сталинских пятилеток предметом экспорта стало оборудование для тяжелой промышленности, чёрные и цветные металлы. Именно в период первой пятилетки объем внешней торговли значительно возрос.

Новая ситуация требовала подходящих инструментов ведения таможенной статистики и анализа торговых потоков. Так, активизация внешнеторговой деятельности привела к тому, что с 1 января 1934 года учёт внешней торговли начинает производиться по новой, пересмотренной номенклатуре 1891 года. В новой номенклатуре все товары были разбиты на 59 групп, объединенных в 17 разделов, содержалась 1961 товарная позиция, единая для экспорта и импорта (в ранее действовавшей номенклатуре было 506 товарных позиций по экспорту и 1290 позиций по импорту). Впоследствии, данная товарная номенклатура была пересмотрена и доработана, и в 1954 году вступила в силу под названием - Единая товарная номенклатура внешней торговли Министерства внешней торговли СССР (ЕТН ВТ СССР) [1].

Структура товарных потоков резко изменилась в период Великой Отечественной войны. В первую очередь, речь идёт об импорте товаров, необходимых для военных нужд, а в целом, торговые отношения находились в упадке. Ситуация изменилась коренным образом после окончания Второй Мировой войны, когда образовались две мировые экономические системы: рынок капиталистических стран и рынок социалистических стран.

В 60-х гг. прошлого века наблюдался экономический рост СССР, способствующий кратному увеличению объемов товарооборота. В большей степени, торговля велась на новом социалистическом рынке (чему способствовало взаимодействие социалистических стран в рамках Совета Экономической Взаимопомощи). В период 1960-70 гг. весь объём внешней торговли СССР вырос в 17 раз. Безусловно, сложившаяся ситуация требовала соответствующих инструментов ведения внешнеэкономической деятельности, статистического и экономического анализа. Капиталистические страны применяли для целей внешней торговли и статистического учёта Брюссельскую товарную номенклатуру и Номенклатуру совета таможенного сотрудничества, а страны социалистического лагеря, в рамках СЭВ, задумались о разработке собственной системы классификации.

Впервые этот вопрос был поднят на совещании, посвященном вопросам внешней торговли стран-членов СЭВ в марте 1959 года. Тогда в целях гармонизации и упрощения таможенных формальностей странам СЭВ рекомендовалось применять ЕТН ВТ СССР 1954 года. Предполагалось модернизировать данную номенклатуру в соответствии со сдвигами, произошедшими во внешней торговле. Но эти сдвиги оказались весьма значительными, и данная номенклатура не могла отражать реальную ситуацию на товарном рынке стран социалистического лагеря, в связи с чем, было принято решение о разработке новой товарной номенклатуры. В 1962 году Советом экономической взаимопомощи была принята и опубликована новая

товарная номенклатура – Единая номенклатура внешней торговли стран-членов СЭВ (ЕТН ВТ СЭВ).

ЕТН ВТ СЭВ включала 9 товарных разделов, 57 товарных групп, 325 подгрупп, 4200 товарных позиций и более 10 тысяч субпозиций. Существенным отличием ЕТН ВТ СЭВ от других номенклатур было присутствие в ней дополнительного «нулевого» раздела, в который входили производственные операции (раздел №0 - «Операции (услуги) материального характера»). Наличие такого особого раздела «услуг» являлось важным дополнением номенклатуры для экономики СССР и отражало сложившиеся на рынке тенденции. Таким образом, номенклатура 1962 г. носила характер не только товарной классификации, чем и отличалась от европейских аналогов, как по структуре, так и по части выполняемых функций.

Новая номенклатура дифференцировала все товары по трём основаниям: назначению в народном хозяйстве, происхождению и степени обработки. Кроме того, данный классификатор дал возможность группировать товары по некоторым экономическим характеристикам: товар, как средство производства, предмет потребления, основное или оборотное средство, промышленное изделие или предмет сельского хозяйства.

В середине 1970-х гг. Советский Союз поддерживал торговые отношения более чем со ста государствами, в числе которых были: 13 социалистических, 76 развивающихся и 26 капиталистических стран. Внешняя торговля СССР в этот период характеризуется высокими темпами развития и кратным увеличением объёмов товарных потоков. Постепенный переход от режима «Холодной войны» к политике Разрядки предоставил новые возможности для углубления и расширения внешнеэкономических связей с промышленно развитыми странами.

Применение ЕТН ВТ СЭВ в таких условиях показало себя, как эффективный инструмент обеспечения сопоставимости показателей во внешней торговле как в целом, во всех странах СЭВ, так и в рамках одного государства. За время существования СЭВ вышло 4 издания номенклатуры, кроме того, вносились ежегодные дополнения и изменения. В номенклатуре было принято семизначное кодовое обозначение: первый знак – раздел, два первых знака – группа, три первых – подгруппа, пять знаков – товарная позиция, семь знаков – товарная субпозиция. Одним из важных преимуществ данной номенклатуры являлось то, что с её помощью можно было производить не только учёт товаров в пределах их наименований, но и, выделить отдельные сорта, виды товаров. В связи с этим, такая детализация давала возможность глубже изучить ценовую динамику и географическую направленность товаров.

ЕТН ВТ СЭВ не только являлась основой таможенного тарифа СССР, но и выполняла функции статистической товарной номенклатуры. Что же касается связи с другими международными классификаторами, она осуществлялась посредством переходных таблиц. Существенный минус этого классификатора – недостаточная приспособленность к выполнению протекционистских задач, что не давало ему возможности стать эффективным инструментом регулирования внешней торговли. Но, не только этот недостаток ЕТН ВТ СЭВ, но и кризисные явления в отношениях стран-участниц СЭВ 1980-е гг. способствовали уменьшению роли классификатора и, с расформированием СЭВ в 1991 году классификатор перестал работать. К этому времени СССР уже был разработан проект Товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности СССР (который опубликовали в 1990 году).

Номенклатура базировалась на Комбинированной Номенклатуре Европейского Союза (КН ЕЭС).

На этапе разработки ТНВЭД, специалисты союзных министерств и ведомств исследовали особенности Номенклатуры Гармонизированной системы и практику ее применения отдельными странами. Межведомственная комиссия по введению ГС, разрабатывавшая переходные таблицы между ЕТН ВТ СЭВ и НГС, пришла к выводу, что номенклатура СЭВ в отношении классификации целого ряда товаров безнадежно устарела по сравнению с международной основой. В этой связи детализация ГС, осуществленная в Комбинированной номенклатуре Европейского сообщества, оказалась для позднесоветской экономики более приемлемой, чем ранее существовавшая детализация ЕТН ВТ СЭВ. Было принято знаменательное решение (на сегодняшний день характеризующее рядом российских экспертов как противоречащее национальным интересам) взять за основу ТНВЭД не только ГС (на уровне 6 знака кода) но и КНЕС (на уровне 7 и 8 знака).

С распадом СССР и образованием Содружества Независимых Государств в 1991 году, торговые отношения России были переориентированы на новый рынок, рынок стран-участников СНГ. Это и стало толчком к проектированию нового классификатора.

Разработка новой номенклатуры велась в непростых условиях функционирования российского рынка: начало 1990-х гг. ознаменовало переход таможенного регулирования, администрирования и структуры таможенных органов на качественно новый уровень в условиях становления национальной экономики на рыночные рельсы. Ситуация сложилась таким образом, что до официальной публикации ТН ВЭД СНГ декларанты, в связи со вступлением в силу Приказа ГУ ГТК СССР N 42 от 18.02.91, были вынуждены пользоваться одновременно двумя устаревшим классификаторами, - ЕТНВТ СЭВ и ТН ВЭД СССР. «Поскольку кодирование товара в грузовой таможенной декларации (графа 33) с 01.01.91 производится по "Товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности СССР" (ТН ВЭД), разработанной на базе "Гармонизированной системы описания и кодирования товаров" (ГС), а начисление таможенных пошлин - по "Единой товарной номенклатуре внешней торговли стран - членов СЭВ" (ЕТН ВТ СЭВ), декларант, впредь до введения нового таможенного тарифа, указывает в крайнем правом подразделе графы 33 грузовой таможенной декларации и добавочных листах к ней трехзначный код ЕТН ВТ СЭВ для начисления таможенной пошлины по ставкам Таможенного тарифа СССР. В случае если товары освобождены от оплаты таможенной пошлиной, этот код не проставляется» [2]. В условиях двойного кодирования положение было сложным и неопределенным, как с точки зрения таможенного администрирования, так и для декларантов при таможенном оформлении товаров.

Новым единым классификатором стала Таможенная номенклатура внешнеэкономической деятельности Содружества Независимых Государств (ТН ВЭД СНГ), которая была принята 3 ноября 1995 года [3]. В основе ТН ВЭД СНГ лежит Номенклатура Гармонизированной Системы описания и кодирования товаров (НГС) и КН ЕЭС. Российская Федерация уполномочена вести ТН ВЭД СНГ: следить за внесением изменений в международную основу СНГ, приводить номенклатуру в соответствии с НГС. Структура кода ТН ВЭД СНГ имеет девять знаков: первые шесть знаков – аналогичны НГС, следующие два знака – код КН ЕЭС, а девятый знак - подсубпозиция ТН ВЭД СНГ (обычно это ноль, предназначен для дальнейшей

детализации). Как одна из ГС-производных, ТН ВЭД СНГ включает Основные правила интерпретации (далее ОПИ) и примечания ко всем разделам и группа товаров. Но, она не лишена недостатков, важнейший из которых связан с недостаточной детализацией: номенклатура не позволяет кодировать некоторые категории изделий, что способствует нарушению таможенного законодательства недобросовестными участниками ВЭД. Второе издание ТН ВЭД СНГ с внесенными в соответствии с ГС изменениями вступило в силу 1.01.1997 г.

Развитие рынка импортных продуктов, увеличение объемов товарных потоков в начале XXI века выявило необходимость принятия нового таможенного тарифа. При формировании таможенного тарифа за основу берется товарная номенклатура. В этот период уже стал очевидным тот факт, что ТН ВЭД СНГ – не самый лучший вариант, который мог бы являться основой для разработки национального тарифа: недостаточная степень детализации в сочетании с отсутствием позиций, продиктованных временем, сделали номенклатуру бесполезной. Несмотря на то, что именно этот классификатор являлся базой при формировании предыдущего таможенного тарифа, действующего на основании Постановления Правительства с 1996 г., новый таможенный тариф был разработан на основе ТН ВЭД РФ [4].

Данная номенклатура товаров официально вступила в силу 10 марта 2000 г. [5] В основе ТН ВЭД России лежит Гармонизированная система описания и кодирования товаров и ТН ВЭД СНГ. Иными словами, новая российская номенклатура является развитием номенклатуры стран-членов СНГ, что подтверждается структурой кода: цифровой десятичный код имеет 10 знаков, первые 9 из которых повторяют кода товаров ТН ВЭД СНГ, а десятый знак отражает специфику экономики и рынка России. Как сообщает Т.Н. Трошкина, «Теперь позиции, в которых товары определялись не кодами, а текстовым описанием, переведены в основную структуру и получили самостоятельные 10-значные кодовые обозначения». Номенклатура включила в себя кроме, собственно, номенклатурной части, примечания к разделам и группам товаров, а также, ОПИ ТН ВЭД. ТН ВЭД России явилась хорошим классификатором, в достаточной степени отвечающим требованиям рынка, в связи с чем, вскоре стала основой еще одной товарной номенклатуры.

Начало 2000-х гг. ознаменовано началом активизации интеграционных процессов на постсоветском пространстве. 10 октября 2000 г. ряд стран (Республика Беларусь, Республика Казахстан, Кыргызская Республика, Российская Федерация, Республика Таджикистан) подписали договор об организации Евразийского экономического сообщества. Через 2 года сообщество утвердило Товарную номенклатуру ВЭД ЕврАзЭС. Соглашение о товарной номенклатуре ЕврАзЭС постановило, что для статистических целей и таможенно-тарифного регулирования участники Сообщества будут использовать гармонизированную с международными классификаторами ТН ВЭД РФ. По договору ведение ТН ВЭД ЕврАзЭС было возложено на ГТК РФ.

На этом углубление интеграционных процессов не закончилось: три государства – члена ЕврАзЭС образовали Таможенный союз (далее ТС), который начал своё функционирование с 2010 г. [6] В рамках формирования нормативно-правовой базы ТС, была утверждена Товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности ТС. Основу ТН ВЭД ТС составляет Номенклатура ГС и КН ЕС [7, 8]. Как и ТН ВЭД РФ, кроме номенклатурной части классификатор включает примечания к разделам и группам и ОПИ. Основными критериями, используемыми при классификации, являются: материал товара, его функциональное назначение, химический состав и степень обработки продукта. Десятичный цифровой код представлен 10 знаками:

первые 6 знаков соответствуют НГС, 8 – КН ЕЭС, 9 и 10 знаки предназначены для детализации в соответствии с особенностями экономики государства.

Суть принципа построения номенклатуры заключается в формировании кодов товаров в соответствии с пятью степенями детализации: 1 степень – раздел, 2 – группа (включая подгруппы), 3 – товарная позиция, 4 – товарная субпозиция, 5 – подсубпозиция. Номенклатура включает 21 раздел, в соответствии с которыми товары детализируются по отраслям промышленности. 97 групп распределяют товары в зависимости от материала, из которого они изготовлены, химического состава и назначения. 1241 товарная позиция и 5013 субпозиций выстраивают товары, учитывая вид материала, производственные мощности и значение товара для мировой торговли. Заключительные 4 цифры кода, обозначающие подсубпозицию, представляют детализацию номенклатуры в соответствии с признаками и критериями, принятыми в конкретной стране. В соответствии со следующей ступенью интеграции государства-члены ТС образовали Евразийский экономический союз (далее ЕАЭС), который официально стал функционировать с 1 января 2015 г. С этого же времени в качестве официального названия номенклатуры принята ТН ВЭД ЕАЭС.

### **Заключение**

Рассмотрев историю становления, методологию детализации и правовые основы функционирования товарных номенклатур, используемых в России с 1981 г., можно выявить, что они носили в большей степени региональный характер и в меньшей, национальный, и, вплоть до сегодняшнего дня, такая тенденция сохраняется. С этой особенностью были связаны как сильные, так и слабые стороны российских, советских и постсоветских, внешнеэкономических номенклатур: с одной стороны, широкие возможности региональной и национальной детализации классификаторов с опорой на экономическую специфику важнейших торговых партнеров, с другой стороны – тенденция к замыканию на узко-региональных интересах, отставанию от европейских научно-статистических достижений. Товарные номенклатуры, по сути, являлись отражением протекающих политических процессов в стране и мире и были жестко подвержены идеологическим веяниям. В сочетании с Таможенным тарифом Товарные номенклатуры являлись инструментом ведения политики государства, что очень ярко отражается в классификациях СССР. В период Советской власти товарным номенклатурам почти не отводилось роли инструмента регулирования внешней торговли в полной мере. Да и, частота их обновлений не была настолько своевременной, насколько быстро происходила реакция на меняющиеся условия рынка со стороны международных экономических и статистических классификаторов. Это обстоятельство связано, в первую очередь, с историческими процессами, протекавшими в XX веке в нашем государстве, и, конечно, с ролью таможенной службы, важность и необходимость которой была осознана лишь в конце предыдущего столетия.

### **Список литературы:**

1. Единая товарная номенклатура внешней торговли. М.: Внешторгиздат, 1954.
2. Приказ ГУ ГТК СССР №42 от 18.02.91 «Временный порядок взимания таможенных платежей. Приложение № 4» [Электронный ресурс] Информационно-правовая система «Консультант Плюс» URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_3057/?frame=4](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_3057/?frame=4) [Дата обращения: 30.03.2015]

3. Соглашение стран СНГ от 03.11.1995 г. «О единой товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности Содружества Независимых Государств» [Электронный ресурс] Информационно-правовой портал «Bestpravo.ru» URL: <http://www.bestpravo.ru/federalnoje/eh-instrukcii/k8w.htm> [Дата обращения: 30.03.2015]
4. Постановление от 27 декабря 1996 г. №1560 «О товарной номенклатуре, применяемой при осуществлении внешнеэкономической деятельности, и о таможенном тарифе Российской Федерации» [Электронный ресурс] Информационно-правовая система «Консультант Плюс» URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_102890/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_102890/) [Дата обращения: 30.03.2015]
5. Приказ Государственного таможенного комитета Российской Федерации от 10 марта 2000 года №176 «О ТН ВЭД России и о внесении изменений и дополнений в отдельные нормативные акты ГТК России» [Электронный ресурс] Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации «Техэксперт» URL: <http://docs.cntd.ru/document/901758400> [Дата обращения: 30.03.2015]
6. Товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности Таможенного союза ЕАЭС [Электронный ресурс] Российский информационно-аналитический таможенный портал “TKS.RU” URL: <http://www.tks.ru/db/tnved/tree> [Дата обращения: 30.03.2015]
7. Таможенный кодекс Таможенного Союза [Электронный ресурс] Информационно-правовая система «Консультант Плюс» URL: [http://www.consultant.ru/popular/custom\\_eaes/](http://www.consultant.ru/popular/custom_eaes/) [Дата обращения: 30.03.2015]
8. Федеральный закон №311-ФЗ от 27.11.2010 «О таможенном регулировании в РФ» [Электронный ресурс] Информационно-правовая система «Консультант Плюс» URL: [http://www.consultant.ru/popular/custom\\_new/](http://www.consultant.ru/popular/custom_new/) [Дата обращения: 30.03.2015]

#### **О применимости функции распределения прочности бетона для оценки технического состояния строительных материалов**

Осипов С. П.<sup>1</sup>, Подшивалов И. И.<sup>2</sup>, Жантыбаев А. А.<sup>3</sup> Абашкин А. Д.<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>osip1809@rambler.ru, <sup>2</sup>ivanpodchivalov@list.ru, <sup>3</sup>drivesey1305@gmail.com,  
<sup>4</sup>anthony.abashkin@gmail.com

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент, Осипов С. П., Национальный  
Исследовательский Томский Политехнический Университет*

**1. Введение.** В настоящее время в России происходит бурный рост жилищного строительства с применением новых технологий. Обеспечение высокого качества строительства и поддержание технического состояния зданий и сооружений на уровне, отвечающем запросам потребителя, невозможно без применения современных методов неразрушающего контроля и диагностики [1–2]. Основной характеристикой, используемой для оценки технического состояния строительных объектов из бетона, является прочность базового строительного материала – бетона [3,4]. Существуют различные реализации разрушающих, прямых неразрушающих и



косвенных неразрушающих методов измерения прочности бетона [5]. Наиболее удобными в практической реализации для оценки прочности бетонов являются ультразвуковой метод и метод отскока [5]. Бетоны являются материалами неоднородными по структуре, поэтому значение прочности, полученное в результате единичного акта измерения, логично рассматривать как случайную величину. Далее указанную величину будем называть анализируемой случайной величиной. Наиболее полными характеристиками упомянутой случайной величины являются её функция распределения и плотность распределения. Существуют различные предположения о характере распределения анализируемой случайной величины, например, о её нормальности [6]. Очевидно, что в процессе эксплуатации бетонных сооружений происходит изменение характера распределения прочности бетона в поверхностном слое. Из вышесказанного следует, что проблема определения характера распределения анализируемой случайной величины во вновь возведённых строительных сооружениях и изменение этого характера в процессе длительной эксплуатации остаётся актуальной. Заметим, что эта проблема характерна и для металлических конструкций [7].

## 2. Теория

В научной литературе для описания функции распределения анализируемой и других случайных величин, характерных для строительства, применяют различные законы: нормальный [6], логнормальный [7], Вейбулла [8], Гумбеля [9].

Плотность нормального распределения описывается выражением

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\xi)^2}{2\sigma^2}}, \quad -\infty < x < \infty, \quad (1)$$

здесь  $\xi$  – среднее отклонение,  $\sigma$  – стандартное отклонение.

Функция распределения случайной величины, распределённой по Вейбуллу, имеет следующий вид

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k}, \quad 0 < x < \infty, \quad (4)$$

где  $k$  и  $\lambda$  – параметры распределения Вейбулла.

Логнормальное распределение выводится из (1) заменой  $x$  на  $\ln x$ , а распределение Гумбеля выводится из (2) с помощью той же замены.

## 3. Эксперимент

Целью данной работы является определение направления дальнейших исследований, связанных с выбором характера распределения прочности бетона.

В процессе обследования ряда строительных сооружений измерялась прочность бетона колонн, диафрагм жесткости и перекрытий. Прочность бетона на сжатие оценивалась с помощью ультразвукового прибора «Пульсар-1.1». Данный прибор предназначен для измерения времени и скорости распространения ультразвуковых волн в строительных материалах. По измеренному значению скорости распространения ультразвуковых волн определяется прочность строительного материала.

Дополнительно для оценки анализируемой характеристики бетона использовался прибор «Оникс-2.4», который соответствует стандартам на измерение прочности строительных материалов на сжатие в соответствии с ГОСТ 22690–88, ГОСТ 18105–86, ГОСТ 530–95, ГОСТ 28013–89, ГОСТ 26633–91. Прочность строительных материалов оценивается методом отскока бойка. Калибровочные зависимости

внесены в память прибора, но допускается и настроечная калибровка по приложенному к образцу стандартному образцу прочности. Диапазон измерений прочности прибора «Оникс–2.4» находится в пределах от 1 МПа до 100 МПа.

На рисунках 1 и 2 для иллюстрации приведены типичные гистограммы для анализируемой случайной величины, полученные с помощью приборов «Оникс–2.4» и «Пульсар–1.1».

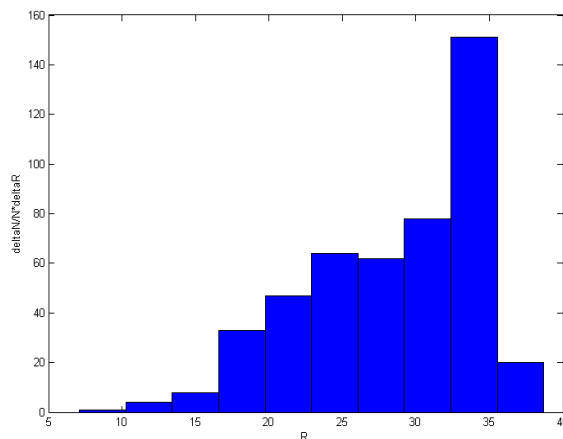


Рисунок 1 – Гистограмма распределения прочности бетона (Оникс–2.4)

По внешнему виду гистограмм можно сделать предварительный вывод о невозможности отнесения анализируемой случайной величины к классу случайных величин, распределённых нормально. Второй предварительный вывод связан с похожестью гистограмм прочности бетона, полученных для приборов «Оникс–2.4» и «Пульсар–1.1», что, вероятнее всего, свидетельствует о воспроизводимости измерений. Для подтверждения или опровержения гипотез, связанных с характером распределения анализируемой случайной величины, необходимы дальнейшие исследования.

#### 4. Заключение

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что вероятное изменение плотности распределения прочности бетона в процессе эксплуатации строительных конструкций и сооружений позволит оценивать их текущее техническое состояние.

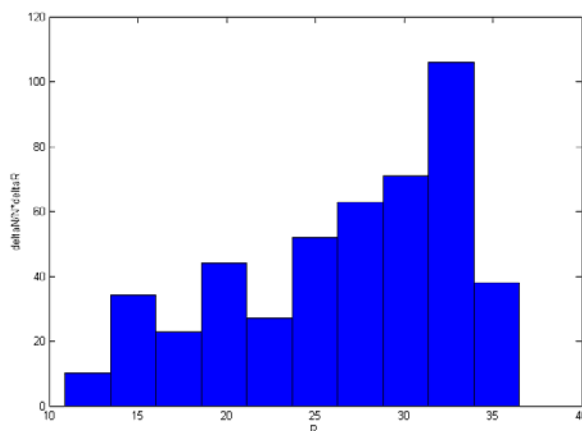


Рисунок 2 – Гистограмма распределения прочности бетона (Пульсар–1.1)

**Список литературы:**

1. Фаренюк Г.Г., Маликов С.В., Галинский А.М., Кривошеев П.И. Использование научно-технического сопровождения в обеспечении безопасности и эффективности технических решений в строительстве // Будівельні конструкції. – 2014. – №. 81. – С. 53–74.
2. Улыбин А.В., Зубков С.В., Федотов С.Д., Кукушкина Г.А., Черненко Е.В. Техническое обследование строительных конструкций комплекса производственных зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 7 (22). – С. 194–217.
3. Рапопорт П.Б., Рапопорт Н.В., Полянский В.Г., Соколова Е.Р., Гарибов Р.Б., Кочетков А.В., Янковский Л.В. Анализ срока службы современных цементных бетонов // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4. – 8 с.
4. URL: [www.science-education.ru/104-6559](http://www.science-education.ru/104-6559)
5. Баженов Ю. М. Современная технология бетона // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2010. – № 36. – С. 10–17.
6. Улыбин А. В. О выборе методов контроля прочности бетона построенных сооружений // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 4. – С. 10–15.
7. Кириленко А.М. Статистические особенности определения прочности бетона при мониторинге эксплуатируемых строительных конструкций // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – Выпуск № 1. – С. 22–28.
8. Осипов С.П., Осипов О.С., Подшивалов И.И., Берженау Н.В., Жантыбаев, А.А. Оценка технического состояния металлических изделий по плотности распределения твердости по Роквеллу // Вестник ТГАСУ. – 2015. – № 1 (48). – С. 122–131.
9. Замятина О. М., Мозгалева П. И., Лычаева М. В. Проектно-ориентированное обучение в системе элитного технического образования в ТПУ // В сборнике: Уровневая подготовка специалистов: государственные и международные стандарты инженерного образования : сборник трудов научно-методической конференции. Томск: Изд-во ТПУ. 2013. С. 160-163.
10. Uva G., Porco F., Fiore A., Mezzina M. The assessment of structural concretes during construction phases // Structural Survey. – 2014. – Vol. 32. – No. 3. – pp. 189–208.
11. Caspeelee R., Taerwe L. Influence of concrete strength estimation on the structural safety assessment of existing structures // Construction and Building Materials. – 2014. – Vol. 62. – pp. 77–84.

## СЕКЦИЯ № 6. ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИЕ ПРОЕКТЫ

### Оболочка мобильных операционных систем для обучения пользователя обращению с современными мобильными устройствами

Казиев А.Б., Прокопюк С.Ю.

Mutalisk22@mail.ru

*Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет*

В наши дни трудно представить жизнь без всего современного разнообразия технологических девайсов, которые используются в повседневности, в досуге, в профессиональной жизни. Технический прогресс шагает семимильными шагами, и особенно это ощущается в тех вещах, которые мы используем ежедневно. Большинство из нас уже не удивит такой вещью, как смартфон, хотя ещё меньше десяти лет назад они были редкостью. Сегодня смартфон есть практически у каждого, от мала до велика, а стоимость устройств дошла до того, что приемлемый технологический уровень устройства можно обеспечить себе, заплатив две-три тысячи рублей или даже меньше.

Однако не каждый способен угнаться за таким скоростным прогрессом. Наверняка каждый из нас сталкивался с людьми, для которых освоение новых технологий даётся со значительным трудом. Речь идёт в первую очередь о людях пожилых. Чем старше человек, тем труднее для него становится приобретать знания и навыки в новых для него областях. При этом речь идёт об огромном пласте знаний и навыков, которые для многих из нас кажутся интуитивно понятными. Область понятий, затрагивающих самое обыкновенное применение технологической новинки, обширна и непонятна для тех, кто никогда с ней не сталкивался. Целая огромная область таких понятий возникла при повсеместном распространении персонального компьютера. Приведём в пример простое действие: перемещение мыши. Для человека, сросшегося с компьютерными технологиями в повседневной жизни, движение мышью также естественно, как движение рукой с целью, допустим, заварить себе чай. Только целью является не чайник, а определённая область на экране, куда должен переместиться курсор в зависимости от тех усилий, которые мы прикладываем к мыши. Другой пример – древовидная файловая система. Если сказать человеку, не сталкивавшемуся раньше с компьютерными технологиями, подняться на уровень назад, он совершенно нас не поймёт. Для него «назад» означает перемещение в пространстве, а система абстракций объектного мира под названием файловая система для него чужда. Мы приходим к тому, что навыки обращения с компьютерной системой, кажущиеся нам такими элементарными, человеку в возрасте, не обладающему этими навыками, могут даваться с большим трудом. С приходом сенсорных технологий ситуация становится ещё сложнее!

Однако, кто не хотел бы иметь возможность пользоваться всеми благами технологического прогресса? Отсюда мы приходим к проблеме облегчения задачи вовлечения людей в современный мир мобильных устройств, помощи им в приобретении базовых навыков и преодолении боязни и непонимания компьютерных и мобильных технологий.

Стоит отметить, что проблема действительно является достаточно актуальной. Регулярно в сети интернет можно увидеть истории людей, помогающих своим пожилым и не очень родственникам освоить современную технику. Продиктовано это различными причинами, от расширения возможностей досуга до обхода при помощи новых технологий проблем со здоровьем. Проблема замечена и на уровне бизнеса: к примеру, конце прошлого года мобильный оператор «МТС» открыл так называемую «Мобильную академию», ориентированную на людей в возрасте старше 50 лет — новых пользователей смартфонов и планшетов. Программа включает в себя уроки интернет-грамотности и практические занятия по работе со смартфонами и планшетами [1].

В качестве одного из средств в комплексе решений вышеозначенной проблемы авторы доклада предлагают разработку мобильного приложения, которое будет являться своеобразной оболочкой для наиболее распространённых мобильных операционных систем. Мы можем перечислить следующий перечень возможностей, которые должно предоставлять мобильное приложение:

1. **Предоставление справочной информации** относительно действий, которые пользователь может применять, обращаясь со своим смартфоном. При этом главный упор делается на дружелюбности интерфейса всплывающих подсказок и поощрении пользователя к выполнению необходимых действий. Одной из главных решаемых задач, кроме непосредственного предоставления информации, является преодоление боязни перед непривычным интерфейсом.

Как это работает: в определённой части экрана есть иконка, позволяющая телефону перейти в режим справки. Более опытный пользователь может научить человека в любой непонятной ситуации, когда он не знает, что нужно делать, нажимать на эту иконку. В режиме справки все действия по умолчанию блокируются, при этом если нажать на любой элемент интерфейса, система выдаст максимально доступную, дружелюбную и соответствующую контексту справочную информацию о том, что и каким образом должно произойти.

2. **Тренировка** для отработки наиболее базовых, но при этом, возможно, наиболее непонятных пользователю действий, таких как нажатие (прикосновение к экрану), перетаскивание (скольжение пальцем), удерживание нажатия или более сложные действия, например, навигация по файловой системе и обращение с файлами.

3. **Оболочка для максимального упрощения базовых действий**, таких как принятие или отмена звонка. Данная функция должна может быть настроена более опытным пользователем и предназначена для быстрого освоения этих самых базовых действий, которые далеко не в каждой оболочке реализованы доступным и дружелюбным для неискушённого пользователя способом. Оболочка может применяться не только для качественного изменения применяемых действий, но и корректировать их параметры, например, увеличивать и делать более заметными важные элементы интерфейса. Очевидным решением также является встроенный в оболочку лаунчер, который сможет полностью настроить более опытный пользователь.

Данное приложение, выполняя свои функции максимально комфортным для пользователя образом, сможет занять достойное место среди приложений, предназначенных для облегчения жизни пожилых людей.

**Список литературы:**

1. МТС открыла «Мобильную академию» для пожилых клиентов. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.company.mts.ru/comp/press-centre/press\\_release/2014-11-05-4126678/](http://www.company.mts.ru/comp/press-centre/press_release/2014-11-05-4126678/) (дата обращения 10.04.14).

### **Релакс-пуфик**

Алексеев В., Хомицкий Д., Гизатулина Л.  
asted\_asd@mail.ru  
khomitsky2011@yandex.ru

#### *Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет*

Релакс-пуфик - это проект в области изобретательских проектов. Данный проект заключается в разработке и реализации массажного кресла-мешка для восстановления душевных и физических сил после тяжёлого учебного дня. Проект направлен на студентов Элитного технического образования Томского политехнического университета. Данный проект мы планируем выполнить до конца мая - начало июня 2015 года. Основной задачей проекта является оснащение кресел-мешков массажными элементами в 19 корпусе 105 аудитории. Основными мероприятиями реализации проекта являются: разработка схемы, закупка компонентов и сбор схемы, создание первого опытного образца, тестирование образца с участие студентов Элитного технического образования, оснащение всех кресел-мешков массажными элементами в 105 аудитории 19 корпуса.

Необходимость реализации проекта:

Все студенты, в особенности студенты ЭТО, в течение рабочего дня подвержены нагрузкам, длительное воздействие которых может серьезно понизить работоспособность студента. Под работоспособностью понимается получение и обработка информации, получаемой студентами во время занятий. Согласно исследованиям, по истечении первых 3-4 часов непрерывной работы, дальнейшее продолжение труда начинает стремительно снижать работоспособность (ухудшается восприятие материала студентами, падает скорость выработки идей и решений). И если принимать во внимание тот факт, что в самом худшем случае рабочий день может достигать 13 часов (включая кратковременные перерывы), становится понятной необходимость создания оптимальных условий для проведения отдыха в середине или даже конце рабочего дня. Именно для этого и была предложена идея Релакс-пуфика.

Цель проекта:

К концу семестра разработать и создать готовый продукт, представляющий собой кресло-мешок с добавленными функциями и протестировать его с участием студентов ЭТО.

Целевая аудитория:

Основная целевая аудитория этого проекта - это студенты Элитного технического образования Томского политехнического университета.

## 5. Механизм реализации деятельности по проекту

### Этап 1 – Разработка схемы:

1. Изучение внутренней конструкции кресел-мешков
2. Поиск подходящих массажных элементов
3. Поиск источника питания и устройства контроля массажных элементов

### Этап 2 – Закупка компонентов:

1. Закупка найденных ранее массажных элементов
2. Закупка найденных ранее устройства питания и контроля массажных элементов

### Этап 3 – Создание первого опытного образца:

1. Сборка компонентов в работоспособное устройство
2. Тестирование исправности работы устройства

### Этап 4 – Тестирование с участием студентов:

1. Объявление о тестировании устройства
2. Непосредственно проведение тестирования

### Этап 5 – Оснащение всех кресел-мешков:

1. Получение разрешения на проведение работ
2. Оснащение кресел-мешков устройствами

## 6. Рабочий план реализации проекта

Вид деятельности/мероприятие	2015 г	Исполнители/ Ответственные
Разработка схемы	Март-апрель	Алексеев Валентин, Хомицкий Дмитрий, Гизатулина Лилия
Закупка компонентов	Март-апрель	Алексеев Валентин, Хомицкий Дмитрий, Гизатулина Лилия
Создание первого опытного образца	Апрель-май	Алексеев Валентин, Хомицкий Дмитрий, Гизатулина Лилия
Тестирование с участием студентов	Апрель-май	Алексеев Валентин, Хомицкий Дмитрий, Гизатулина Лилия
Оснащение всех кресел-мешков	Май-июнь	Алексеев Валентин, Хомицкий Дмитрий, Гизатулина Лилия

## 7. SWOT-анализ проекта

Дешевый и простой в реализации проект; эффект не только физический, но и эмоциональный	Мощность устройства не сравнится с мощностью специальных массажных устройств
Возможность дальнейшего развития проекта из экспериментального в коммерческий	Возможность получения отказа в достижении конечной цели реализации проекта

## 8. Риски проекта

Наименование риска	Вероятность возникновения	Степень воздействия	Профилактика	
			Чтобы не произошло	Если произошло
Возможность получения отказа в достижении конечной цели реализации проекта	минимальна	реализация проекта не достигнет своей конечной цели	Представление прототипа, который будет одобрен	доработка прототипа с повторным его представлением на одобрение
Ожидаемый результат не будет достигнут	есть	Устройство не будет функционировать в полной мере, задуманной изначально	Расчет мощности устройства	переработка прототипа
Смещение сроков в разработке проекта	есть	Проект не будет реализован в обозначенные сроки	Проведение контрольных точек по реализации проекта	Пересмотр сроков реализации проекта

## 9. Основные исполнители проекта:

Алексеев Валентин - руководитель проекта, организатор разработчик

Хомицкий Дмитрий - разработчик

Гизатулина Лилия - разработчик

### Список литературы:

1. Всероссийский мониторинг социально-трудовой сферы 1995 г. Статистический сборник. - Минтруд РФ, М.: 1996.е:
2. Справочная книга по охране труда / Под ред. Русака О.Н., Шайдорова А.А. - Кишинев, Изд-во "Карта Молдовеняскэ", 1978

## Проект, индукционная беспроводная зарядка "PINGWIN"

Баах Н.Н., Станкевич Р.В., Букреев Е.Г., Кац М.Е., Орлова Е.С.  
windymind182@gmail.com

*Научный руководитель: Мозгалева П.И., ассистент кафедры ОСУ Института кибернетики ТПУ*

Жизнь современного человека тесно связана с множеством портативных устройств, поэтому очень важно, чтобы оно всегда было под рукой, готовое к работе. Однако, чем больше функционал устройства, тем больше количество энергии необходимое ему. Именно по этой причине современный человек всё чаще и чаще сталкивается с проблемой разрядившегося устройства. В таком состоянии оно по сути бесполезно. За всё время существования этой проблемы было предложено множество



способов её решения. Например, рюкзак с солнечными батареями или же зарядка, работающая от энергии ходьбы. Целью нашего проекта является создание легкого, доступного, безопасного зарядного устройства для сотового телефона, работающего по принципу индукционной беспроводной передачи тока. Целевой аудиторией проекта на данный момент являются студенты и сотрудники Томского Политехнического Университета.

### ***Принцип действия устройства и его составляющие***

Основные составляющие устройства - приемник и передатчик. Приемником будет являться небольшая эстетичная наклейка на телефон, подключающаяся к разъему питания телефона. Она состоит из катушки, стабилитрона, диода и конденсатора (рис..1.). Передатчик – прямоугольная панель, состоящая из пары резисторов, транзистора и USB-провода, который будет подключаться к сети, компьютеру через USB – разъем (рис.2.).

Наше устройство построено на принципе возникновения эл.тока в замкнутом контуре при воздействии на него электромагнитного поля. Обычным применением резонансной электродинамической индукции является зарядка аккумуляторных батарей портативных устройств, таких, как портативные компьютеры и сотовые телефоны, медицинские имплантаты и электромобили. Техника локализованной зарядки использует выбор соответствующей передающей катушки в структуре массива многослойных обмоток. Резонанс используется как в панели беспроводной зарядки (передающем контуре), так и в модуле приемника (встроенного в нагрузку) для обеспечения максимальной эффективности передачи энергии. Такая техника передачи подходит универсальным беспроводным зарядным панелям для подзарядки портативной электроники, такой, например, как мобильные телефоны.

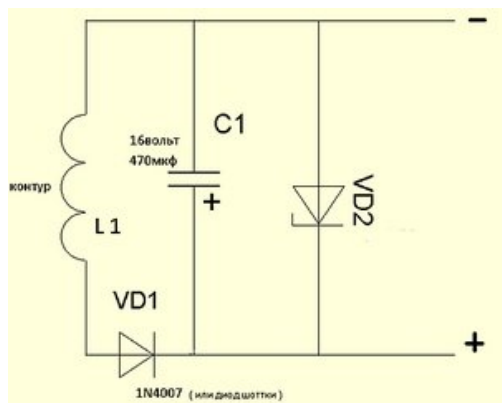


Рис. 1.

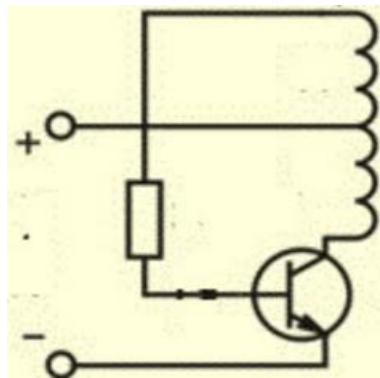


Рис. 2.

### ***Преимущества нашего устройства***

1. Небольшая стоимость комплекта (приемник + передатчик) в отличие от аналогов, стоимость которых непомерно завышена (свыше 3000р только за один передатчик). Ориентировочная стоимость около 400-500р.
2. Различные варианты наклеек. Отличие как в изображении, так и в форме, текстуре самой наклейки. Возможность выбора и создания наклейки, исходя из

пожеланий заказчика, в том числе эргономичных наклеек, снижающих нагрузку на кисть руки.

3. Повышенная мощность передатчика, следовательно возможность зарядки нескольких устройств от одного передатчика.

4. Уменьшенный износ порта устройства.

### **Вывод**

Воплощение данного проекта позволит решить проблему нехватки энергии для портативных устройств. После создания опытных образцов возможен выход пробной серии устройств для студентов ЭТО (элитного технического образования) [3-5]. Проект обладает большими перспективами, а само устройство большим потенциалом для модернизаций.

### **Список литературы:**

1. Усольцев А.А. Общая электротехника: Учебное пособие. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009;
2. Глазачев А.В., Петрович В.П. Физические основы электроники,- Томск: Изд. ТПУ 2012.
3. Замятина О. М., Мозгалева П. И. Усовершенствование программы элитной технической подготовки: компетентностно-ориентированный подход // Инновации в образовании. 2013. № 10. С. 36-45
4. Гончарук Ю.О., Савинкина У.С., Мозгалева П.И., Замятина О.М. Использование интернет-технологий в организации проектной деятельности студента // Научно-методический электронный журнал "Концепт". 2013. № 3. С. 26-33.
5. Мозгалева П.И. Формирование проектной компетенции технического специалиста на примере проекта «полигон инновационного мышления» // В сборнике: Организация исследовательской деятельности детей и молодежи: проблемы, поиск, решения материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции. С. 302-304.

### **Физическая модель мини-гидроэлектростанция**

Батаева Н.Е., Денисевич А.А.  
n\_bataeva@mail.ru

*Научный руководитель: Денисевич А.А., ассистент кафедры ЭАФУ ФТИ ТПУ*

В последнее время, из-за роста тарифов на электроэнергию, все более актуальными становятся возобновляемые источники практически бесплатной энергии. Целью проекта стало изобретение физической модели мини-гидроэлектростанции, собранной из подручных промышленных материалов.

Согласно законам физики, аккумулированной гравитационной энергией воды является ее потенциальная энергия [1]. При передаче этой энергии колесу, оно совершает механическую работу и выделяет кинетическую энергию. [Кинетическую энергию](#) вращения можно записать в виде:

$$E = \frac{\omega^2 J}{2} = 2\pi^2 f^2 J ,$$

где  $\omega$  – угловая скорость вращения колеса;

$J$  – момент инерции;

$f$  – частота вращения колеса.

В этой формуле момент инерции играет роль массы, а угловая скорость — роль скорости. Момент инерции выражает геометрическое распределение массы в теле и может быть найден из формулы:

$$J = \int r^2 dm,$$

где  $r$  – радиус колеса.

В итоге механической работой колеса будет именно кинетическая энергия вращения, равная:

$$E = 2\pi^2 f^2 \int r^2 dm.$$

Генератор служит для *преобразования механической энергии* в электрическую энергию переменного тока [2].

Эти физические явления являются основой для функционирования установки.

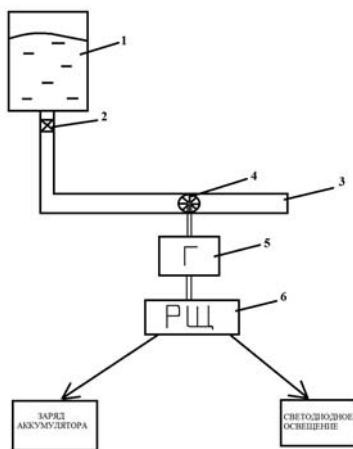
Схема установки представлена на рисунке 1.

Принцип работы установки заключается в следующем. Из бака свободно вытекает вода по пластиковой трубе. Колесо с лопастями установлено в горизонтальном участке трубопровода для уменьшения перебоев работы установки. Колесо механически связано с валом генератора. Под действием воды колесо совершает вращение и передает энергию вращения на генератор, который, в свою очередь, преобразует механическую энергию в электрическую. Затем эта энергия поступает в распределительный щит.

Для исследования возможности увеличения КПД предполагается сделать колесо с изменяемым углом наклона и поворота лопастей колеса.

Ориентировочная стоимость установки:

- генератор (автомобильный) – 5000 рублей;
- колесо с лопастями (материал: оргстекло) – 1000 рублей;
- провода (10 м) – 500 рублей;
- распределительный щит (30\*20) – 800 рублей;
- ёмкостной бак (19 л) – 300 рублей;
- вентиль запорный – 200 рублей;
- труба (5 м) – 500 рублей.



1 – ёмкостной бак, заполненный водой;

2 – вентиль для перекрыwania воды;

3 – желоб;

4 – колесо с лопастями;

5 – генератор;

6 – распределительный щит.

*Рисунок 1. Структурная схема установки*

На разрабатываемой физической модели мини-ГЭС предполагается проведение следующих исследований:

- определение оптимальных углов наклона и поворота лопастей колеса для достижения максимальной мощности вырабатываемой электроэнергии;
- исследование возможности применения вырабатываемой электроэнергии на заряд различного типа аккумуляторов;
- исследование возможности применения вырабатываемой электроэнергии для вырабатывания световой энергии (освещение светодиодными лампами помещения).

**Список литературы:**

1. Ремизов А.Н. Курс физики: учебник. – Москва: Дрофа, 2002. – 720 с.
2. Вольдек А.И. Электрические машины: учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград: Энергия, 1974. – 823 с.

**Создание системы калибровки датчиков для подводных роботов:  
проектирование и программирование**

Булуев И.И.  
ilusha070893@mail.ru

*Научный руководитель: д.т.н., профессор кафедры КИСМ ТПУ,  
Стукач Олег Владимирович, Национальный исследовательский Томский  
политехнический университет*

На сегодняшний день перед человечеством стоит глобальная проблема в вопросе добычи ресурсов на поверхности земли, поэтому необходимо использовать другие источники для получения полезных ископаемых. Самым легкодоступным, как, казалось бы, на первый взгляд, является добыча необходимых ресурсов в морских глубинах.

Сама по себе добыча ресурсов в морских глубинах является опасной для здоровья человека, а, следовательно, встаёт необходимость создания таких систем, которые смогли бы выполнять это за человека. Такими системами являются автономные необитаемые глубоководные аппараты.

Для корректной работы любой автоматической или автоматизированной системы, необходимо оборудовать её специальными датчиками, помогающими не только находить нужные ресурсы для добычи, но и прекрасно ориентироваться в водном пространстве.

Именно проблема ориентации аппарата в водном пространстве является наиболее актуальной на данный момент. Данная проблема решается посредством встраивания в аппарат специальных систем, работающих по принципу эхо-локации, посредством

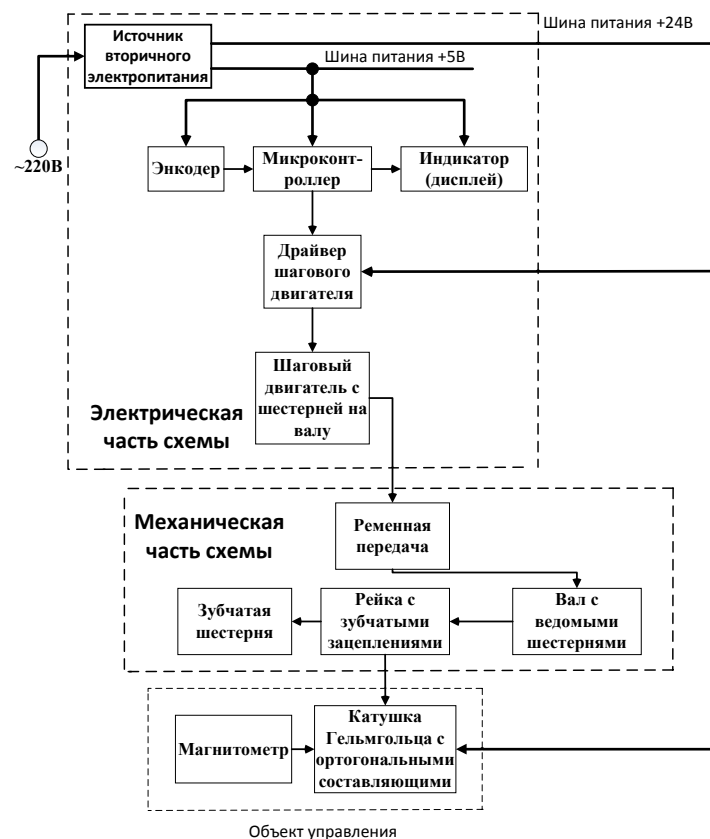
информационного кабеля-троса между роботом и судном, либо же автоматическим способом, являющимся наиболее перспективным.

Любая автоматическая система для ориентации робота в пространстве должна выполнять не только алгоритм движения робота в разных условиях и средах, но и получать данные об окружающей среде. Осуществление такой информационной передачи происходит посредством датчиков, имеющих высокую точность и достоверность показаний. Однако, для датчика необходимо иметь систему калибровки, которая будет гарантировать не только корректную работу датчика, но и высокие показания к точности.

В результате научного исследования, было решено создать прототип системы автоматической калибровки для датчиков, фиксирующих магнитную индукцию – магнитометров [1]. Калибровка будет производиться посредством привода на основе шагового двигателя.

Областью применения данной системы являются глубоководные аппараты, такие, как роботы-исследователи и подводные лодки. Посредством точной калибровки датчиков можно добиться нахождения объектов под водой на глубинах до 10000 м с высокой точностью [2].

Сама система калибровки представляет из себя две составляющие: механическую и электрическую (рисунок 1). Электрическая часть системы представлена источником вторичного электропитания, энкодером, микроконтроллером, дисплеем, драйвером шагового двигателя и самим шаговым двигателем. Механическая часть системы представляет собой ременную передачу, вал с ведомыми шестернями, рейку с зубчатыми зацеплениями и шестерню, предназначенную для фиксации рейки. Также в системе присутствует объект управления, который представлен магнитометром и катушкой Гельмгольца с ортогональными направляющими [3].



*Рисунок 1. Структурная схема системы автоматической калибровки глубоководного магнитометра*

Рассматриваемая система работает по алгоритму, приведённому на рисунке 2. Дадим пояснения и описание алгоритма работы системы.

Первоначально, при включении проектируемой системы, происходит инициализация всех глобальных переменных. После этого выводится сообщение на экран дисплея: «Loading. Waiting», которое сигнализирует о том, что микроконтроллер и вся система включаются и «загружаются». Затем происходит очистка экрана дисплея и появляется надпись «Working», сигнализирующая о начале работы.

Следующим шагом является работа микроконтроллера (в проектируемой системе используется микроконтроллер фирмы Atmel – Atmega 16A [4,5]) в бесконечном цикле. Первоначально он находится в режиме ожидания, соответственно, со всей остальной частью системы ничего не происходит – микроконтроллер ждёт сигнала в виде импульсов, приходящих с энкодера. Данные импульсы обрабатываются вектором прерываний, и, соответственно, выходы энкодера должны быть соединены с ножками микроконтроллера, которые работают постоянно и самостоятельно вызывают прерывание (ножки контроллера с пометкой INT (от англ. interrupt)). Данное «ограничение» необходимо для того, чтобы не было необходимости контроллеру постоянно опрашивать порты на наличие сигнала.

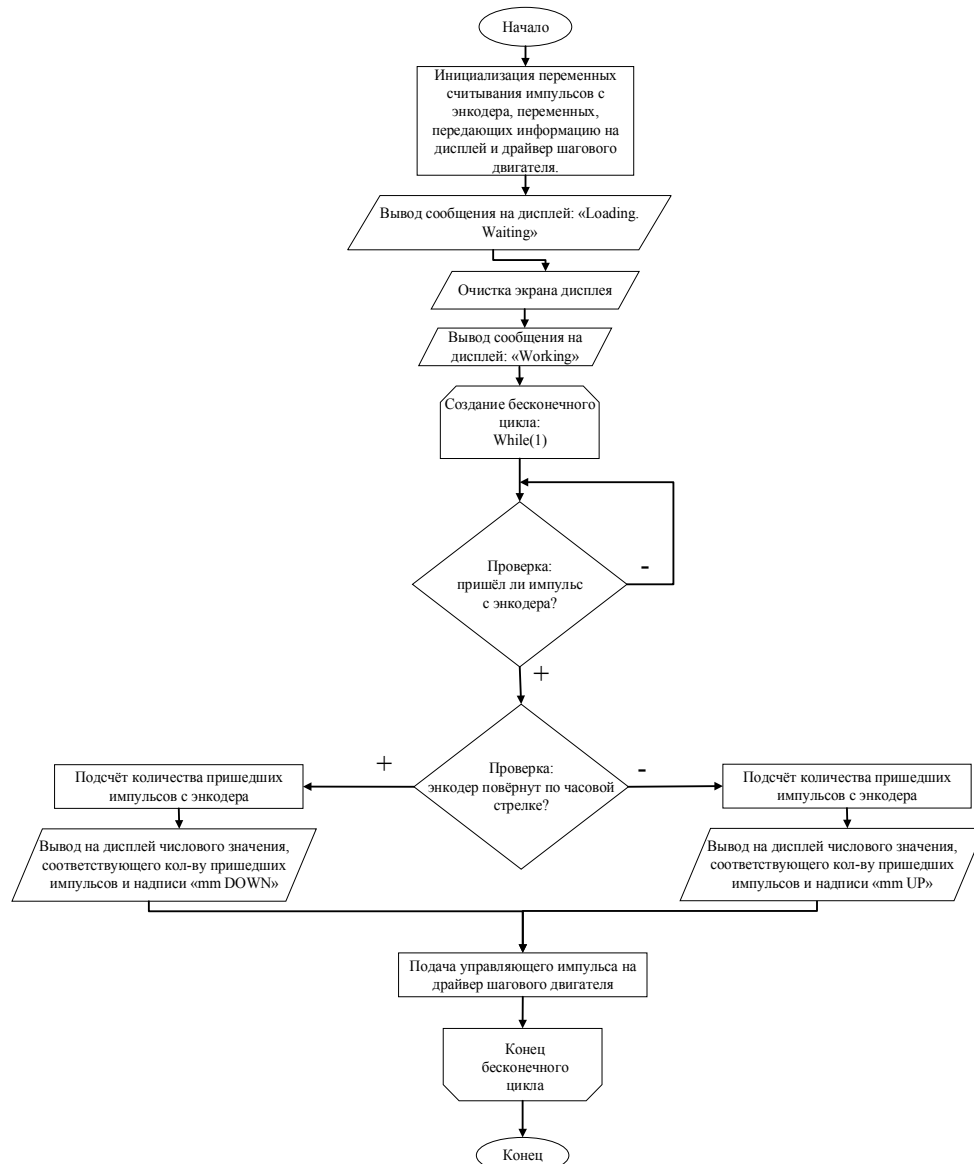
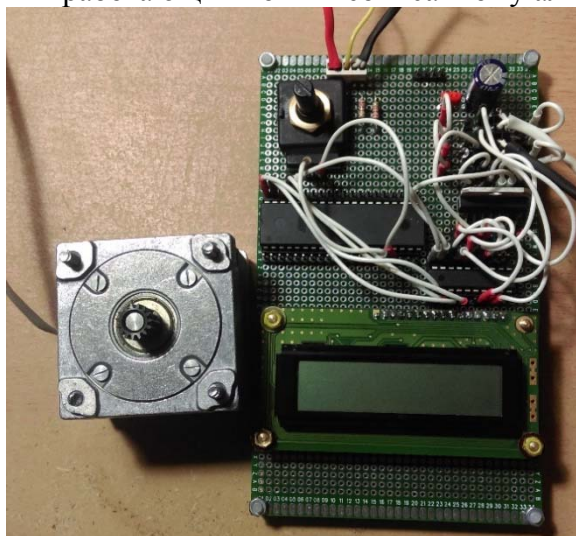


Рисунок 2. Блок-схема работы программы микроконтроллера

При поступлении импульса на порт микроконтроллера происходит проверка на предмет того, какой именно импульс пришёл. Двоичная кодировка приходящих импульсов соответствует нескольким положениям энкодера: когда энкодер неподвижен, вращается по часовой стрелке, либо же против неё. После проверки данного условия происходит вывод значений на дисплей. Данные цифровые значения соответствуют расстоянию (в мм), на которое будет перемещаться датчик в полости катушки. Возможны два вида перемещения: вверх (UP), либо же вниз (DOWN). После вывода информации на дисплей подаётся соответствующая последовательность импульсов на драйвер шагового двигателя, который приводит в движение сам шаговый двигатель, осуществляющий изменение положения ременной передачи на валу двигателя, а соответственно, и вала с шестернями, перемещающего рейку с зубчатыми зацеплениями в полости катушки. Магнитометр крепится на конец самой рейки с зубчатыми зацеплениями.

Итогом научного исследования стал прототип системы автоматической калибровки, представленный на рисунке 3, собранный в соответствии со всеми заявленными условиями и работающий по вышеописанному алгоритму.



*Рисунок 3. Внешний вид прототипа системы автоматической калибровки*

В результате выполнения проекта была решена проблема калибровки датчиков для обнаружения подводных объектов, обладающих магнитным полем. Преимуществом данной системы является её малогабаритность и меньшая цена, по сравнению с зарубежными аналогами. Конечный продукт предполагается использовать, как это отмечалось ранее, для автономных необитаемых глубоководных аппаратов и подводных роботов для их ориентации в глубинах морского океана.

#### **Список литературы:**

1. Магнитометр: принцип действия, типы, применение. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: [http://qualitytest.ru/katalog\\_produkcii/magnitoporoshkovyyj\\_kontrol/magnitometr](http://qualitytest.ru/katalog_produkcii/magnitoporoshkovyyj_kontrol/magnitometr)
2. Баранов П.Ф., Муравьев С.В., Огай В.Е., Учайкин С.В. Феррозондовый магнитометр для измерения магнитной индукции до 1 нТл // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320. – №. 4. – С. 89–92.
3. Schill R.A., Karin H. Characterizing and calibrating a large Helmholtz coil at low ac magnetic field levels with peak magnitudes below the earth's magnetic field // Review of Scientific Instruments. – 2001. – V. 72. – № 6. – P. 2769–2776.
4. Что такое микроконтроллеры (назначение, устройство). [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://elektrik.info/main/automation/549-что-такое-микроконтроллеры-назначение-устройство-принцип-работы-soft.html>
5. Atmega 16A. DATASHEET. [Electronic source]. Access mode: [http://www.atmel.com/Images/Atmel-8154-8-bit-AVR-Atmega16A\\_Datasheet.pdf](http://www.atmel.com/Images/Atmel-8154-8-bit-AVR-Atmega16A_Datasheet.pdf)



## Проектирование и программирование магнитометра

Федоров Е.А.  
evgeni.f.94@gmail.com

*Научный руководитель: д.т.н., профессор кафедры КИСМ ТПУ, Стукач Олег Владимирович, Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

В настоящее время широко применяются различные измерительные приборы. В данной статье пойдет речь об одном из таких устройств – магнитометре [1], используемом для измерения характеристик магнитного поля и магнитных свойств физических объектов. Как правило, магнитометры широко применяются в самых различных сферах современного общества: начиная от геологии (поиск полезных ископаемых) и археологии (при археологических раскопках), заканчивая биологией, медициной и научными экспериментами.

Рассматриваемый в данной статье магнитометр предназначен для обнаружения постоянного магнитного поля в данной точке пространства и определения значения напряженности этого магнитного поля.

Рассмотрим структурную схему представленного устройства (Рисунок 1). В нее включены следующие элементы: датчики, микроконтроллер, драйвер, шаговый двигатель, указательная стрелка, дисплей, источник вторичного питания. Опишем, что включает в себя каждый блок и принцип его работы.

Блоки датчиков представляют собой приборы для измерения характеристик магнитного поля и магнитных свойств материалов. В данной работе используются аналоговые биполярные датчики Холла SS495A2 [2]. Два таких датчика, расположенных ортогонально друг другу, сканируют плоскость ХУ на наличие постоянного магнитного поля и на основании этих показаний определяется модуль вектора значений напряженности магнитного поля, а так же направления расположения источника магнитного поля.

Дисплей выполняет функцию визуализации необходимой для пользователя информации: выводит на экран значение напряженности магнитного поля, единицы измерения, а так же значение положения источника магнитного поля относительно датчиков в градусах. Поскольку выводимая информация имеет малый объем, используется небольшой жидкокристаллический дисплей фирмы Winstar, LCD WH1602B-YGH-СТК# Character 16x2 [3]. Данный дисплей позволяет выводить символьную информацию на 2 строки, в каждой из которых можно записать 16 символов.

Драйвер используется для управления шаговым двигателем и подбирается в зависимости от характеристик выбранного двигателя. Работой двигателя ЕМ-43 АКА ЕРМ-4221 [4] управляет драйвер, представленный двумя микросхемами (L297 [5] и L298N [6]), а также набором диодов. Диоды защищают обмотки двигателя от скачков напряжения, микросхема L297 вычисляет последовательность включения обмоток двигателя, а микросхема L298N выполняет силовую функцию – при получении слабых управляющих сигналов, подает напряжение питания на обмотки двигателя.

Шаговый двигатель со стрелкой указывает положение источника магнитного поля. Для данной задачи подойдет небольшой по размерам шаговый двигатель, имеющий малый шаг. В работе используется шаговый двигатель EM-43 АКА EPM-4221 Epson Stepper Motor, имеющий шаг, равный 7,5 градусов и вес 100 грамм.

Блок вторичного питания подает постоянное напряжение питания на все элементы системы. Для драйвера шагового двигателя оно составляет 12 В, а для всех остальных элементов 5 В.

Микроконтроллер в данном устройстве выполняет все необходимые вычислительные операции: принимает аналоговые сигналы с датчиков Холла, оцифровывает их, вычисляет значение напряженности магнитного поля и направление расположения источника магнитного поля, выводит всю необходимую информацию в численном виде на ЖК дисплей, посылает управляющий сигнал на драйвер шагового двигателя. Основным критерий при выборе микроконтроллера в данном случае – простота использования для решения поставленных задач (с точки зрения быстродействия, объема памяти и энергопотребления). Был проведен поиск модели микроконтроллера на предмет подходящей под заданные требования, в результате чего был выбран микроконтроллер ATmega8 [7].



Рисунок 1. Структурная схема устройства магнитометр

Для корректной работы магнитометра необходимо запрограммировать микроконтроллер. Опишем алгоритм работы микроконтроллера, представленный на Рисунке 2.

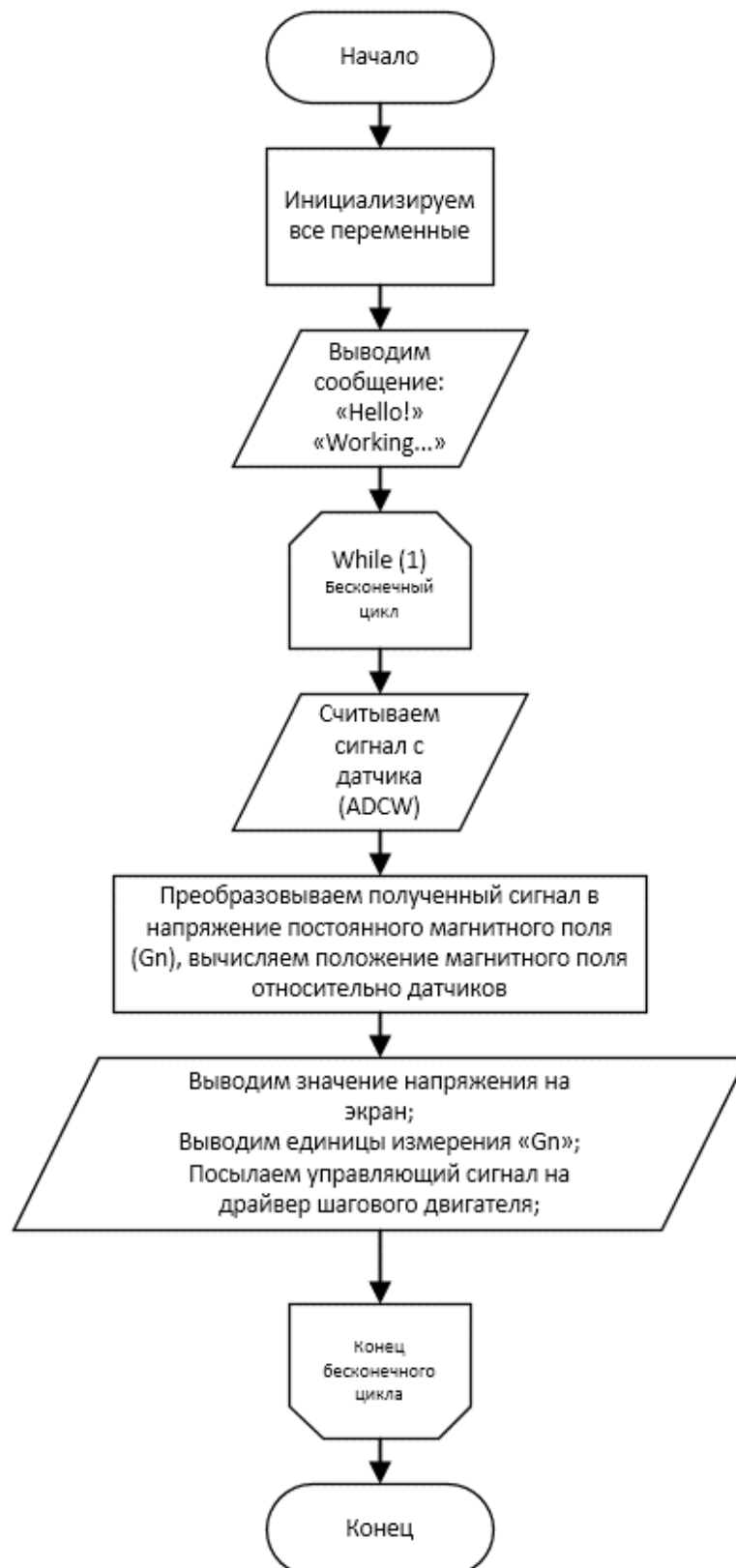


Рисунок 2. Алгоритм работы микроконтроллера

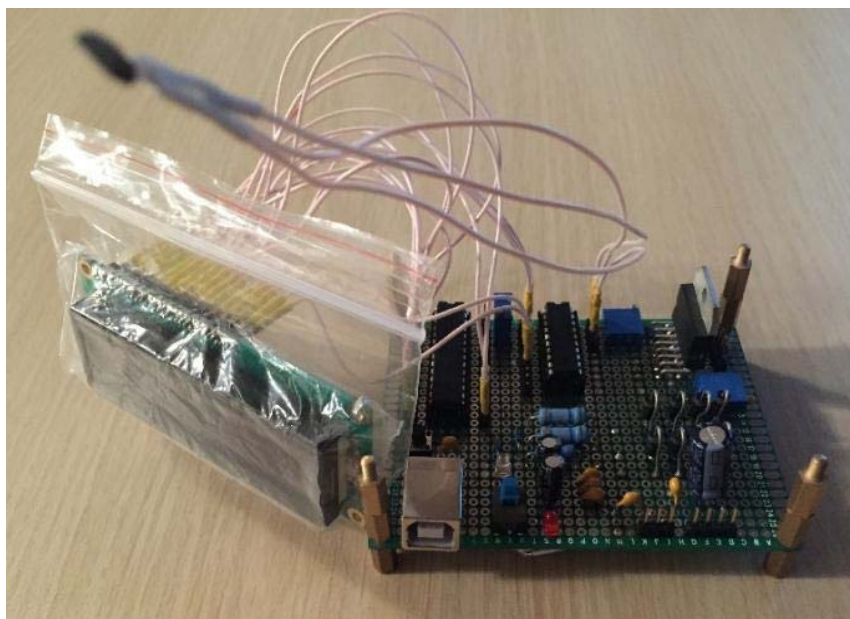
Вначале происходит инициализация всех глобальных переменных и портов ввода-вывода данных, настройка аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Затем на дисплей выводится сообщение приветствия и сообщение о том, что устройство готово к работе. После этого микроконтроллер начинает работать в бесконечном цикле. При поступлении сигнала с первого датчика программа уходит в прерывание. Внутри прерывания происходит расчет напряженности магнитного поля, затем переинициализация регистра MUX и выход из прерывания для того, чтобы следующий сигнал микроконтроллер принял со второго датчика, снова вошел в прерывание, рассчитал модуль вектора напряженности магнитного поля и направление положения источника магнитного поля. Следующим этапом работы микроконтроллера является вывод всей необходимой информации на дисплей и подача управляющих сигналов на драйвер шагового двигателя. После этого все шаги работы программы повторяются сначала до тех пор пока устройство не будет выключено.

Рассчитаем точность измерения нашего устройства при использовании 10-разрядного АЦП, встроенного в микроконтроллер. Для этого необходимо определить выборку АЦП. Поскольку мы имеем 10-разрядный АЦП, она составляет 1024 единицы. Рассчитаем максимальную абсолютную погрешность устройства:

$$\Delta = \frac{640 \cdot 2 \text{ Gn}}{1024} = 1,25 \text{ Gn} .$$

Таким образом, величина абсолютной погрешности равняется 1,25 Гн, из чего следует, что точность устройства удовлетворительна.

В результате проделанной работы была полностью разработана структурная схема устройства «магнитометр», выполнены все необходимые расчеты, спроектирована электрическая принципиальная схема, разработан алгоритм и написан программный код работы микроконтроллера. Внешний вид прототипа устройства представлен на Рисунке 3. В дальнейшем планируется закончить сборку прототипа устройства и провести тестовые испытания на предмет соответствия устройства необходимым требованиям точности и стабильности работы магнитометра.



*Рисунок 3. Внешний вид прототипа устройства «магнитометр»*

#### **Список литературы:**

1. Всё о металлоискателях и металлодетекторах [электронный ресурс] Ссылка на ресурс: <http://izmer-ls.ru/met/sche1-1.html>, режим доступа: свободный.
2. Datasheet SS495A2 [электронный ресурс] Ссылка на ресурс: <http://lib.chipdip.ru/204/DOC000204897.pdf>, режим доступа: свободный.
3. Datasheet Wingstar WH0802A [электронный ресурс] Ссылка на ресурс: <http://z.compel.ru/item-pdf/4e0144cb74c795dab04ca74d0ae0eca6/pn/winstar~wh0802a-ygh-ct.pdf>, режим доступа: свободный.
4. Motor-unipolar stepper:EM-43 AKA EPM-4221 Epson Stepper motor [электронный ресурс] Ссылка на ресурс: [http://www.motors.wrobots.com/EM-43\\_EPM-4221.php](http://www.motors.wrobots.com/EM-43_EPM-4221.php), режим доступа: свободный.
5. L297 STEPPER MOTOR CONTROLLERS – Datasheet.
6. L298N DUAL FULL-BRIDGE DRIVER – Datasheet.
7. Datasheet Atmega8 [электронный ресурс] Ссылка на ресурс: [http://www.atmel.com/Images/Atmel-2486-8-bit-AVR-microcontroller-ATmega8\\_L\\_summary.pdf](http://www.atmel.com/Images/Atmel-2486-8-bit-AVR-microcontroller-ATmega8_L_summary.pdf), режим доступа: свободный.
8. Контроллер шагового двигателя [Электронный ресурс] Ссылка на ресурс: <http://kazus.ru/shemes/showpage/0/843/1.html>, режим доступа: свободный.
9. Магнитометр [электронный ресурс] Ссылка на ресурс: [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_physics/1592/%D0%9C%D0%90%D0%93%D0%9D%D0%98%D0%A2%D0%9E%D0%9C%D0%95%D0%A2%D0%A0](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/1592/%D0%9C%D0%90%D0%93%D0%9D%D0%98%D0%A2%D0%9E%D0%9C%D0%95%D0%A2%D0%A0), режим доступа: свободный.

## **Вторая жизнь**

Бокор В.А., Киблер Э.В., Сухарев М.А., Фензель А.Д.

*Чернов Александр Владимирович, инженер отдела Элитного Технического Образования, Научный Исследовательский Томский Политехнический Университет*

### ***Введение и постановка проблемы***

В России практически все отходы производства и потребления размещаются на полигонах, санкционированных и несанкционированных свалках и промышленных площадках предприятий, занимающих территорию площадью 4 млн гектаров, и ежегодно под их размещение выделяется порядка 0,4 млн гектаров земли. Переработке в РФ подвергается менее 40% промышленных и до 10% твердых бытовых отходов. Отдельной проблемой является низкая эффективность организации сбора и вывоза твердых бытовых отходов. Раздельный сбор мусора и его сортировка практически не осуществляются. Бумага и картон составляют наиболее значительную часть ТБО (до 40% в развитых странах). Тем не менее, коэффициент сбора макулатуры в России составляет всего около 12%. Отсутствие широкой системы сбора макулатуры тормозит рост рынка.

Сравнительно низкий уровень заготовки макулатуры в России объясняется низким уровнем вовлеченности населения в раздельный сбор мусора. Согласно экспертным оценкам, через приемные пункты заготавливается только порядка 2-3% макулатуры, в то время как потенциал этого канала оценивается в 15-20% в общем объеме сбора.

В Томской Политехническом Университете обучается более 20 тыс. человек. Ежедневно ими сдается более 50 рефератов, 100 индивидуальных занятий, выполненных в обычных тетрадях, или на офисных листах. И, конечно же, после проверки преподаватели сбрасывают всю эту кипу бумаги в мусорное ведро, не видя другого применения использованной макулатуре. Однако в Томске действует более 7 компаний, занимающихся сбором и приемом макулатуры с последующей передачей её в перерабатывающие заводы. Но как же сделать так, чтобы скопленная студентами и сотрудниками Томского Политехнического Университета макулатура попадала не на свалку, а на эти перерабатывающие заводы?

И решение мы нашли именно в этом: Разработать стильный, привлекающий внимание своего рода «умный» контейнер для макулатуры, вмещающий довольно большое количество бумаги, и по заполнению отправляющий сигнал-смс в компанию, занимающуюся сбором и приемом макулатуры в Томске.

### ***И чего оно состоит и как же оно работает?***

Составные части нашего устройства просты:

- Мусорный контейнер объемом на 120 литров, вмещающий около 80 килограммов макулатуры;
- Прочное нижнее основание, сделанное из оконных подоконников, вмещающее в себя весы и gsm-модуль;
- Весы для контроля массы контейнера;
- GSM-модуль Sim900a – небольшая электронная начинка для отправки смс;

- Кожух, или внешняя обшивка контейнера, сделанная из карбоксильной краски;

Установив такой «умный» контейнер в учебных корпусах ТПУ, он постепенно начнет наполняться бумагой, и при достижении в нем массы макулатуры 80 килограмм, gsm-модуль отправит смс в компанию приема и сбора макулатуры, которая в свою очередь приедет и освободит наш контейнер от собранной им макулатуры.

3D схема, сделанная на рисунках 1 и 2

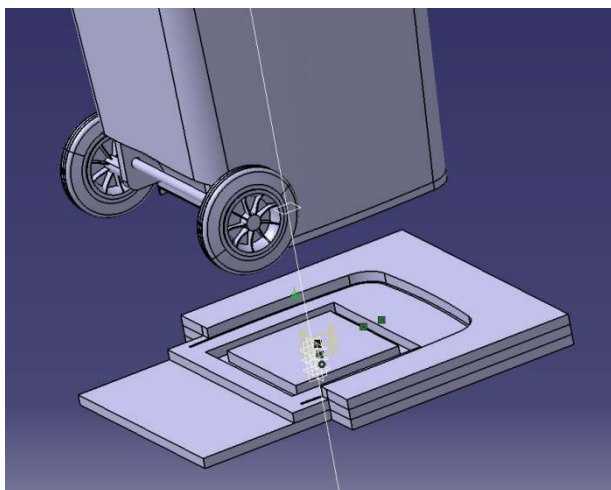


рис. 1

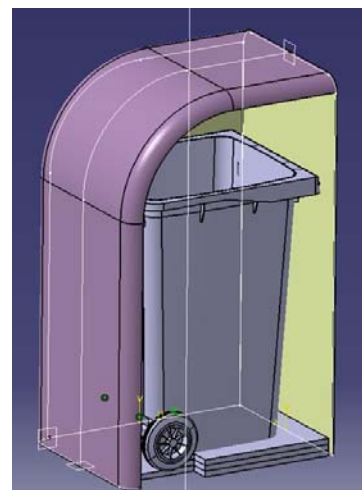


рис. 2

### ***Преимущества нашего устройства***

1. Самый главный и большой плюс нашего устройства – его не нужно контролировать! Никому не надо каждый день ходить и проверять наполняемость контейнера, звонить в макулатуриприемную компанию, и ждать её приезда, контейнер сделает это за вас!
2. Самоокупаемость. 1 килограмм макулатуры в различных уголках нашей большой страны стоит от 1 до 10 рублей! А при условии что 1 контейнер собирает в себе более 50 килограмм макулатуры, то экономическая выгода контейнера не заставит себе ждать.
3. У нашего устройства нет срока годности и его с легкостью можно назвать долговечным.

### ***Вывод***

Реализация нашего проекта позволит значительно увеличить объемы вторичного сырья для перерабатывающих заводов, а также сократить вырубку лесов нашей России. Как известно, 100 кг макулатуры спасают одно дерево, а сколько деревьев сумеем спасти мы?

### **Список литературы:**

1. Аверкин В.П., Бобровский А.И. и др. под ред. Хомоненко А.Д. Программирование на C++. Учебное пособие. Корона-Принт. 1999

2. Могиленко А., Павлюченко Д. Энергосбережение и энергоэффективность: важные аспекты мониторинга и анализа (статья). 2011 г.

### **TouchSpace – новый подход к управлению компьютером**

Горохова Е.С., Стучков А.В., Волшин М.Е., Солопченко С.А.  
GorokhovaES@mail.ru

*Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет*

В настоящее время огромное количество людей по всему миру не могут представить свою жизнь без компьютера. Одни используют компьютер для работы и сложных вычислений, другие – для развлечений и отдыха.

Однако наиболее распространенная компьютерная мышь обладает рядом недостатков.

Во-первых, использование мыши в дороге, на диване или на природе затруднительно из-за ограниченности или неровности поверхности. Во-вторых, лишние манипуляции по переносу руки от клавиатуры до мыши и обратно в сумме отнимают немало времени при работе с компьютером.

Для решения изложенных выше проблем была произведена модернизация компьютерной мыши. В результате нами были разработаны два устройства – TouchSide и TouchSpace.

#### **TouchSide**

Первое устройство – TouchSide, представляет собой компактный манипулятор, который надевается на палец и управляется за счет движения его по поверхности (рисунок 1).



Рис. 1. Внешний вид устройства TouchSide

Однако первая разработка не смогла полностью заменить компьютерную мышь, а лишь помогла решить проблему, связанную с тратой времени на перенос руки от клавиатуры до мыши и обратно.

В устройстве TouchSide не удалось реализовать возможность нажатия правой кнопки мыши, а также отсутствовала функция прокрутки экрана (скролл). Узким местом TouchSide был и размер корпуса, который не смог вместить необходимые детали для реализации всех функций присущих обычным компьютерным мышам.

Более того, TouchSide мало отличался от стандартных устройств ввода, он также как и другие устройства был тесно «привязан» к поверхности, что лишало его какой-то «изюминки».

В результате мониторинга рынка были обнаружены другие манипуляторы для работы с компьютером. Все они имели некоторые недостатки. Так, например, устройство SkyMouse [1] (состоит из наперстков-датчиков) требует, чтобы



манипуляции наперстками происходили перед специальной камерой, что сильно ограничивает мобильность устройства.

### **TouchSpace**

После сборки и тестирования TouchSide, а также анализа в сети Интернет различных устройств, наша команда пришла к идее избавить устройство ввода от «привязки» к поверхности. Результатом такой идеи стала концепция устройства под названием TouchSpace.

TouchSpace – манипулятор, позволяющий позиционировать курсор на экране компьютера путем простого перемещения рук в пространстве. Устройство обеспечит еще большую свободу действий и расширенную функциональность по сравнению с TouchSide и обычной компьютерной мышью. Внешний вид прототипа устройства представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Внешний вид TouchSpace

### **Описание технической части TouchSpace**

Управление курсором будет производиться за счет использования трёх маленьких датчиков поворота и перемещения.

TouchSpace состоит из двух модулей.

Первый модуль – три маленьких корпуса («наперстка»), предназначенных для пальцев рук.

Второй модуль – небольшой корпус, крепящийся на предплечье руки.

Для каждого из модулей были спроектированы платы с использованием САПР DipTrace. Изготовление плат планируется осуществлять методом травления [2]. Элементы корпусов устройства напечатаны с использованием 3D принтера.

Каждый «наперсток» содержит датчик, передающий сведения о положении пальца и угле поворота от начального положения. Размер датчика - 4мм х 4мм х 1мм. (рисунок 3).

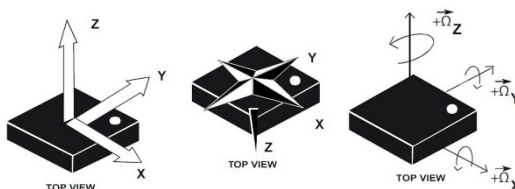


Рис. 3. Возможности датчика

Сигналы от датчика передаются на микроконтроллер, размещенный во втором модуле. В дополнение к микроконтроллеру, модуль будет содержать батарею, кнопку включения и выключения, miniUSB-порт для зарядки и Bluetooth модуль.

### **Принцип действия устройства**

Контроллер получает координаты положения датчика и передает эту информацию на персональный компьютер, где координаты положения руки сравниваются со средненулевыми координатами. В результате их вычитания курсор на экране смещается согласно изменению положения руки пользователя.

#### **Прототип TouchSpace на отладочной плате**

В настоящее время на отладочной плате создан рабочий прототип устройства, представленный на рисунке 4.

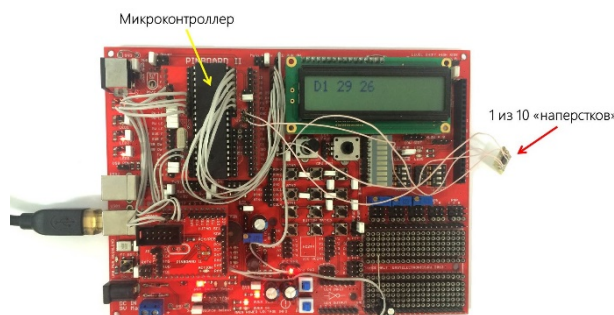


Рис. 4. Реализация TouchSpace на отладочной плате

Для функционирования прототипа TouchSpace, была написана программа на C++, позволяющая обрабатывать данные с микроконтроллера и перемещать курсор по экрану.

Поступающий сигнал сильно зашумлен, что делает использование неудобным. Поэтому в работе используется фильтр Калмана для фильтрации шумов. На рисунке 5 отражена зависимость координаты Y от времени с применением фильтрации.

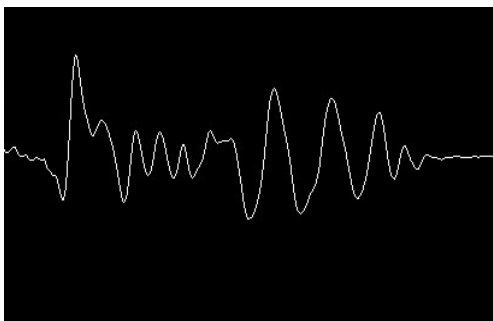


Рис. 5. График зависимости координаты Y от времени с применением фильтра Калмана

В результате курсор на экране перемещается плавно, что позволяет с комфортом управлять компьютером.

#### **Область применения**

Разрабатываемое устройство TouchSpace найдет широкое применение среди молодого поколения, не боящегося начать использовать что-то принципиально новое. Кроме того, устройство будет интересно любителям и разработчикам компьютерных игр, так как управление жестами подразумевает более широкий функционал манипулятора, по сравнению с аналогами.

#### **Заключение**

К лету 2015 года планируется собрать полностью функционирующий образец устройства, способный обрабатывать различные жесты пользователя, вызывающие

такие важные события как клики левой и правой кнопок мыши, масштабирование и перемещение объектов на экране, сворачивание окон и другое.

Обучение устройства различным жестам позволит сделать работу с компьютером простой и непринужденной.

Дизайн и изготовление корпуса для TouchSpace также является не менее важным вопросом, так как внешний вид устройства является визитной карточкой продукта.

В связи с этим необходимо продолжить работы по улучшению точности позиционирования курсора на экране, а также начать обучение устройства различным жестам.

#### **Список литературы:**

1. SkyMouse. Электронный ресурс. URL: <https://www.kickstarter.com/projects/cephrati/skymouse> (Дата обращения 20.03.2015);
2. Замятина О. М., Мозгалева П. И., Лычаева М. В. Проектно-ориентированное обучение в системе элитного технического образования в ТПУ // В сборнике: Уровневая подготовка специалистов: государственные и международные стандарты инженерного образования : сборник трудов научно-методической конференции. Томск: Изд-во ТПУ. 2013. С. 160-163.
3. Изготовление печатных плат. Электронный ресурс. URL: <http://cxem.net/master/11.php> (Дата обращения: 12.12.2014).

#### **iFIND**

Санжиев Ч. Б.  
[gikipiki19@gmail.com](mailto:gikipiki19@gmail.com)

*Научный руководитель: Мозгалева П.И., ассистент кафедры ОСУ Института кибернетики ТПУ*

Ни для кого не секрет, что студенческая жизнь протекает в весьма беспокойном темпе: постоянные «перебежки» с пары на пару, с корпуса в корпус, мимолётные забеги в общежитие, чтобы перекусить или просто «за сменкой».

А когда наступает момент выходить на пару, резко замечаешь, что чего-то не хватает в твоём кармане, например, пропуска в общежитие! Или мобильного телефона! Или часов! И тут начинается главная проблема: трата драгоценного времени на поиск утерянного предмета, да и не факт, что вы его ещё и найдёте.

С искателем «iFIND» вы без проблем зафиксируете местоположение вашей вещи!

Принцип достаточно прост: вы имеете две составляющие данного устройства – пульт управления, и, собственно, сам искатель, то есть передатчик и приёмник радиосигнала. При потере вашей вещи, на которую вы заранее закрепили искатель (у Вас есть тенденция терять именно эту вещь), вы задействуете пульт, который передаст сигнал искателю, побудив его издавать звук. Вы реагируете на источник шума и без проблем обнаруживаете предмет, скажем, за прикроватной тумбочкой. И нервы сэкономили и на пару не опоздали.

Почему именно данный проект избавит вас от ненужных хлопот и подарит возможность контролировать свои вещи в полной мере? Ответ прост - уникальная технология, портативность и универсальность.

Предлагаю доказать необходимость своего проекта, ссылаясь на людей с плохим зрением – ещё одна группа людей, кто тоже(как и студенты) несомненно, будет являться составляющей потребительского спроса на «iFind».

Загоревшись этой идеей, я провёл мини-опрос среди студентов общежития, страдающих близорукостью.. Статистика показала, что более 80% часто имеют проблемы с поиском мелких вещей, таких как: ювелирные изделия, модные аксессуары(«побрякушки»), канцтовары. 100% высказали желание иметь данное устройство в наличии.

Таким образом, на основе данной категории людей я могу сказать, что данный проект имеет необходимость быть реализованным.

Главная цель проекта: Самостоятельно до конца 2015 года собрать полностью рабочий экземпляр искателя «iFind» в количестве 1 шт., выполняющий функцию контроля предметов путём дистанционного управления.

Механизм реализации деятельности по проекту:

Задача 1.1 Подробно изучить акустическую составляющую будущего устройства(диапазон, звукоизвлечение). Рассмотреть различные варианты микро-динамиков и выбрать подходящий.

Задача 1.2 Минимизировать размеры устройства настолько, чтобы оно могло без проблем крепиться на мелкие предметы.

Задача 1.3 Подобрать подходящее средство дистанционного управления устройством. Рассмотреть варианты с программированием на языке C++(введение контроллера, непосредственно)

Май 2015

Задача 2.1 Приобрести материалы для сборки устройства.

Задача 3. Собрать устройство.

Рабочий план реализации проекта

Перечислите в хронологическом порядке мероприятия проекта согласно таблице.

Вид деятельности/мероприятие	Месяц/число/год	Исполнители/Ответственные
------------------------------	-----------------	---------------------------

Поиск и закупка комплектующих будущего устройства	Апрель 2015г.	Санжиев Чингис
---	---------------	----------------

Сборка устройства	25.04-10.05.2015
-------------------	------------------

SWOT-анализ проекта

S				W
-Наличие интереса со стороны разработчика				-Не до конца сформирована чёткая организационно-функциональная составляющая проекта
-Поддержка администрации				-Слабая техническая оснащённость
O				T
-Наличие перспектив развития проекта				-Появление конкурентоспособных аналогов
-Проникновение на внешние рынки				-Несоответствие ожиданиям потребителей
				-Слабая прочность
				-Повышение стоимости комплектующих деталей для сборки

Риски проекта			Профилактика		
Наименование риска	Вероятность возникновения	Степень воздействия	Чтобы произошло	не	Если произошло
1.Повышение стоимости комплектующих деталей	Не больше 5%	слабая	Своевременная закупка по вменяемым ценам	по	Упростить конструкцию - вычленим что-либо
2. Слабая прочность будущего образца	Ок. 10%	слабая	Найти подходящий(прочный) материал для корпуса		Укрепить корпус дополнительным слоем, улучшить крепления
3. Появление конкурентов	~20%	[слабая,средняя]	Зарегистрировать патент в кратчайшие сроки можно раньше	как	Оснастить устройство дополнительными возможностями

, улучшить функции

Принципиальная схема искателя( в схеме не достаёт приёмника сигнала):

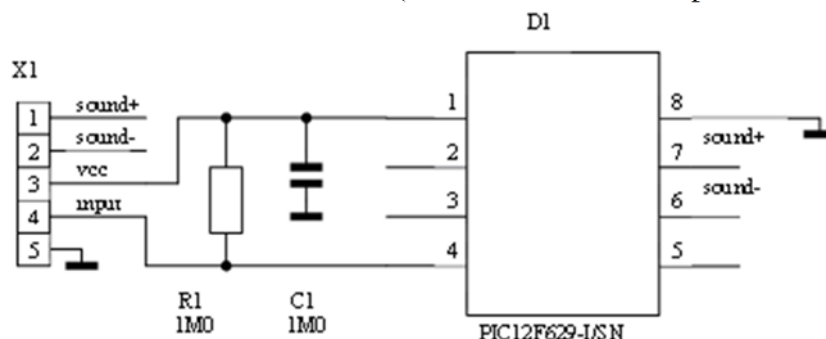


Рис. 1. Принципиальная схема

. Ожидаемые результаты проекта, критерии оценки

Количественные результаты	Качественные результаты	Метод фиксации
100 пользователей	Наличие работающего экземпляра, положительные отзывы пользователей	Анкетирование, онлайн-опросы.

Дальнейшее развитие проекта

Данный проект будет видоизменяться, подстраиваясь под интересы потребителей.( Будет рассмотрен вариант с контроллером для данного устройства. GSM – навигация).

Тем самым будет выявлена идеальная форма данного проекта, которая учтёт слабые места и повысит КПД до максимально возможного.

Пользуясь «iFIND» , потребители избавятся от проблемы поиска вещей и потери драгоценного времени.

#### Список литературы:

1. Замятина О. М., Мозгалева П. И. Усовершенствование программы элитной технической подготовки: компетентностно-ориентированный подход // Инновации в образовании. 2013. № 10. С. 36-45
2. Гончарук Ю.О., Савинкина У.С., Мозгалева П.И., Замятина О.М. Использование интернет-технологий в организации проектной деятельности студента // Научно-методический электронный журнал "Концепт". 2013. № 3. С. 26-33.
3. Мозгалева П.И. Формирование проектной компетенции технического специалиста на примере проекта «полигон инновационного мышления» // В сборнике: Организация исследовательской деятельности детей и молодежи:

проблемы, поиск, решения материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции. С. 302-304.

### **Датчик для обнаружения пропавших вещей**

Виноградов А., Ралдугин А., Дорофеева М., Губкина Т., Протопопов А.  
[Frezyy123@gmail.com](mailto:Frezyy123@gmail.com)

*Национальный Исследовательский Томский политехнический университет*

Теряли ли Вы когда-нибудь важные вещи в радиусе своей квартиры? Например ключи от дома или пульт от телевизора? Разумеется теряли и не единожды – это проблема всего населения планеты, пожалуй. Каждый человек в своей жизни сталкивается с подобной ситуацией и тратит на поиски своих вещей значительные промежутки жизненного времени. Возможно дело и не только во времени – а в ценности пропавших вещей.

«А если бы был сигналодетектор, металлоискатель, магнит - для поиска потерянного предмета» - думает в такие моменты каждый. И наш «Отклик» является очень актуальным приспособлением для таких ситуаций, потому что с помощью него можно решить одну, но очень важную задачу: обнаружение потерянного предмета в радиусе квартиры.

То есть вам больше не придется ломать голову и бегать в панике по квартире в поисках пропавшей иголки. Принцип работы нашего устройства предельно прост: включить приложение на мобильном телефоне и отследить предмет по радару и звуковому сигналу. Это позволит найти нужный предмет в кратчайшие сроки. Чтобы предмет возможно было отследить к нему должен быть прикреплен специальный датчик, который будет, для удобства, маленького размера, чтобы не мешал при работе с изделием и круглой формы, чтобы ни за что не цеплялся и был более незаметен. По способу крепления к предметам датчики будут самых различных типов: для крепления к твердым поверхностям они будут с одной стороны клеиться на липкую прочную ленту, для крепления к одежде и прочим материалам несколько металлических гнущихся штырей, в форме брелков для ключей и телефонов и пр. Этот датчик при запуске приложения на мобильном телефоне начнет издавать звук, чтобы пользователь мог его найти. Так же каждый датчик будет иметь специальный номер для обнаружения именно этого предмета, а никакого иного.

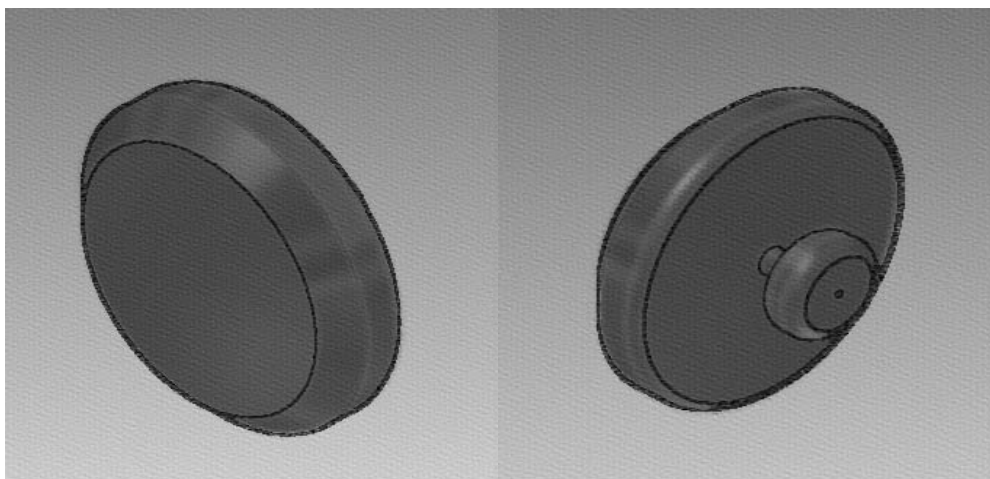


Рисунок 1. Вид спереди

Рисунок 2. Вид сзади

Вместе с устройством будет распространяться бесплатное приложение, которое будет синхронизироваться со всеми маячками. Приложение будет сделано под самые известные платформы: iOS и Android. Поэтому почти каждый пользователь сможет воспользоваться нашим устройством. Мы рассчитываем на широкий круг пользователей, так что интерфейс прост и интуитивно понятен любому, кто умеет пользоваться смартфоном.

#### Принцип работы:

Устройство состоит из 3 компонентов: пьезодатчик, Bluetooth приемник и батарейка.

В приложение есть список со всеми вашими вещами и датчиками. После выбора нужной вещи датчик принимает сигнал Bluetooth от вашего устройства с приложением и активирует пьезокерамический излучатель звука, вся система питается от батарейки. Радиус действия Bluetooth приемника не слишком велик, поэтому данное устройство будет работать корректно в районе квартиры.

#### Стоимость устройства:

Наименование	Стоимость
<u>Пьезокерамический излучатель</u>	<u>15 рублей</u>
<u>Батарейка (крона)</u>	<u>20 рублей</u>
<u>Bluetooth приемник</u>	<u>50 рублей</u>
<u>Приложение на смартфон</u>	-

Итого: ~85 рублей за устройство

#### **Список литературы:**

1. Борисов В.Г – Юный радиолюбитель . – 8-е изд. – М.: Радио и связь, 1992.
2. Герберт Шилдт – Java 7. Полное руководство– 8-е изд. – М.:Вильямс, 2012.



3. Харди Брайн, Филлип Билл– Программирование под Android – 3-е изд. – СПб. : Питер, 2003.
4. А.С.Касаткин, М.В.Немцов – Электротехника . – 6-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1995.
5. Сворень Рудольф – .Электроника шаг за шагом. – 4-е изд. – М: Знание, 2001.
6. ChioDip [Электронный ресурс]// Детали для радиоэлектроники – Электрон. дан. – [Б. м.], 2015. – URL: <http://www.chipdip.ru/> (Дата обращения: 25.03.15)
7. Go-radio [Электронный ресурс]// Электротехника – Электрон. дан. – [Б. м.], 2015. – URL: <http://www.go-radio.ru/> (Дата обращения: 25.03.15)

### **Установка для культивирования микроводоросли хлореллы**

Алексеев М.А., Арьянова Э.Д., Иванова С.С., Карпова О.С., Коршунов К.О.,  
Трофимчук О.А., Шевченко И.Г.  
[ivsvser@gmail.com](mailto:ivsvser@gmail.com)

*Научный руководитель: к. ф-м. н., Яковлев А. Н., НИ ТПУ*

Цель проекта: создание энергоэффективного и автоматизированного культиватора нового поколения для выращивания хлореллы в искусственных условиях.

Хлорелла – это представитель рода одноклеточных зеленых водорослей. Эту водоросль используют в животноводстве в качестве корма. Хлорелла является активным продуцентом биомассы и содержит полноценные белки, жиры, углеводы и витамины. Хлорелла входит в категорию «суперпродуктов». Среди растений, хлорелла стоит на первом месте по очень многим показателям. Так, например, в биомассе хлореллы белков составляет 40-60 %, углеводов - 30-35 %, липидов 5-10 % и до 10 % минеральных веществ [1].

Применение хлореллы в различных областях деятельности человека очень широкое:

- в сельском хозяйстве для подкормки растений, птиц и животных, в пчеловодстве и рыбном хозяйстве;
- в пищевой промышленности;
- в медицине, косметологии и парфюмерии;
- для очистки сточных вод и реабилитации водоёмов;
- для производства кислорода;
- для производства биотоплива.

Известно, что хлорелла благодаря своим свойствам позволяет:

- увеличение среднесуточных привесов при откорме крупнорогатого скота и свиней на 30-40%, удоев коров до 25%;
- резкое, до 4-5 раз, сокращение падежа молодняка за счет укрепления природного иммунитета животных;
- значительное продление сроков хозяйственного использования животных;

- увеличение плодовитости родительского стада, сокращения непродуктивных осеменений и сроков сервис-периода, экономии на ветпрепаратах;
- повышения усвояемости кормов, позволяющее экономить их расходование до 22%.

В условиях сложившейся политической, а как следствие, и экономической ситуациях, появляется потребность в поднятии отечественного сельского хозяйства, именно на это и направлен проект. Также применение микроводоросли разрешает отказаться от широкого использования синтетических препаратов, стимуляторов и антибиотиков и ориентация животноводства на получение только экологически чистой продукции с высокими потребительскими качествами.

Для культивирования микроводорослей применяется специальное устройство, обычно называемое установкой или реактором. Продуктивность микроводорослей в основном зависит от типа и конструктивных особенностей этих установок. Первые открытые установки были созданы японскими исследователями. Они представляли собой круглые открытые цементированные бассейны диаметром 3-20 м с толщиной слоя суспензии водорослей 10-12 см. перемешивание суспензии осуществляется при помощи насоса, который забирает жидкость из бассейна и возвращает её обратно по трубам, которые вращает реактивная сила выбрасываемой суспензии [1].

Задачей проекта является создание культиватора, который будет обеспечивать водоросли всеми необходимыми условиями для их жизни и культивации. Важнейшим параметром, который оказывает действие на процесс роста микроводорослей, является свет, но так как объект культивирования водоросль, то применимо определение – излучение. Чтобы растение почувствовало квант, необходимы молекулы, поглощающие в данной области спектра (пигменты). Простого акта поглощения недостаточно, нужно преобразовать его в сигнал, т.е. квант должен вызвать фотохимическую реакцию. Энергия в фотохимической реакции на рецепторной молекуле может преобразоваться двумя путями в зависимости от типа рецептора:

1. В изменение конформации и запуске каскада фосфорилирования (для рецептора в красной области длин волн);
2. В электрохимический потенциал и запуск реакций восстановления (для рецептора в синей области длин волн). Таким образом, реакции фотосинтеза и фоторецепторы преобразуют энергию квантов в энергию химических связей с помощью улавливающих пигментов.

В качестве источника излучения (ИИ) в закрытых установках традиционно применяют лампы накаливания, в том числе кварцевые галогенные с отражателями, зеркальные лампы, люминесцентные. Используют также дуговые ртутные люминесцентные, ксеноновые, натриевые. По сравнению с естественными источниками света искусственные источники могут создавать большую облученность, нежели солнечный свет. Однако использование таких ИС увеличивает потребление электроэнергии (ЭЭ) при их небольшом КПД. Стоит отметить и небезопасность некоторых ИИ, требуется определенная процедура утилизации.

В настоящее время, на рынке светотехники широкое внедрение получили светодиоды, которые обладают рядом преимуществ перед традиционными ИИ. Благодаря светодиодам, можно точно подобрать параметры излучения – длину волны, мощность, спектр необходимые для культивирования водорослей.

Современные светодиоды перекрывают весь видимый диапазон оптического спектра: от красного до фиолетового цвета.

По результатам исследований влияния длин волн на рост хлореллы, можно сказать, что наибольшее значение прироста наблюдается под действием облучения суспензии красным и синим светом [2]. Выбор оптимальных длин волн возможен только опытным путем.

Предлагаемые на рынке фитосветильники имеют в своем составе набор светодиодов с длинами волн в красной и синей области. Если зеленые растения освещать квантами с длиной волны более чем 700 нм, это приведет к гибели растения: в таких квантах недостаточно энергии для протекания реакций световой стадии фотосинтеза. Оптимальными для фотосинтеза будут длины волн в красной области в диапазоне 600-700 нм (они используются с наименьшими потерями). Таким образом, красные лучи можно разбить на две резко отличающиеся области - собственно красную, пригодную для фотосинтеза (до 700 нм) и дальнюю красную, для фотосинтеза не пригодную (более 700 нм). В принципе дальний красный свет и темнота должны приводить к одним и тем же реакциям - это сигнал того, что условий для успешного фотосинтеза нет, однако при дополнении данного спектра к основному при использовании светодиодных светильников для растений, позволяет добиться лучших результатов. Для оценки качества и количества красной области падающего света у растений есть особый пигмент - фитохромобилин, аналогичный фикобилинам водорослей [3].

Таким образом, составляя комбинации из светодиодов разных цветовых групп, можно получить ИИ с практически любым спектральным составом в видимом диапазоне. По сравнению с традиционными источниками света, светодиоды очень долговечны. Срок службы современных светодиодов 50-100 тысяч часов при условии 30% снижения светового потока. Светодиоды схемотехнически просто объединяются в последовательно – параллельные структуры, так же несложно осуществлять управление яркостью. Неочевидным плюсом является отсутствие излучения в ближнем ИК диапазоне. В силу своей твердотельной конструкции светодиоды более экологически безопасны и в отличие от люминесцентных ламп не содержат ртути. Кроме того, светодиоды имеют максимальную светоотдачу, обладают более высоким (до 80 %) коэффициентом полезного использования электроэнергии по сравнению даже с люминесцентными лампами, КПД которых не превышает 50 %. Кроме того, конструктивные особенности светодиодных систем позволяют размещать ИИ внутри суспензии микроводорослей, что позволяет лучше утилизировать энергию излучения [4].

Форма культиватора является также важной частью проекта, т.к. это решит проблему потерь излучения, которая существует в применяемых культиваторах на сегодняшний день. Был произведен анализ формы реактора микроводорослей ФБР-150, которую предлагает предприятие ООО НПК "ДЕЛО" [5].

Была проведена реконструкция ФБР-150 в программе DiaLUX, которая наглядно демонстрирует потери в углах культиватора. Проект предполагает выбор наиболее подходящей формы для обеспечения наименьших потерь излучения – цилиндр. А применение отражающего покрытия по всему периметру резервуара, сохранит поток внутри. Такая форма позволит равномерно и максимально эффективно распределить поток излучения, что приведет к повышению КПД культиватора.

Более того, в проекте имеет место автоматизация. Прогнозируется создать культиватор с постоянным контролем необходимых параметров для роста водорослей. На рисунке 1 можно увидеть предполагаемую конструкцию резервуара.

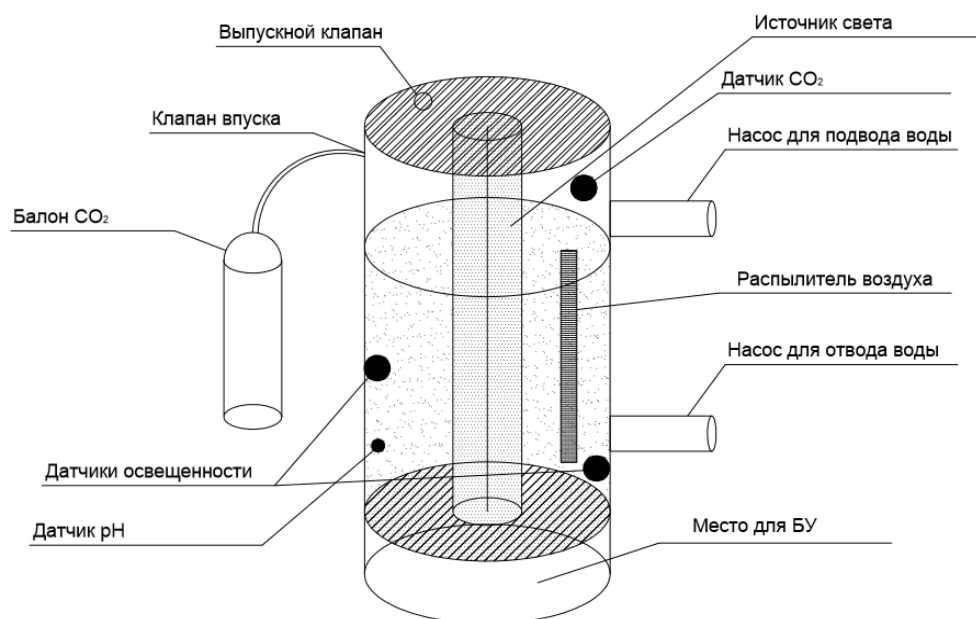


Рисунок 1. Конструкция культиватора

Реактор будет иметь датчики фиксации данных, блок управления и устройства для поддержания необходимых параметров. Первыми будут являться датчики

- освещенности,
- pH,
- температуры.

Так как культивирование будет происходить с термофильным штаммом хлореллы – *Chlorella vulgaris* Beijer, для которой температурная петля оптимальная для роста водоросли составляет 36,5-37,5 С°, то особое внимание уделяется климатической составляющей системы.

Второй обязательный элемент – блок управления (БУ), который состоит из нескольких блоков микросхем.

Создание модели автоматической системы даст возможность отладить каналы связи устройств, а в будущем облегчить эксплуатацию культиватора.

Ожидается, что новый фото-биореактор позволит максимально автоматизировать выращивание микроводорослей, а так же устранить все имеющиеся недостатки применяемых на сегодня культиваторов. Скорость получения и качество готового продукта должны выйти на новый уровень и, в то же самое время, сократиться затраты на электроэнергию и работу обслуживающего персонала.

На основе вышесказанного, в сравнении с использующимися на данный момент фото-биореакторами, данная установка по культивированию хлореллы может получить масштабное развитие не только в больших сельскохозяйственных производствах, но и на малых фермах, т.к. увеличивается продуктивность сельскохозяйственных животных при использовании суспензии хлореллы. Более того, хлорелла, являясь пробиотиком, позволяет отказаться от кормовых антибиотиков.

Ценность проекта для потребителей в том, что простота и надежность технологии культивирования хлореллы позволяет получать ее в условиях хозяйств, круглый год стабильно высокого качества в необходимом объеме и для нее не применительно понятие срока хранения. Но стоит отметить, что при скормливании животным в свежеприготовленном виде, хлорелла гарантирует полную сохранность в ее составе особо ценных веществ, имеющих по своей природе минимальные сроки хранения.

#### **Список литературы:**

1. Музафаров А.М., Таубаев Т.Т. Культивирование и применение микроводорослей. – Т.: ФАН Узбекской ССР, 1984. – 122 с.
2. Кругликова Л.Л., Яковлев А.Н., Савинова Д.М. Влияние фотометрических характеристик источника излучения на эффективность выращивания микроводоросли CHLORELLA // Сборник статей XX Международная научно-практическая конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ», ТПУ Томск, 2014. – С. 135 – 136.
3. Основные принципы фоторецепции. Электронный ресурс. URL: <http://ledcentre.ru/> (Дата обращения 20.02.2015г.)
4. Замятина О. М., Мозгалева П. И., Лычаева М. В. Проектно-ориентированное обучение в системе элитного технического образования в ТПУ // В сборнике: Уровневая подготовка специалистов: государственные и международные стандарты инженерного образования : сборник трудов научно-методической конференции. Томск: Изд-во ТПУ. 2013. С. 160-163.
5. Геворгиз Р.Г., Щепачёв С.Г. Предельная оценка продуктивности микроводорослей в условиях естественного и искусственного освещения // Экология моря. – 2010. – Вып. 80. – С. 29 – 33.
6. Официальный сайт ООО НПК "ДЕЛО" – ХЛОРЕЛЛА. Электронный ресурс. URL: [хлорелла.рф](http://хлорелла.рф) – (Дата обращения 14.09.2014г.)

#### **Кружка-непроливайка MSFY-1**

Каймонов М. Р., Таратушкина В. В., Терентьева О. Ю.

[snoormax01@yandex.ru](mailto:snoormax01@yandex.ru), [lerataratushkina@mail.ru](mailto:lerataratushkina@mail.ru), [oksanaterenteva95@mail.ru](mailto:oksanaterenteva95@mail.ru)

*Эксперт, ассистент, Мозгалева Полина Игоревна, кафедра оптимизации систем управления.*

В настоящий момент современный человек все меньше имеет свободного времени, так как он стремится успеть сделать все запланированные дела за ограниченное время. И чтобы решить эту проблему человек пытается совместить несколько дел сразу. Так, например, удовлетворяя биологическую потребность в еде, он может читать газету или работать за компьютером. В результате нередко случается так, что по-неосторожности мы можем пролить на важные вещи (документы, клавиатуру и др.) жидкость из стакана.

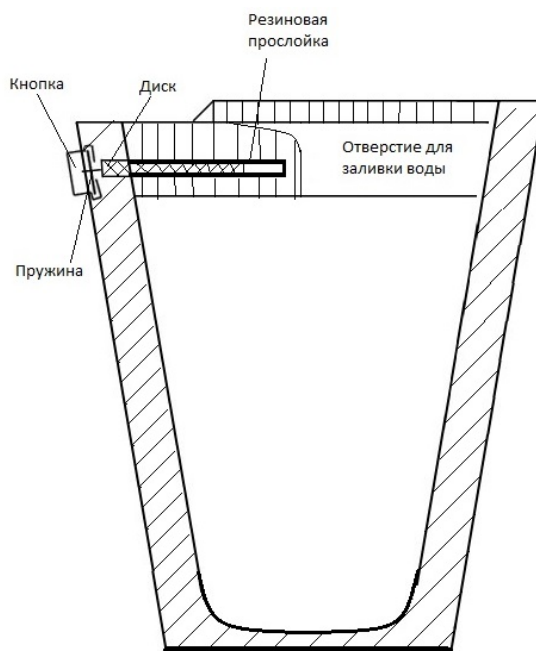
В целях предотвращения данных случайностей была разработана специальная конструкция кружки-непроливайки. Данный объект представляет собой закрытую кружку с особым механизмом открывания, которую легко использовать. Таким образом, человек получает возможность быть застрахованным от неприятных

случайностей, и со спокойствием наслаждаться напитком. Кружка-непроливайка будет интересна широкой аудитории. Ее могут использовать как маленькие дети, так и все люди, любящие наслаждаться напитками, занимаясь важными делами.

### ***Описание технической части***

Конструкция кружки-непроливайки состоит из нескольких частей: Кружка, крышка, диск, пружина, кнопка, прорезиненные материалы

На боковой поверхности кружки (на ручке) имеется кнопка, которая соединена к 1-му концу пружинке, на другом конце данной пружинки имеется диск. Диск находится в специальном зазоре, внутри которого имеется силикатное покрытие для предотвращения попадания воды. Зазор располагается в крышке. На диске у одного из его краев имеется отверстие в виде полумесяца, которое присоединено к пружинке. При нажатии на кнопку, за счет пружинки, диск выдвигается на определенное расстояние, достаточное для прохождения жидкости через отверстие на нем.



**Рисунок 14. Эскиз кружки**

### ***Основные мероприятия проекта***

1. Сбор информации по аналогам, создание концепта.
2. Утверждение эскизов и расчетов.
3. Консультация со специалистами.
4. Доработка
5. Создание опытного образца
6. Тест-контроль

### **Результат реализации проекта**

Изготовленный экземпляр кружки, пригодный к эксплуатации до июня 2015-ого года.

При удачном тестировании предварительного образца и внесении необходимых коррективов планируется поиск партнеров для поддержки создания пробной партии и продвижения товара на рынок.

### **Смета**

<b>деталь</b>	<b>приобретение</b>	<b>стоимость</b>
кружка	Изготовление на 3D-принтере	500-600р.
крышка		
диск		
кнопка		
пружина	имеется	0р.
Прорезиненные материалы	имеется	0р.
Итого:		500-600р.

### **Список используемой литературы:**

1. Романычева Э.Т. и др. Инженерная и компьютерная графика. – М.: ДМК Пресс, 2001. – 592с.
2. Чекмарев А.А. Инженерная графика. – М.: Высшая школа, 2007. – 364с.  
Большаков, В.П. Основы 3D-моделирования. Изучаем работу в Auto-CAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor: Учебный курс / В.П. Большаков. - СПб.: Питер, 2013. - 304 с.
3. Замятина О. М., Мозгалева П. И. Усовершенствование программы элитной технической подготовки: компетентностно-ориентированный подход // Инновации в образовании. 2013. № 10. С. 36-45
4. Гончарук Ю.О., Савинкина У.С., Мозгалева П.И., Замятина О.М. Использование интернет-технологий в организации проектной деятельности студента // Научно-методический электронный журнал "Концепт". 2013. № 3. С. 26-33.
5. Мозгалева П.И. Формирование проектной компетенции технического специалиста на примере проекта «полигон инновационного мышления» // В сборнике: Организация исследовательской деятельности детей и молодежи: проблемы, поиск, решения материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции. С. 302-304.
6. Королев, А.Л. Компьютерное моделирование / А.Л. Королев. - М.: БИНОМ. ЛЗ, 2013. - 230 с.

### **Генератор электрического тока на основе роторного гироскопа**

Клименко А.В., Стулин М.С., Денисевич А.А.

[from.damask@ya.ru](mailto:from.damask@ya.ru)

*Научный руководитель: Денисевич А.А., ассистент каф. ЭАФУ ФТИ ТПУ*

Цель проекта – получить прибор способный за короткое время перевести механическую энергию, которую можно создать рукой. В процессе работы был

разработан прибор, который вырабатывает электрический ток. Принцип работы данного прибора схож с принципом работы любого генератора. Но любое движение, возникающее в данном приборе, тесно связано с гироскопическим эффектом (чего не наблюдается в обычном генераторе).

### **Физические явления, лежащие в основе принципа работы**

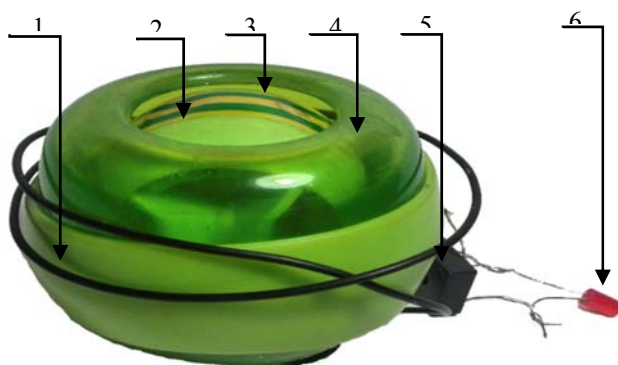
Принцип работы прибора (рисунок 1) основан на двух физических явлениях: закон электромагнитной индукции Фарадея и гироскопическом эффекте.

Закон электромагнитной индукции Фарадея гласит: для любого замкнутого контура индуцированная электродвижущая сила (ЭДС) равна скорости изменения магнитного потока, проходящего через этот контур, взятого со знаком минус [1].

Гироскопический эффект – это удержание (устойчивость) оси вращения объекта в пространстве [2]. То есть, действуя внешними силами на ось вращения, мы создаем такие моменты сил, которые увеличивают угловую скорость вращения [3].

### **Описание прибора**

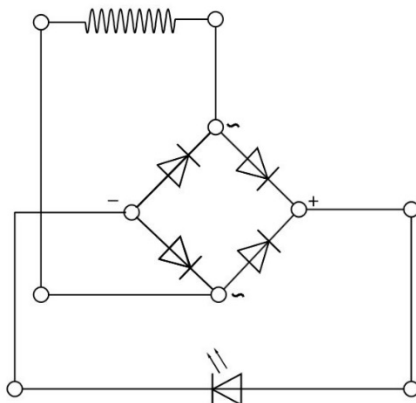
Основной часть состоит из ротора(2) и статора(4). Статор-это пластиковый корпус, в который заключен ротор. Относительно статора ротор имеет 2 оси вращения и выполняет роль гироскопа. По контуру статора проложена медная обмотка(1), выполняющая роль катушки, с количеством витков равным 150. На роторе закреплены 8 магнитов(3). Так как выдаваемый ток получается переменным, то для его использования используем диодный мост(5). Для индикации тока использовался светодиод(6).



1.Обмотка(под резиновым кольцом); 2.Ротор; 3.Магниты(под изолейтой);  
4.Статер; 5.Диодный мост; 6.Диод

Рисунок 1. Собранная установка

Принципиальная схема установки изображена на рисунке 2.





*Рисунок 2. Принципиальная схема установки*

**Принцип работы**

Для придания вращения ротору с магнитами требуется сделать следующие операции:

1. Задать начальное вращение ротору (с помощью ниточки или пальца).
2. Крепко взяться за корпус.
3. Делать круговые движения кистью, препятствуя силе, возникающей в приборе.

Дело в том, что гироскоп как массивное и вращающееся тело стремится сохранить положение своей оси вращения в пространстве, а так как мы действуем на эту ось нашей рукой, то ротор стремится противодействовать нам, увеличивая момент силы противодействия. Это происходит за счет увеличения угловой скорости вращения. Так как на роторе закреплены магниты, то при вращении магнитный поток, пронизывающий контур обмотки, изменяется постоянно во времени по формуле Фарадея:

$$\xi = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}.$$

Следовательно, в обмотке возникает ЭДС., которую мы в дальнейшем преобразуем для наших нужд.

**Стоимость разработки**

*Таблица 2. Стоимость компонентов разрабатываемого устройства*

Наименование	Кол-во, шт.	Стоимость, руб.
Стартер+ротор (ручной тренажер)	1	500
Магнит	8	25*8=200
Обмотка	1(10 метров)	150
Диодный мост	1	20
Светодиод	1	7
Итого:		877

**Список литературы:**

2. Тюрин Ю.И., Чернов И.П., Крючков Ю.Ю. Физика. Ч.1. Механика. Молекулярная физика. Термодинамика: учебное пособие для технических университетов. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2002. – 502 с.
3. Гироскопы [2015]. URL: <http://teoretmeh.ru/dinamika9.htm>.
4. Николаи Е.Л. Теория гироскопов. – М.: ОГИЗ ГИТТЛ, 1948. – 173 с.

**AirTouch**

Климкович А.В., Герасимов Д.В.  
k.vg@mail.ru

*Научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры АИКС, Фадеев А.С., ТПУ*

Существует множество указательных устройств ввода информации в компьютер, одно из которых - это тачпад. Мы предлагаем «вынести» тачпад за пределы сенсорной

панели классического устройства. Для этого мы предполагаем использовать акселерометр и гироскоп [1], крепящиеся на пальце, а также микроконтроллер [2] с модулем беспроводной связи и элементом питания на запястье.

Среди достоинств нашего устройства мы хотели бы отметить:

- Эргономичность. Используя данное устройство, вы можете держать руку в естественном состоянии, без жёстко фиксированной формы, что предотвращает развитие туннельного синдрома.
- Функциональность. За счёт усовершенствования и индивидуальных настроек ПО продукта, пользователь имеет возможность настраивать и использовать устройство под разнообразные цели.
- Перспективность. Возможность простого расширения функционала устройства за счёт добавления разных датчиков и оптимизирования ПО.

#### Конструкция устройства:

Прототип устройства состоит из совмещенного модуля акселерометра и гироскопа GY-521 на микросхеме MPU6050, а также Ардуино-совместимой платы Leonardo Pro Micro, которые соединены между собой проводами. Плата Leonardo Pro Micro подключается к ПК с помощью Micro-USB кабеля.

#### Принцип работы:

Данные о движениях руки фиксируются акселерометром и гироскопом и передаются в микроконтроллер на плате Ардуино, который в результате вычислений преобразует эти данные и посылает управляющие сигналы для перемещения указателя (курсора) на экране компьютера. [3]

Arduino - аппаратная платформа, которая является основой для начального конструирования всевозможных электронных устройств на базе программируемых микроконтроллеров. [4]



Рисунок 1. Прототип устройства

#### Стоимость установки:

Таблица 1. Стоимость прототипа

Название детали	Количество	Цена за шт.
1. Leonardo Pro Micro ATmega32U4 5V/16MHz	1 шт.	300 руб.
MPU-6050 3 Axis Gyroscope + Accelerometer Module	1 шт.	130 руб.
2. Кабель Micro-USB	1 шт.	90 руб.
3. Накладные расходы		30,00 руб.
<b>Итого:</b>		<b>550 руб.</b>

#### Список литературы:

1. Robot-kit [Электронный ресурс]// Модуль GY-521 – Электрон. дан. – [Б. м.], 2015. – URL: [http://robot-kit.ru/product\\_info.php/info/p587\\_Modul-GY-521-yeto-trehosnyi-akselerometr-i-3-h-osevoi-giroskop-dlya-Arduino-na-mikrosheme-MPU-6050--Module-3-Axis-Gyroscope-and-Accelerometer-for-Arduino--RKP-GY-521-MPU6050-.html](http://robot-kit.ru/product_info.php/info/p587_Modul-GY-521-yeto-trehosnyi-akselerometr-i-3-h-osevoi-giroskop-dlya-Arduino-na-mikrosheme-MPU-6050--Module-3-Axis-Gyroscope-and-Accelerometer-for-Arduino--RKP-GY-521-MPU6050-.html) (Дата обращения: 26.02.15).
2. Arduino [Электронный ресурс]// Плата Arduino Leonardo – Электрон. дан. – [Б. м.], 2015. – URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardLeonardo> (Дата обращения: 27.03.15)
3. Arduino [Электронный ресурс]// MPU-6050 Accelerometer + Gyro – Электрон. дан. – [Б. м.], 2015. – URL: <http://playground.arduino.cc/Main/MPU-6050> (Дата обращения: 28.03.15)
4. Шпак Ю. Программирование на языке C для AVR и PIC микроконтроллеров 2. - М.:Издательство «МК-ПРЕСС», 2011, -36с.

#### Стежка на пьезоэлектрических элементах «PowerInsole»

Волохов Н.А  
mytuyenin@gmail.com

*Чернов А.В, старший преподаватель ТИЭФ, инженер ОЗО*

В нашей стране суровый климат, часть нашей страны находится в зоне севера, это означает затяжную зиму на большой территории, для нас эта проблема особенно

актуальна, к тому же постоянное переохлаждение увеличивает риск заболеть, но ежедневно нам приходится проводить много времени на улице не зависимо от температуры и погодных условий, -20 или -30 нам всё равно приходится ожидать автобуса на остановке мы не двигаемся и в первую очередь ноги начинают замерзать, особенно это актуально в вечернее время, когда интервал движения автобусов увеличивается, а следовательно увеличивается время нашего ожидания. Также это проблема актуальна для людей, работающих в условиях крайнего севера, им приходится много времени проводить на открытом воздухе, что может негативно сказаться на их здоровье.

Ежедневно мы очень много двигаемся и тратим на это огромное количество энергии, возможность аккумулировать эту энергию давно возникла и используется в очень многих устройствах, в том числе и в нашем. Наше устройство позволяет аккумулировать эту энергию с помощью пьезоэлементов и запастись её в аккумуляторе.

Энергия, запасённая внутри аккумуляторов, идёт на подогрев стелек. Это позволяет отказаться от ежедневной зарядки, которой требуют другие стельки с подогревом, представленные на нашем рынке.

Явление пьезоэлектричества было открыто братьями Джексоном и Пьером Кюри в 1880 году и с тех пор получило широкое распространение в радиотехнике и измерительной технике. Заключается оно в том, что усилие, приложенное к образцу пьезоэлектрического материала, приводит к появлению на электродах разности потенциалов. Сегодня известно несколько примеров практического использования подобной технологии накопления энергии. На станции метро «Марунучи» в Токио установлены пьезогенераторы в зале для приобретения билетов. Скопления пассажиров хватает для питания части станции. Стали обыденными пьезоэлектрические зажигалки. Данный генератор является основой устройства. Использование данного генератора, как носимого устройства используемого для накопления энергии является инновационным.

Путём испытаний рабочих прототипов разной конструкции была разработана следующая принципиальная схема устройства, представленная на рис.1.

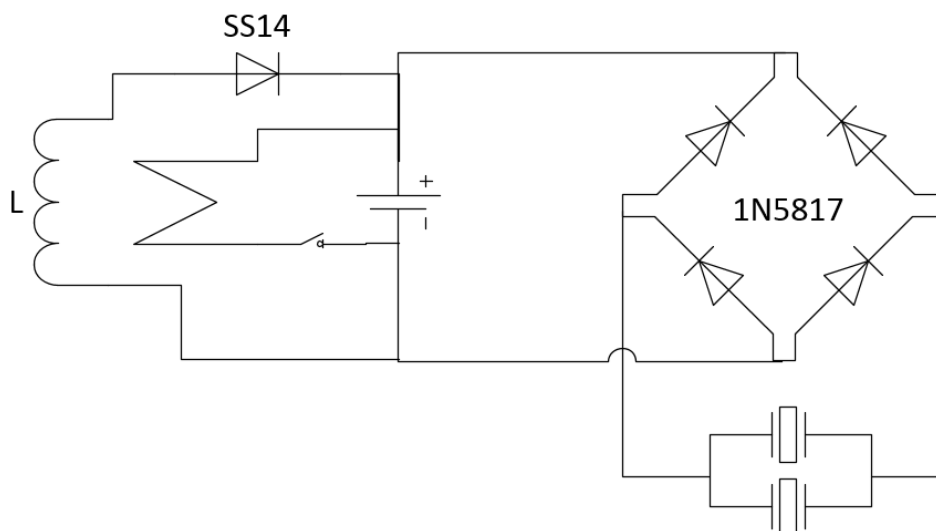


Рисунок 1. Принципиальная схема стельки

В схеме имеются следующие элементы: 2 пьезогенератора, диодный мост (4 диода 1N5817), приёмник (катушка), диод катушки (SS14), аккумулятор, нагревательный элемент.

Пьезогенераторы соединены параллельно, что позволяет увеличивать ток, так как особенностью пьезогенераторов является способность выдавать относительно большое напряжение при малом токе.

Также опытным путём нам удалось расположить пьезоэлементы в местах, где они вырабатывают наибольшее количество энергии.

В схеме для выпрямления напряжения с пьезогенераторов используется диодный мост, состоящий из диодов Шотки 1N5817. Также для подзарядки аккумулятора используется беспроводная зарядка стандарта Qi, что позволяет зарядить стельки, не вытаскивая их из обуви.

Испытания работы данной схемы показали, что аккумулятор заряжается в среднем на 400 Мач за 40-50 минут ходьбы.

По данным проведённого анализа рынка, данное устройство востребовано на рынке и имеет огромный потенциал для дальнейшего развития и коммерциализации. Дальнейшее развитие нашего устройства мы видим в возможности использовать накопленную энергию для зарядки электронных устройств.

### Список литературы:

1. Замятина О. М., Мозгалева П. И. Усовершенствование программы элитной технической подготовки: компетентностно-ориентированный подход // Инновации в образовании. 2013. № 10. С. 36-45
2. Гончарук Ю.О., Савинкина У.С., Мозгалева П.И., Замятина О.М. Использование интернет-технологий в организации проектной деятельности студента // Научно-методический электронный журнал "Концепт". 2013. № 3. С. 26-33.
3. Мозгалева П.И. Формирование проектной компетенции технического специалиста на примере проекта «полигон инновационного мышления» // В

сборнике: Организация исследовательской деятельности детей и молодежи: проблемы, поиск, решения материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции. С. 302-304.

### **«Touch Lock»**

Курилова А.Д., Новицкий Д.Е., Малюгин А.В., Кольцов К.Г., Горбачев В.Д.  
touch-lock@yandex.ru

#### *Национально исследовательский Томский политехнический университет*

Замок является важной составляющей двери. От его надежности и качества будет зависеть безопасность вашего имущества.

Всем давно известны достоинства и недостатки традиционных механических дверных замков. Достоинств много, а главных недостатков два:

1 Все существующие на сегодняшний день механические замки выпускаются уже не менее 15-и лет, поэтому их конструкция и методы вскрытия не являются секретом для “заинтересованных лиц”.

2 Так как ключевые отверстия таких замков видны с внешней стороны, то определить марку, тип и расположение дверного замка не составляет труда.

Поэтому устанавливать электронные замки намного надежней. Электронные замки делятся на несколько типов:

- 1) Замки с системой аутентификации сетчатки глаза. Преимущества: алгоритм статически надежен. Недостатки: высокая цена и низкая доступность готовых решений.
- 2) Кодовый замок. Опять же не нужно использовать ключи, но код можно забыть или его могут подсмотреть при вводе.
- 3) Замки с RFID-меткой. Преимущества: удобство в использовании, возможность замаскировать считыватель метки так, что визуально замок не будет виден, что повышает защищенность от взлома. Недостатки: RFID-метку возможно скопировать легко и незаметно для владельца.
- 4) Замок с датчиком отпечатка пальца. Высокая достоверность, невысокая стоимость устройств, довольно простая процедура сканирования отпечатка.

#### **Технологии устройства Touch Lock**

Биометрические замки начали развиваться в 90-х годах XX века вместе со скачком развития биометрических технологий, когда сенсоры, распознающие папиллярный узор пальца, стали намного точнее. Такие замки еще называют дактилоскопическими или смартлоками.

Помимо способности распознавания по отпечаткам, биометрические замки имеют все характеристики и функции обычных механических замков. Также по надежности, секретности и взломостойкости биометрические замки на сегодняшний день стали превосходить механические устройства среднего и высокого класса. Помимо этого, они избавляют от ключей, магнитных карт, запоминания кодовых комбинаций. Так что вероятность остаться за закрытой дверью, потому что потерял ключ или забыт код, невелика [1].

Наиболее проработанный на сегодняшний день биометрический метод идентификации личности - это распознавание отпечатка. У каждого человека свой

уникальный папиллярный узор на пальцах, благодаря этому и возможна идентификация. Классические алгоритмы используют характерные точки в узоре: конец, разветвление линии узора, одиночные точки. К тому же используется информация о морфологической структуре папиллярного узора: положение замкнутых, спиральных и “арочных” линий друг относительно друга. Уникальные характеристики отпечатка преобразуются в код, сохраняющий информацию об изображении отпечатка, этот код и хранится в базе данных, которая используется для хранения и сравнения отпечатков. Время транслирования изображения папиллярного узора в код и идентификации чаще всего не превышает одной секунды, но имеет зависимость от размера базы данных. Время, затрачиваемое на поднесение руки, не учитывается.

Одним из таких биометрических замков является Touch Lock. Интегрированный в модуль датчик отпечатков пальцев выполняет ряд функций, таких как регистрация отпечатков, обработка изображений, идентификация, поиск и хранение шаблонов.

Touch Lock довольно прост в эксплуатации: палец прикладывается к сенсору, считывается его отпечаток, и если находится соответствие в базе данных, тогда замок открывается [2].



Рис. 2. Схематическое устройство Touch Lock

### Принцип обработки отпечатка пальца

Устоявшимися понятиями для биометрии являются — False Acceptance Rate (*FAR*) и False Rejection Rate (*FRR*). Первое понятие характеризует шанс ложного совпадения биометрических характеристик двух разных людей. Второе же — вероятность запрета доступа человеку, который имеет допуск. Система биометрии тем качественнее, чем меньше у неё *FRR* при том же *FAR*.

Для понимания значения вероятностей *FAR* и *FRR*, можно оценить, насколько часто будут проявляться ложные совпадения, если система идентификации будет установлена в организации размером в  $N$  человек. Шанс неверного совпадения отпечатка пальца полученного сканером для базы данных из  $N$  отпечатков равна  $FAR * N$ . Порядка  $N$  человек проходит через пункт контроля доступа каждый день. В таком случае вероятность ошибки в течение рабочего дня будет равна  $FAR * (N^2)$ .

Если допустима одна ошибка в течение рабочего дня, тогда:  $FAR * N^2 \approx 1 \Rightarrow N \approx \sqrt{\frac{1}{FAR}}$

Стандартное значение *FAR* для датчиков отпечатка пальца — 0.001%.

Соответственно из формулы получаем, что система идентификации при  $FAR=0.001\%$  будет стабильно работать с численностью персонала  $N \approx 300$ .

Преимуществами данного метода являются: высокая достоверность — статистические показатели метода выше, чем у методов идентификации по лицу,

голосу, росписи. Невысокая цена устройств для сканирования отпечатка пальца. Несложная процедура сканирования отпечатка.

Недостатком является легкое повреждение папиллярного узора отпечатка пальца мелкими порезами, царапинами. Люди, которые использовали сканеры отпечатка пальца в фирмах числом порядка сотен человек, говорят о относительно высокой частоте отказа сканирования. Ещё на текущем уровне технологий есть возможность относительно просто подделать изображение отпечатка [3].

Используемым сканером отпечатков пальцев в проекте «Touch Lock» является «ZFM-20» от компании Adafruit. В качестве системы управления используется Arduino Mega2560, программирование которой происходит на языке «Processing». База данных с соответствиями отпечатков людям на текущий момент хранится в EEPROM (постоянной энергонезависимой памяти) Arduino, в дальнейшем планируется два варианта развития, в первом управляющая программа и база данных находятся на сервере, а Arduino используется лишь как исполняющее устройство команд сервера, во втором база данных будет храниться на схемном носителе подключаемом напрямую к Arduino, а обработка будет вестись ею самой. Так же планируется замена Arduino на обычный микроконтроллер AVR серии ATmega, для удешевления и упрощения устройства.



Рис. 2. Отпечаток пальца

#### Список литературы:

1. Интернет версия журнала “Barlette” [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://barlette.ru/journal/article/505.html> , свободный
2. Сайт электронного биометрического замка Touch Lock [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://projecteee.devyourself.ru/co/TouchLock/> , свободный
3. Замятина О. М., Мозгалева П. И., Лычаева М. В. Проектно-ориентированное обучение в системе элитного технического образования в ТПУ // В сборнике: Уровневая подготовка специалистов: государственные и международные стандарты инженерного образования : сборник трудов научно-методической конференции. Томск: Изд-во ТПУ. 2013. С. 160-163.
4. Замятина О.М., Мозгалева П.И., Соловьев М.А., Боков Л.А., Поздеева А.Ф. Технология проектно-ориентированного обучения в инженерном образовании // Высшее образование сегодня. 2013. №12. С. 68-74.



5. IT-сообщество “Хабрахабр” [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/126144/> , свободный

### **Многофункциональная тележка**

Корольков Д. П., Будько А.А.  
*Dmitriu94@mail.ru, budkoaleksander@yandex.ru*

#### ***Национальный исследовательский Томский политехнический университет***

На сегодняшний день, численность людей пенсионного возраста в мире составляет около 30% населения, они являются большой социальной группой. Общая проблема всех стран не обошла стороной и Россию: пожилых людей у нас год от года становится больше. В связи с этим возрастает необходимость разработки и внедрения социальных и инновационных проектов, направленных на помощь, в первую очередь, людям пенсионного возраста в повседневной жизни.

Взаимодействие с людьми пожилого возраста все более и более актуальна, т.к. сейчас они выступают в качестве большой социально-демографической группы, и их количество неуклонно растёт.

Нами была сформулирована следующая задача: облегчение физического труда, испытываемого не только людьми пожилого возраста, но и других социальных слоев общества.

Наш проект является одним из представителей данного направления. Мы предлагаем инновационную конструкцию многофункциональной тележки, которая позволит не только минимизировать усилия по перевозке тяжелой поклажи, но и позволит вам отдохнуть, если вы устали. Сумка-тележка необходимое подспорье хозяйкам всех уголков земли. Они имеют множество применений, которые удивят вас легкостью и удобством эксплуатации.

Представим обыденную ситуацию в городе: пожилая бабушка пошла за покупками на рынок с обычной хозяйственной телегой для продуктов. Набрала с десятков килограмм продуктов, при этом ей приходилось постоянно наклоняться, чтобы уложить продукты и закрепить сумку в телеге. Но ведь у многих пожилых людей проблемы со спиной и им тяжело наклоняться и эти простые действия могут оказаться для них достаточно трудной и неприятной задачей. Дополнительной сложностью является путь до дома, который необходимо пройти, ведь он может быть неблизкий и по пути могут устать ноги, тогда необходимо присесть и отдохнуть. А если возникло какое-то препятствие на дороге, будто ступеньки или неровная дорога, требуется сильная физическая сила, чтобы преодолеть его.

Наша разработка направлена на решения всех этих проблем и включает в себя пару «модулей» для многофункциональной тележки, а именно: каркас-телега, «модуль-стул», шасси с парой-тройкой колес и ножкой-опорой, «модуль-подъемник» и непосредственно сумка.

- Каркас-телега представляет собой конструкцию из полых алюминиевых труб, шасси с парой колёс и ножкой-опорой, и подставки, которая служит для закрепления поклажи и её перевозке.

- Механизм подъемника, состоящий из лебедки, направляющих, верёвки и пары блоков для обеспечения механизма подъёма.
- Модуль-стул: выполненный в виде складного откидного модуля, позволяющий быстро преобразовывать грузоперевозочную тележку в комфортный стул для отдыха.



*Рисунок 1. – Модули используемые в «Многофункциональной тележке»*

Плюсы и минусы:

Плюсы	Минусы
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Маневренность</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Попадание посторонних предметов в 3-х колесную базу</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Легкость и удобство эксплуатации</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Неустойчивость при движениях (садишься – встаешь)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Надежность</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Более высокая цена по сравнению с телегой без дополнительных модулей</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Приемлемая цена</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Компактная</li> </ul>	

И так сделаем вывод:

- Хозяйственная всепогодная сумка тележка стул, имеет противоскользящую прорезиненную поверхность ручки;
- Раскладывающийся механизм, удивляет высокой грузоподъемностью до 50 кг;
- Отстегните сумку и ваша любимая "подруга", превратится в уникальную тележку со стулом;

- Устали от длительной и изнурительной дороги, не беда, достаточно откинуть стульчик, чтобы насладиться отдыхом где угодно;
- Сохраняет суставы и позвоночник от воздействия непомерного груза, который набирается, пройдясь по товарным полкам;
- Передвигайтесь по всевозможным препятствиям, за счет 6-ти колесной базы. Две пары, по три колеса в каждой, уверенно перешагивают через неожиданные препятствия на вашем пути;
- Механизм подъёмника не заставит вас наклоняться при кладке предметов;
- Исключительный помощник для вашей семьи.

Сумки тележки хозяйственные на колесах, воплощают задуманное, стирая границы допустимого ручного предела транспортировки. Задумайтесь о своих родителях, купив тележку на колесах, создавая условия комфортного быта, и они каждый раз будут благодарны за столь полезную покупку. Сохраняя каждую клетку и сустав, мы продлеваем им жизнь, добавляя наслаждения каждым моментом бесценной жизни.

#### **Список литературы:**

1. Общая база рефератов, реферат на тему: «Проблемы пенсионеров». [Электронный ресурс]. URL: <http://referatwork.ru/refs/source/ref-109034.html> (дата обращения: 08.03.2015).
2. Общий ресурс по продаже товаров: Тележка с сумкой и стулом Рыжий Кот С302. [Электронный ресурс]. URL: [http://emsale.ru/goods/telezhka-s-sumkoy-i-stulom-ryzhiy-kot-s302?from=YThh\\_](http://emsale.ru/goods/telezhka-s-sumkoy-i-stulom-ryzhiy-kot-s302?from=YThh_) (дата обращения: 08.03.2015).

## СЕКЦИЯ № 7. ИНИЦИАТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ

### База данных оборудования Химической лаборатории.

Бурыхина Е.С., Волкова А.В., Мартынка Е.А., Павлов Д.И., Пасюкова М.А,  
Пуговкина Ю.С.  
lizaburyhia@gmail.com, Ann\_volkova96@mail.ru, ekaterina.martynko@gmail.com,  
stopspam@sibmail.com, button\_tomsk@mail.ru

*Научный руководитель: Мозгалева П.И., эксперт отдела элитного образования  
ТПУ*

ТПУ – высшее учебное заведение, состоящее из структурированных взаимосвязанных звеньев. В ТПУ находится более 20 действующих лабораторий, работающих в различных научных направлениях. Все они оснащены специализированным оборудованием, позволяющим выполнять исследования высокого уровня. Но, к сожалению, не всегда у студента есть возможность узнать, какое оборудование есть в лаборатории или на кафедре и к кому следует обратиться, чтобы получить доступ к необходимому прибору.

Подобная проблема существует и в лаборатории кафедры Биотехнологии и органической химии, расположенной на третьем этаже 2 корпуса ТПУ в аудитории №307.



Рисунок 1. Лаборатория "Биотехнологии и органической химии"

Подтвердить необходимость решения данной проблемы помогли опросы сотрудников кафедры БИОХ, в числе которых Вдовина Татьяна Юрьевна

(заведующий лабораторией), Белянин Максим Львович (к.х.н., доцент), Касанова Асия Журсуновна (техник).

Оборудование, которое имеется в лаборатории, не отражено ни в одном общедоступном каталоге, что затрудняет процессы поиска необходимого инвентаря для студентов и магистрантов и контроля состояния приборов для ответственных за них лиц.

Чтобы решить данную проблему, была поставлена цель: разработка общедоступной базы данных оборудования лаборатории «Биотехнологии и органической химии», которая будет содержать полный перечень инвентаря, его местонахождение, а также информацию об ответственном лице.

Для создания базы данных планируется использовать программу Microsoft Access ввиду её повсеместной распространенности на компьютерах ТПУ и простоты интерфейса.

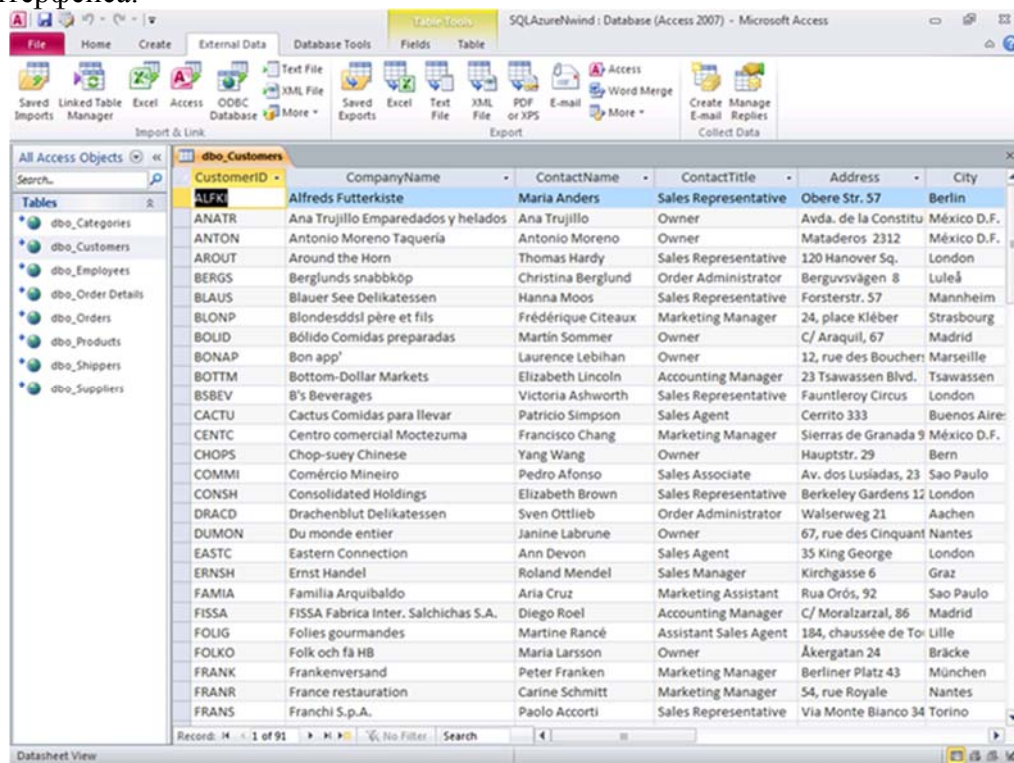


Рисунок 2. Пример базы данных, созданной в MSAccess

Для достижения поставленной цели необходимо реализовать следующие задачи:

1. Произвести подсчет всего имеющегося в лаборатории БИОХ оборудования;
2. Узнать дополнительную информацию об оборудовании, которая может быть полезна студентам, для дальнейшего внесения ее в базу данных;
3. Разработать базу данных химической лаборатории в программе MSAccess;
4. Осуществить ТЕСТ-драйв программы и запустить ее на платформе сайта tri.ru;
5. Создать общедоступную платформу созданной базы данных для ее использования другими лабораториями и кафедрами.

Команда планирует разработать базу данных химической лаборатории, которой смогут пользоваться все заинтересованные в этом люди. Студенты и аспиранты разных кафедр и институтов, занимающиеся научной деятельностью, получают



возможность искать необходимое для исследований оборудование в данной базе, а также будут знать, к кому обратиться для консультации по их работе.

В дальнейшем, если разработанная БД сможет в полной мере удовлетворять потребности и будет популярна, то планируется её расширение за счет других лабораторий, которые воспользуются данной платформой и на ней информацию об оборудовании, находящемся у них.

Расширение базы данных на все лаборатории позволит составить общую базу данных оборудования лабораторий ТПУ, использование которой облегчит поиски необходимого для исследований инвентаря для всех студентов, магистрантов, аспирантов и сотрудников НИ ТПУ.

№	Наименование	Сост.	Инв номер	Цена	Поставленс	Оплачено и	Местонахо	Ответственный
348	IP-телефон Cisco CP-3905		101040031316/012	1995.00	01.01.2013	от Загуменно	310 для 241	
41	Автоклав полуавтоматический		101040010365	104500.00	09.09.2008	г/к 580/110708	3-025	Хохлова
250	Автоматический поляриметр Р		101040030171/001	779962.71	01.08.2013	г.к 628/220713	312	Штрыкова В.В.
33	Аквадистиллятор ДЭ-4-2М		01355090	19467.00	30.11.2004	бюджет	311	
19	Анализатор лекарственных сре		101040015124/001	970759.64	22.12.2009	г/к1385/07120	312	Белянин
340	Аналитическая хиральная коло		101040031371/001	150000.00		г.к 628/220713	312	Штрыкова В.В.
143	Аппарат самопишущий ленточ		07125097	792.29	01.01.1987			
142	Аппарат для определения точн		07142000	178.26	01.01.1987		шкаф	Вдовина
207	Беспроводная микрофонная ра		101040026904/001	14406.78	01.08.2012			
18	Беспроводная точка доступа Ci		101040015843/001	18010.00	28.01.2010	от Афонченко	310	
235	Беспроводной презентер Scree		101040023890	1347.46				
46	Биноклярный микроскоп Мик		101060001443	30805.30	27.12.2005	бюджет	3-025	Хохлова
144	Биохром хроматограф		#M00001679	5546.10	01.01.1989			
128	Блок питания ВК 5001		#M00001112	4120.26	01.01.2001		239	Вдовина
34	Бокс с вертикальным ламинарн		01355091	125100.00	31.12.2004	бюджет	3-025	Хохлова
339	Вакуумный насос Duo 2,5		101040031373/001	364580.00		г.к 628/220713	308	Постников П.С.
35	Вентилятор		01391780	6838.92	29.10.2004		шкаф	Вдовина
13	Весы KERN 440 33N		101040012416	12000.00	10.11.2008	гк 378/120808	3-025	Хохлова
14	Весы KERN 440 33N		101040012417	12000.00	10.11.2008	гк 378/120808	307	
129	Весы WA-23 до 2-х кг		#M00001315	3098.58	01.01.1981			
208	Весы аналитические AS310/C/2		101040024449/001	57260.36	28.11.2011		314	
176	Весы аналитические НТР-120 Сг		101040014186	40120.00	27.08.2009	г/к 518/080709	314	
161	Весы аптечные ВА-4М		#M07159854	1953.00	01.01.2003			
5	Весы лабораторные Adventure		01333041	36875.00	31.10.2004	бюджет	313	Краснокутская

Рисунок 3. Фрагмент разработанной базы данных оборудования химической лаборатории.

#### Список литературы:

1. Харитонов, Ирина Александровна. Office Access 2003 / И. А. Харитонов. — СПб.: Питер, 2004. — 464 с.: ил.
2. Кузин, Александр Владимирович. Базы данных : учебное пособие / А. А. Кузин, С. В. Левонисова. — 4-е изд., стер. — Москва: Академия, 2010. — 316 с.: ил.
3. Замятина О. М., Мозгалева П. И. Усовершенствование программы элитной технической подготовки: компетентностно-ориентированный подход // Инновации в образовании. 2013. № 10. С. 36-45
4. Гончарук Ю.О., Савинкина У.С., Мозгалева П.И., Замятина О.М. Использование интернет-технологий в организации проектной деятельности студента // Научно-методический электронный журнал "Концепт". 2013. № 3. С. 26-33.
5. Мозгалева П.И. Формирование проектной компетенции технического специалиста на примере проекта «полигон инновационного мышления» // В сборнике: Организация исследовательской деятельности детей и молодежи:

проблемы, поиск, решения материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции. С. 302-304.

6. Советов, Борис Яковлевич. Базы данных: теория и практика : учебник для вузов / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский, В. Д. Чертовской. — 2-е изд., стер. — Москва: Высшая школа, 2007. — 463 с.: ил.

### **Модель формирования компетенций инженерного изобретательства в рамках программы элитного технического образования ТПУ**

Денчук Д.С.

[eds@tpu.ru](mailto:eds@tpu.ru), [bogrova@mail.ru](mailto:bogrova@mail.ru)

Аспирант ИПед, ИСПК, менеджер отдела элитного образования, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия

студент ИПР, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия

**Аннотация:** В статье рассматривается комплексный подход при подготовке бакалавров к творческой профессиональной деятельности на основе инженерного изобретательства на примере программы элитного технического образования, реализованной в Национальном исследовательском Томском политехническом университете (НИ ТПУ).

**Ключевые слова:** инженерное изобретательство, компетенции, элитное техническое образование, основная образовательная программа

#### **Введение**

Традиционный подход, сложившийся в системе высшего образования, в основном ориентирован на подготовку инженеров в системе репродуктивного накопления знаний, направленной на работу на каком-либо конкретном оборудовании. Данный подход приводит к тому, что у обучающихся слабо выражена мотивация к научно-техническому творчеству и зачастую отсутствуют условия (организационно-педагогические, материально-техническая база) для развития данной компетенции в стенах университета.

Одним из ключевых факторов при подготовке будущих инженеров является развитие у них способности к инженерному изобретательству и научно-техническому творчеству [1, 2, 3]. Современная система инженерного образования должна гибко реагировать на все возрастающую потребность производства в высококвалифицированных кадрах, способных к качественно новому решению поставленных задач. В Законе Российской Федерации «Об образовании», в «Национальной доктрине образования в Российской Федерации до 2025 года» одной из основных задач называется – «подготовка высококвалифицированных специалистов, способных к профессиональному росту и профессиональной мобильности в условиях информатизации общества и развития новых наукоемких технологий».

#### **Основная часть**

Образование, в том числе и высшее, в России регламентируется Федеральным государственным образовательным стандартом третьего поколения (ФГОС-3), в

данном документе определен набор компетенций, которыми должен обладать бакалавр по окончании учебного заведения [4]. Несмотря на то, что список как общекультурных, так и профессиональных компетенций весьма широк для каждого направления бакалавриата, во ФГОС-3 недостаточно подробно прописаны компетенции, которыми должен обладать инженер, способный осуществлять инженерно-изобретательскую деятельность. В связи с вышеизложенными фактами ведущие университеты России (в том числе, и НИ ТПУ) получили право разрабатывать собственные образовательные стандарты с опорой на ФГОС-3, отвечая современным вызовам. Так, в 2012 году был разработан Стандарт основных образовательных программ ТПУ (Стандарт ООП ТПУ) под редакцией профессора А.И. Чучалина [4]. В данном Стандарте предпринята попытка решить проблему массовизации высшего образования, путем создания в НИ ТПУ трех образовательных траекторий, позволяющих студентам с разным уровнем начальной подготовки успешно осваивать образовательные программы вуза. Создание личностно-ориентированной образовательной среды в НИ ТПУ призвано помочь адаптироваться студентам, и «обеспечить качество подготовки выпускников к профессиональной деятельности». В НИ ТПУ предполагается три образовательных траектории:

- основная траектория освоения ООП по базовому учебному плану (для студентов, имеющих качественную довузовскую естественнонаучную и математическую подготовку и способности на уровне не ниже среднего);
- траектория освоения ООП по учебному плану, соответствующему системе элитного технического образования (ЭТО) ТПУ (для талантливых студентов с высоким качеством довузовской естественнонаучной и математической подготовки и способностями на уровне, значительно превышающем средний) [1, 2, 3, 4];
- траектория освоения ООП по адаптированному учебному плану, обеспечивающему достижение требуемых ФГОС результатов обучения (для студентов, имеющих качество довузовской естественнонаучной и математической подготовки и способности на уровне ниже среднего).

Подобное деление студентов на траектории при освоении ООП позволили выделить талантливых студентов, с высоким уровнем подготовки и возможность обучать их по траектории элитного технического образования, которая была разработана в соответствии с международными критериями в области подготовки и сертификации профессиональных инженеров.

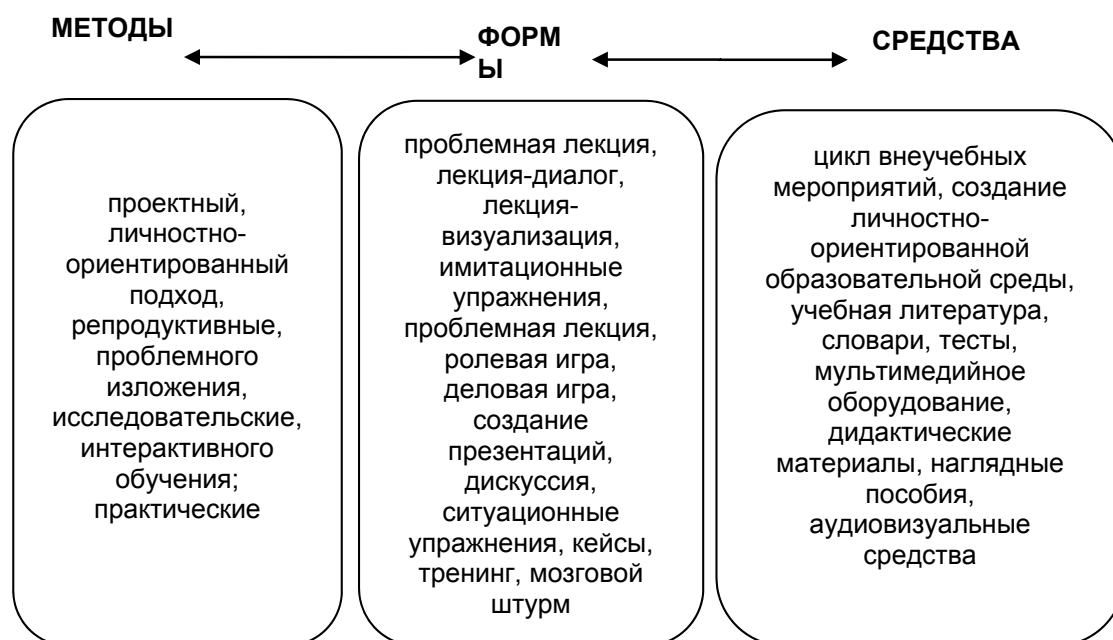
Но, несмотря на созданные условия, на наш взгляд, остается до конца не решенной проблема развития у студентов компетенции в области инженерного изобретательства и научно-технического творчества, не выработана целостная система и/или модель, своевременно отвечающая вызовам времени и опережающая подготовку студентов с учетом развития современной техники и технологий, и создания условий для реализации данной системы для непрерывного и поэтапного развития компетенции инженерного изобретательства и научно-технического творчества у бакалавров технических вузов [1-3].

Национальный исследовательский Томский политехнический университет является одним из лидеров в области инженерного образования в России. По данным экспертного рейтингового агентства «Эксперт РА» в 2014 г. НИ ТПУ занимает 7 место в числе российских университетов по качеству образования, востребованности выпускников и уровню научно-исследовательской активности. Среди мировых университетов позиция НИ ТПУ находится в диапазоне 500-550 по данным QS World University Rankings, 2014-2015. Одной из целей развития НИ ТПУ является



вхождение в ТОП-100 лучших технических университетов. Миссией ТПУ является «повышение конкурентоспособности страны, обеспечивая за счет интернационализации и интеграции исследований, образования и практики подготовку инженерной элиты, генерацию новых знаний, инновационных идей и создание ресурсоэффективных технологий».

Указанные показатели недостижимы, если не будут найдены и реализованы новые подходы к подготовке конкурентоспособных специалистов в области техники и технологий. В 2004 г. в НИ ТПУ появилась траектория Элитного технического образования [1, 2], разработанная с учетом опыта ведущих мировых университетов, являющихся лидерами инженерного образования в области проектного обучения: Массачусетский технологический университет (программа Бернарда М. Гордона), Университет Торонто (Программа «Предпринимательство, лидерство, инновации и технологии в технике – ELITE»), Ольборгский университет и др.



**Рис. 3.** Схема организационно-педагогической модели реализации программы элитного технического образования в НИ ТПУ

Обучение базируется на дисциплинах, которые не преподаются в рамках ООП либо даются не достаточно глубоко:

1. Углубленное изучение физики, математики и экономики (на 30% больше, чем на основной траектории), английский язык (на 50 % больше аудиторных часов, чем по ООП).

2. Дополнительные дисциплины, которые реализуются по траектории ЭТО:

- практическая психология для студентов (развиваются компетенции на командообразование, лидерство);
- введение в проектную деятельность (развиваются компетенции командной и проектной работы, профессиональные инженерные компетенции);

- введение в инженерное изобретательство (студенты начинают работать над собственными инженерными проектами);
- теория решения изобретательских задач (поиск нестандартных решений и развитие творческого мышления);
- инженерное предпринимательство;
- проектный менеджмент;
- основы ресурсоэффективности.

### **Выводы**

За время реализации данной программы ее успешно окончили 354 студента, 231 из которых оценили развитие своих компетенций как более высокие по сравнению со студентами, которые обучались по только ООП [4]. Особо выделяются студентами как особо ценные и полезные для профессиональной деятельности навыки работы в команде, управление инженерными проектами, глубокие фундаментальные знания [3].

В дальнейшем планируется разработать и апробировать разноуровневый комплекс заданий, направленный на выявление степени сформированности компетенции инженерного изобретательства у бакалавров технических вузов и подготовке бакалавров к творческой профессиональной деятельности на основе инженерного изобретательства.

### **Список литературы:**

1. Zamyatina O.M., Solodovnikova O.M., Denchuk D.S. Formation and Analysis of Competencies in Elite Engineering Specialists. // В сборнике: 17 International Conference ICL2013. 2013. С. 389-392.
2. Замятина О.М., Денчук Д.С., Садченко В.О. Инженерное изобретательство как основной компонент подготовки технических специалистов // Современные проблемы науки и образования. 2014. №5.
3. Денчук (Елишева) Д. С., Замятина О. М., Минин М. Г., Садченко (Толмачева) В. О. Анализ компетенций инженерного изобретательства в практике российского и международного высшего профессионального образования [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. - 2014 - №. 6. - С. 1.
4. Международный семинар по вопросам инноваций и реформированию инженерного образования «Всемирная инициатива CDIO»: Материалы для участников семинара (Пер. С.В. Шикалова) / Под ред. Н.М. Золотаревой и А.Ю. Умарова. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2011. – 60 с.
5. Всемирная инициатива CDIO. Планируемые результаты обучения (CDIO Syllabus): информационно-методическое издание / Пер. с англ. и ред. А.И. Чучалина, Т.С. Петровской, Е.С. Кулюкиной; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 22 с.

## **Навигатор студента**

Бородулин П. Н. , Фоминский А. С. ,Фоминский В. С.

Borodulin\_p@mail.ru

Федеральное государственное автономное Общеобразовательное Учреждение Высшего Образования Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет ведёт активную политику по привлечению студентов из других регионов и стран ближнего и дальнего зарубежья (в частности из Индии и стран Азиатско-Тихоокеанского региона). Каждому приезжему студенту достаточно нелегко ориентироваться в другом городе. У них возникают различные вопросы: как добраться до какого-либо корпуса, где сделать ксерокопии, ламинирование, фотографии, где можно вкусно и дешево поесть и др. При заселении в общежитие возникают проблемы с покупкой техники, хозяйственной утвари и т.д. Цель нашего проекта: создание сайта, благодаря которому можно найти местонахождение необходимых сервисов, решение проблем с покупкой техники. Также наш сайт поможет студентам, которые не хотят жить в общежитии, найти съёмную квартиру. Для того чтобы решить эти проблемы, будет создан сайт, содержащий разделы, перечисленные ниже:

1. Навигация
2. Объявления
3. Советы от старшекурсников
4. Предложение помощи по учебе
5. Новости

### **Поставленные задачи**

Задачи, которые мы перед собой поставили, следующие:

1. Создание прототипа дизайна сайта в графических редакторах Adobe Photoshop и Corel Draw
2. Верстка сайта на основе прототипа разработанного дизайна
3. Изучения языков Java-Script и PHP, вёрстка шаблона сайта
4. Изучение работы с базами данных в MySQL
5. Разработка и настройка интерактивных сервисов
6. Наполнением контентом базы данных сайта
7. Тестирование готового сайта
8. Настройка и перенос на хостинговую платформу
9. Запуск сайта

### **Необходимые ресурсы проекта**

1. Сервер для базы данных сайта
2. Хостинг и домен для сайта
3. Программное обеспечение
4. Учебники для изучения языков JS и PHP
5. Консультации программистов и дизайнеров
6. Раскрутка для иностранцев и иногородних студентов от приемной комиссии, на сайте ТПУ и в социальных сетях.
7. Поддержка сайта
8. Администрирование и модерация

### **Маркетинговый план**

1. Масштаб проекта-региональный;
2. Основная целевая аудитория: абитуриенты и студенты;
3. Удобство в использовании;
4. Дополнительная привлекательность нашего университета для абитуриентов;

### **Дальнейшее развитие проекта**

Перевод сайта на различные языки мира, в частности на английский и китайские языки. Создание приложения для смартфонов на базе данного сайта, совершенствование и добавление нового контента.

### **Список литературы:**

1. Э. Фримен Изучаем HTML, XHTML и CSS – Head First HTML with CSS & XHTML. – П.: «Питер», 2010. – 656 с.
2. Эд Титтел, Джефф Ноубл. HTML, XHTML и CSS для чайников, 7-е издание – HTML, XHTML & CSS For Dummies, 7th Edition. – М.: «Диалектика», 2011. – 400 с.
3. Замятина О.М., Мозгалева П.И., Соловьев М.А., Боков Л.А., Поздеева А.Ф. Технология проектно-ориентированного обучения в инженерном образовании // Высшее образование сегодня. 2013. №12. С. 68-74.
4. Кузнецов Максим, Симдянов Игорь. Самоучитель PHP 5/6. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: [«БХВ-Петербург»](#), 2009. – С. 672
5. Замятина О. М., Мозгалева П. И., Лычаева М. В. Проектно-ориентированное обучение в системе элитного технического образования в ТПУ // В сборнике: Уровневая подготовка специалистов: государственные и международные стандарты инженерного образования : сборник трудов научно-методической конференции. Томск: Изд-во ТПУ. 2013. С. 160-163.
6. Кузнецов Максим, Симдянов Игорь. PHP . Практика создания Web-сайтов. – 2-е изд. перераб. и доп. – СПб.: [«БХВ-Петербург»](#), 2008. – С. 1264
7. Кингсли-Хью Э. JavaScript в примерах; Книга по Требованию – 2007. – 272 с

### **Наука в социум**

Кобякова А.А., Диннер А.В., Ткачев Д.А., Дергунов Е.С.  
alinka\_kobyakova@mail.ru

Томск не зря называется Сибирскими Афинами, ведь в нем обучается огромное количество студентов, как с Томска, так и с других регионов России и даже других стран. Но помимо студентов в Томске проживают и другие люди, в том числе будущие студенты, которым вскоре предстоит сдавать экзамены. И, безусловно, все эти люди, так или иначе, пользуются общественным транспортом. В связи с большой занятостью населения, у которого порой нет даже тридцати минут для изучения какой-либо познавательной литературы, было решено создать цикл листовок, содержащих различные интересные факты.

**Цель проекта** - создание цикла листовок технической и гуманитарной направленности для общего развития населения и помощи школьникам в освоении некоторых дисциплин.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

- провести социальный опрос среди населения, с целью выяснения отношения жителей к данному проекту;
- получить разрешение от владельцев транспорта на распространение листовок;
- подобрать материал и произвести оформление информационных листовок;
- создание сайта для публикации результатов и обсуждения материалов;

Несомненно, в Томске уже есть реализованные социальные проекты, такие как создает рекламная компания «Фиеста» (рис. 1, 2). Многие выдели эти листовки в транспорте, но на кого же они направлены? В основном они являются мотивирующими для более взрослого населения. Уникальность нашей идеи заключается в направленности на более широкую публику, она реализуется для людей всех возрастов. Помимо познавательной информации, наши плакаты будут содержать в себе и образовательный материал (рис. 3).



Рис. 1. Плакат компании «Фиеста»  
«Фиеста»



Рис. 2. Плакат компании  
«Фиеста»

Основными мероприятиями проекта будут являться разработка и внедрение листовок. В качестве внедрения подразумевается их распространение в общественном транспорте. Если учитывать, что большинство населения пользуется общественным транспортом как минимум два раза в день, то можно увидеть следующие положительные стороны нашего проекта: получение школьниками и студентами полезной для их основного вида деятельности информации, повышение уровня общего развития всего населения и более полезное времяпровождение при поездке. Также данные листовки будут показывать некое преимущество университета: помимо получения технического образования, студенты продолжают всесторонне развиваться и проявлять себя в различных видах деятельности.



*Рис. 3. Пример разработанной листовки*

Данный проект будет реализован нашей группой в течение 2015 года. Цикл будет состоять из различных листовок в нескольких экземплярах. Данные плакаты будут выданы преимущественно водителям маршрутных автобусов. Замена материала будет производиться раз в месяц. На созданном сайте предполагается наличие графы для отслеживания заданной смены плакатов и их своевременной замены. Из расчета печати и ламинирования листовок (для придания им большей износостойкости) была определена сумма, необходимая для реализации проекта, составляющая одну тысячу рублей.

Таким образом, при сравнительно небольших затратах, мы сможем сделать нашу жизнь чуточку интереснее и поможем студентам и школьникам усвоить учебный материал. Информация, имеющаяся на плакатах, будет помогать людям в повседневной жизни. Благодаря данному проекту они смогут каждый день развивать свой кругозор и обретать новые области интересов. Безусловно, проведенная работа будет иметь положительный эффект.

### **IMap**

Мехеда А. А. Желнорович В. А. Полонский М. С. Лосев К. Рудаков М.  
**smexeda@mail.ru**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

Все мы сталкивались в своей жизни хоть раз с проблемой ориентирования на местности. У студентов эта проблема распространяется еще и на ориентирование внутри корпусов ВУЗа. Поиск нужного кабинета либо же нужного корпуса бывает довольно долг и затруднителен.

Не стоит забывать и о других посетителях нашего учебного заведения: зарубежных гостях и родственников студентов. Они же впервые попав в корпус не имеют ни малейшего представления как ориентироваться в запутанной системе кабинетов, лестниц, переходов.

Понаблюдав за политехниками в первом и втором семестре, мы обнаружили, что, как только они попадают в новый корпус, а с появлением новых предметов

появляются и новые корпуса, люди испытывают затруднения в поиске необходимой аудитории или здания.

Цель проекта: создание интерактивной карты-приложения на базе Android для четвёртого корпуса ТПУ в течение второго семестра обучения до 14.06.2015.

Для реализации поставленной цели был поставлен ряд задач:

1. Получение доступа к чертежам зданий. Изучение и анализ чертежей.
2. Написание программного кода приложения и его оформление.
3. Распространение приложения через PlayMarket при содействии профкома ТПУ.

Наша команда сама столкнулась с этим в первые недели учебы. И мы, проанализировав ситуацию, выдвинули идею создания приложения, которое предоставит людям качественно иной способ ориентирования на территории студенческого городка Политехнического университета. Приложение будет создано на смартфоны на ОС Android. Приложение будет создано в виде интерактивной карты, на которой пользователь сможет выбрать нужный ему кабинет либо аудиторию.

Проведенный опрос показал, что примерно половина опрошенных студентов нуждается в предлагаемом приложении. Те же, кто проголосовали против, в большинстве своем – старшие курсы уже все изучившие в ВУЗе. На диаграммах: за – студенты, поддержавшие идею создания приложения, против – соответственно несогласные.



Рис. 1 Социальный опрос

Рис. 2 Курс проголосовавших

Для оценки работоспособности приложения, будет набрана группа добровольцев незнакомых с внутренним устройством воссозданного в виде модели корпуса. Они должны будут, используя это приложение добраться до определенного кабинета.

Приложение ориентировано не только на студентов всех курсов, так как оно является полезным на стадии адаптации к новому корпусу, но. И, как говорилось выше, на родственников, которые ищут своего студента. Также вероятно, предлагаемый проект будет пользоваться спросом у и на иностранных гостей ВУЗа.

Воплощение этого проекта в жизнь поможет уменьшить количество опозданий на пары и избавит стены ВУЗа от потерявшихся людей.

#### Список использованной литературы:

1. Замятина О.М., Мозгалева П.И., Соловьев М.А., Боков Л.А., Поздеева А.Ф. Технология проектно-ориентированного обучения в инженерном образовании // Высшее образование сегодня. 2013. №12. С. 68-74.
2. Замятина О. М., Мозгалева П. И., Лычаева М. В. Проектно-ориентированное обучение в системе элитного технического образования в ТПУ // В сборнике: Уровневая подготовка специалистов: государственные и международные стандарты инженерного образования : сборник трудов научно-методической конференции. Томск: Изд-во ТПУ. 2013. С. 160-163.

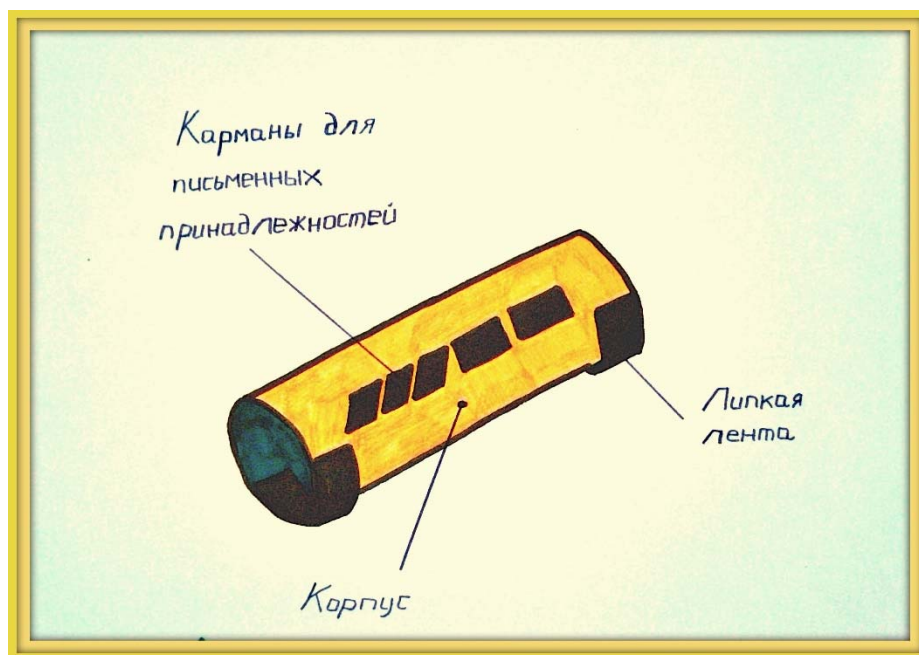
### **«Наручный пенал»**

Калинич И., Васильева А., Цыбанёв А.  
vanya\_-\_k@mail.ru

**Актуальность.** С 2004 г. в Томском политехническом университете реализуется программа элитного технического образования для высокомотивированных и способных студентов. Программа направлена на формирование личности высококлассного технического специалиста, способного стать инженерным лидером. Для достижения поставленной цели в рамках программы ЭТО реализуются специализированные программы, в 2014 г. была введена новая дисциплина «Изобразительное искусство для изобретателей». Дисциплина реализуется для учащихся по траектории элитного образования в магистратуре. Раскрытие творческих способностей студентов технических специальностей и стимулирование творческого изобретательского мышления – цель данной дисциплины. На занятиях студентам приходится работать с большим количеством кистей и красок, карандашей, т.к. студенты не являются профессиональными художниками и не имеют навыков использования палитры, краски смешиваются, кисти мараются. Данная проблема повышает расход при использовании гуаши и акварели, сокращается срок использования кистей.

**Описание проекта.** В качестве решения данной проблемы мы выдвинули идею о создании наручного пенала (рис.1), которому удалось бы вместить в себя необходимый набор принадлежностей для работы и организовать удобное их использование.





*Рисунок 1. Эскиз наручного пенала*

Данный пенал застёгивается на руке с помощью липкой ленты, которая обеспечивает возможность работы с пеналом вне зависимости от толщины руки и характера владельца: правша или левша. На этом пенале расположены карманы для письменных принадлежностей, изготовленные из эластичной ленты, которая растягивается в зависимости от толщины предмета; карманы расположены с двух сторон: на стороне, видимой на рисунке 1, имеется 3 кармана для кистей и два широких кармана для ластика и точилки, на другой стороне расположены 6 карманов под углом к вертикали для того чтобы кисти не слишком «выглядывали» из-за руки.

Пенал изготовлен из двух слоёв ткани: слой, прилегающий к коже, представляющий собой чёрную бязь и слой с нашитыми карманами – ткань «Оксфорд», которая обеспечивает необходимую жёсткость для пенала (препятствует образованию складок ткани во время использования) и легко моется.

Как уже было сказано выше, нашей основной целевой аудиторией являются художники, которые испытывают данные неудобства. Именно поэтому в качестве контрольной группы мы собираемся выбрать студентов элитного технического образования и студенты направления «Дизайн», которые помогут нам в тестировании первых образцов - 4-5 штук, изготовленных к концу апреля, согласно графику работы нашей работы. Получив от них обратную связь, мы планируем доработать наш проект и выпустить новое количество образцов для последующей реализации. На данный момент мы затратили 267 рублей на закупку материалов для изготовления 4-5 опытных образцов.



**Аналоги.** Существуют пеналы-свитки (рисунок 2), которые позволяют хранить много пишущих принадлежностей; их основной недостаток - увеличение размеров свёрнутого пенала пропорционально увеличению количества вкладываемых в пенал принадлежностей.

**Выводы.** На данный момент разработка находится в проектной стадии, мы закупает материалы и готовимся к выпуску пробных образцов. После апробации нами будет проведен сравнительный анализ и сравнение результатов нашего проекта и аналогов.

#### **Список литературы:**

1. Электронный ресурс. URL: [http://drugaya-jizn.blogspot.ru/2011/04/blog-post\\_28.html](http://drugaya-jizn.blogspot.ru/2011/04/blog-post_28.html) (Дата обращения 16.04.2015)
2. Бутакова Е.С., Замятина О.М., Мозгалева П.И. К вопросу о подготовке элитных инженерных кадров: опыт России и мира // Высшее образование сегодня. 2013. №1. С. 20-25.
3. Замятина О.М., Мозгалева П.И., Соловьев М.А., Боков Л.А., Поздеева А.Ф. Технология проектно-ориентированного обучения в инженерном образовании // Высшее образование сегодня. 2013. №12. С. 68-74.
4. Солодовникова О.М., Замятина О. М., Мозгалева П.И., Лычаева М.В. Формирование компетенций элитного технического специалиста. // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2013. №11. С. 65-71.

### **Грифельный принтер-графопостроитель**

Климкович А.В., Герасимов Д.В., Кушнирук А.Е., Волков А.А.  
black\_inkvisitor@mail.ru

*Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет*  
Всем знакома проблема отсутствия устройства для вывода какой-либо информации с компьютера в печатный вариант, желательно что бы оно было ещё и

бюджетным, компактным, с очень дешёвыми расходными материалами и широким функционалом.

Наша команда решила реализовать подобное устройство, полезное большому кругу людей, таких как: студенты, дизайнеры, инженеры, учителя информатики. Среди достоинств данного устройства мы хотели бы отметить:

- Экономичность. Само устройство имеет простую конструкцию, фиксирование информации на бумаге происходит за счёт бюджетного материала, продающегося во всех канцелярских магазинах. [1]
- Функциональность. С помощью этого устройства возможен вывод изображений в тонах используемого грифеля, вывод текста, вычерчивание примитивов неотрывной линией. Так же, за счёт сменного рабочего модуля на лазер с фокусирующей линзой, возможна раскройка тонких материалов.
- Возможность простого стирания части или всех выведенных данных с помощью обычного ластика.

#### Принцип работы:

Основные преобразования данных происходят на компьютере [2], после чего данные передаются на плату Arduino, где преобразовываются в сигналы для электродвигателей. [3]

Arduino - аппаратная платформа, которая является основой для начального конструирования всевозможных электронных устройств на базе программируемых микроконтроллеров. [4]

Двигатели, посредством передаточных шестерней [5], приводят в движение направляющие, на которых установлен модуль, например, с грифелем. После перемещения модуля в нужное положение, происходит опускание грифеля. При выполнении построений сплошной линией грифель остаётся в опущенном состоянии. В процессе работы будет выполняться поправка на стачивание грифеля.

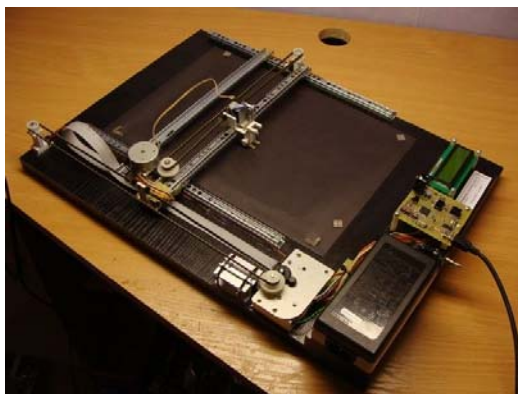


Рисунок 1. Аналог прототипа проекта

#### Стоимость установки:

Таблица 1. Стоимость прототипа

Название детали	Количес тво	Цена за шт.
4. Блок питания (12 V, 2A)	1 шт.	500 руб.

Плата Iteaduino UNO V1.0 (ATmega 328), кабель USB	1 комплект	1 209,00 руб.
5. Драйвер двигателя ULN2003	2 шт.	169,00 руб.
Шаговый двигатель 28BYJ-48 12В	2 шт.	319,00 руб.
6. Сервопривод	2 шт.	279 руб.
7. Накладные расходы		350,00 руб.
<b>Итого:</b>		<b>2826 руб.</b>

#### Список литературы:

1. Корчагина Р.Л., Фролова З.А. Экономическое обоснование технологических решений: УП; - БГТУ, СПб., 2001, -96 с.
2. Шпак Ю. Программирование на языке C для AVR и PIC микроконтроллеров 2. - М.:Издательство «МК-ПРЕСС», 2011, -36с.
3. Жуков Ю. А., Стешкovich Н. Т. Датчики систем автоматического управления. ЛП; - БГТУ, СПб., 2001, -126 с.
4. Arduino [Электронный ресурс]// Плата Arduino UNO – Электрон. дан. – [Б. м.], 2015. – URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno> (Дата обращения: 27.03.15)
5. Замятина О. М., Мозгалева П. И. Усовершенствование программы элитной технической подготовки: компетентностно-ориентированный подход // Инновации в образовании. 2013. № 10. С. 36-45
6. Гончарук Ю.О., Савинкина У.С., Мозгалева П.И., Замятина О.М. Использование интернет-технологий в организации проектной деятельности студента // Научно-методический электронный журнал "Концепт". 2013. № 3. С. 26-33.
7. Мозгалева П.И. Формирование проектной компетенции технического специалиста на примере проекта «полигон инновационного мышления» // В сборнике: Организация исследовательской деятельности детей и молодежи: проблемы, поиск, решения материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции. С. 302-304.
8. Шестерни [Электронный ресурс]// Расчет геометрических параметров зубчатой цилиндрической передачи (по ГОСТ 16532-70) – Электрон. дан. – [Б. м.], 2015. – URL: <http://www.exponenta.ru/educat/systemat/popov/index.asp> (Дата обращения: 15.02.15)

## Замок-выключатель

Котляров А.Ю.  
artemrus42@gmail.com

*Научный руководитель: аспирант, Мозгалева П.И., Национальный  
исследовательский Томский политехнический университет*

Каждый из нас хоть раз в жизни ловил себя на мысли: “А выключил ли я свет?”. Эта проблема актуальна не только для нашего поколения (мы спешим на учебу, мы спешим на работу). Она актуальна для людей старшего поколения, страдающими провалами в памяти. Для решения данной проблемы, я предлагаю создать энергосберегающий замок (замок бюджетник). Данное устройство предполагает сохранение бюджетных средств граждан на основе экономии электроэнергии.

Предполагается установить устройство в косяк двери, точно напротив замка. При закрытии двери происходит автоматическое отключение электроэнергии в комнате. Это позволит человеку сконцентрироваться на основных проблемах, не отвлекаясь на мелкие неурядицы.

Конструкция будет состоять из корпуса, внутри которого будет установлена пружина и регулятор. Вся эта система будет задействована с помощью кнопки, которая будет нажиматься штоком замка. В результате электрическая цепь будет разомкнута, и электричество течь не будет.

Работа самого механизма довольно проста. Как было сказано выше, в косяк дверного проема устанавливается наш прибор. Шток замка входит в отверстие и нажимает кнопку 2, которая должна быть изолирована, для исключения риска получить травмы. Прикрепленная к кнопке проводящая пластина 3 отходит от контактов, на рисунке изображенных под номерами 4 и 5. В результате разрывается цепь, комната отключается от общей сети электроэнергии. Обратное действие совершается по аналогичному плану. Когда отпирается замок, шток отпускает кнопку, которая под действием пружины 6 возвращается в исходное положение. Пластина вновь замыкает контакты, и свет в комнате зажигается сам собой. Схема устройства приведена на рисунке 1.

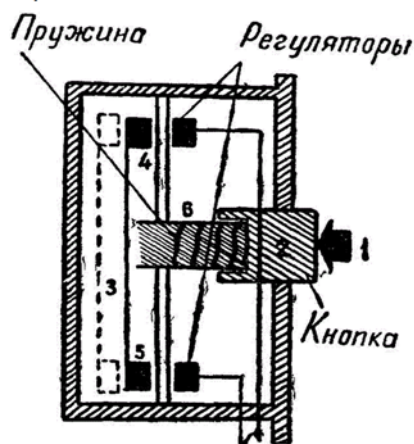


Рисунок 15

Для реализации данного проекта требуется провести следующие мероприятия:

**Задача 1. Поиск необходимой информации и комплектующих деталей.**

1. Мероприятие 1.1. Изучение принципа работы размыкателя электрической цепи.
2. Мероприятие 1.2. Поиск наиболее оптимального варианта сборки.
3. Мероприятие 1.3. Поиск необходимых деталей.

**Задача 2. Создание опытного образца.**

1. Мероприятие 2.1. Сборка прототипа устройства.
2. Мероприятие 2.2. Корректировка ошибок.

В таблице 1 приведен необходимый перечень мероприятий для реализации данного проекта.

*Таблица 2. График мероприятий по реализации проекта.*

<b>Вид деятельности/мероприятие</b>	<b>Месяц/год</b>	<b>Исполнитель</b>
Изучение принципа работы размыкателя электрической цепи	Март 2015	Котляров А.Ю.
Поиск наиболее оптимального варианта сборки.	Март 2015	Котляров А.Ю.
Поиск необходимых деталей.	Апрель 2015	Котляров А.Ю.
Сборка прототипа устройства.	Май 2015	Котляров А.Ю.
Корректировка ошибок.	Май 2015	Котляров А.Ю.

В качестве сильных сторон устройства можно выделить легкость в использовании. Внедрение новых технологий позволит улучшить качество работы, а так же увеличить область применения изделия. В мире существует немного аналогов данного устройства. Слабыми сторонами устройства могут оказаться сложности с установкой изделия и риском создания “идеального” устройства.

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 3. Оценка рисков проекта.*

<b>Наименование риска</b>	<b>Вероятность возникновения риска</b>	<b>Степень воздействия</b>	<b>Профилактика</b>	
			<b>Чтобы не произошло</b>	<b>Если произошло</b>

Нехватка навыков	Средняя	Средняя	Найти проблемные места, которые сложно реализовать и прочитать соответствующую литературу.	Получить консультацию профессионала
Возникновение короткого замыкания	Низкая	Высокая	Использовать специальные защитные приборы	Получить консультацию профессионала
Низкая эффективность работы устройства	Средняя	Средняя	Тщательный анализ поставленной задачи	Внесение изменений, повышающих эффективность работы

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
Создания проекта	Устройство, которое помогает не беспокоиться о не выключенном свете.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Презентация на конференции</li> <li>• Создание опытного образца</li> </ul>

Дальнейшее развитие проекта заключается в следующих шагах:

1. Корректировка и усовершенствование замка-выключателя.
2. Проверка работы устройства на практике.

Для реализации проекта необходима закупка комплектующих деталей. В таблице 4 представлена смета:

*Таблица 4. Смета проекта.*

Наименование	Количество (шт.)	Цена (руб.)
<a href="#">Ritm Одноканальный блок защиты от КЗ PRT1</a>	1 шт.	170
Резистор 3кОм	1 шт.	5
Транзистор КТ315	1 шт.	4
Реле 793P-1C-C05VDC(HS), 1пер. 05B/16A, 240V	1 шт.	100
КФ5П1 тензорезистор	1 шт.	160



### Список литературы:

1. Электронный ресурс: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Тензорезистор>.
2. Электронный ресурс: <https://ru.wikipedia.org/wiki/КТ315>.

### Замена рабочему столу и панели задач ОС Windows

Кулебякин А.С.  
ask88@tpu.ru

*Национальный исследовательский Томский Политехнический университет*

Многим знакома ситуация, когда для выполнения привычных операций с компьютером нужно совершать несколько действий, запускать большое количество программ - всё это снижает производительность компьютера и отнимает время. А также у людей, долгое время проработавших с компьютеров, возникает проблема "захламлённого рабочего стола" - случай когда пользователь не может найти нужную ему программу, документ, ярлык из-за огромного количества на рабочем столе файлов и папок с подпапками.

Создаваемая мною альтернатива рабочему столу ОС Windows будет потреблять минимум ресурсов и работать на любой версии ОС Windows, начиная с версии XP и выше, иметь приятный внешний вид с правильными геометрическими формами [1], обеспечивать функционал, необходимый среднестатистическому пользователю ПК: запуск программ, поиск в интернете, открытие сайтов без предварительного запуска браузера, управление музыкой, текущая информация о погоде. Планируется добавление новых функций, усовершенствование имеющихся, дальнейшая оптимизация. К тому же пользователь сможет настроить оболочку по своему желанию - от кнопок запуска программ до внешнего вида элементов интерфейса.

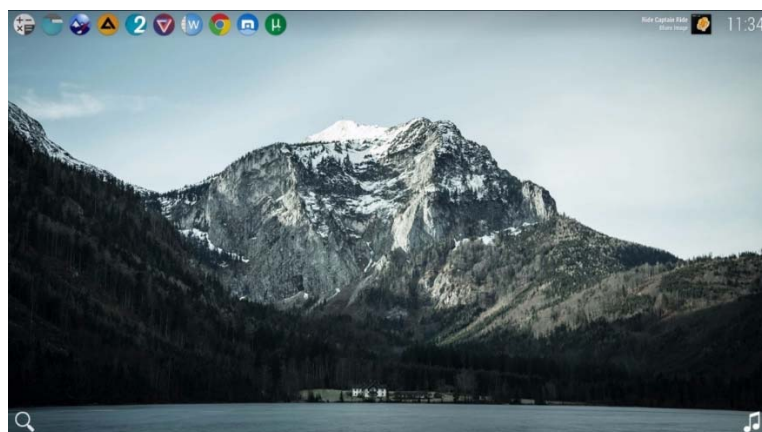
Целью данной работы является создание функциональной, простой и удобной альтернативы рабочему столу и панели задач для ОС Windows.

Нажимая ЛКМ по значку программы, пользователь сможет открыть программу. Нажимая ПКМ по значку программы, пользователь сможет настроить кнопку запуска программы. Нажимая ЛКМ по часам, пользователь сможет открыть панель настроек. Нажимая ЛКМ по иконке "ноты", пользователь сможет открыть музыкальный проигрыватель. Во время проигрывания музыки, в верхней панели появляется миниатюра проигрывателя музыки. При подведении курсора в область миниатюры проигрывателя появляются кнопки управления воспроизведением. Прокручивая колесо мыши в этой области, пользователь сможет увеличить/уменьшить громкость звука. При подведении курсора в нижнюю область экрана появляется адресная строка, в которую пользователь может ввести адрес сайта и открыть его. Нажимая ЛКМ по иконке "лупы", пользователь сможет ввести в поисковую строку свой запрос.

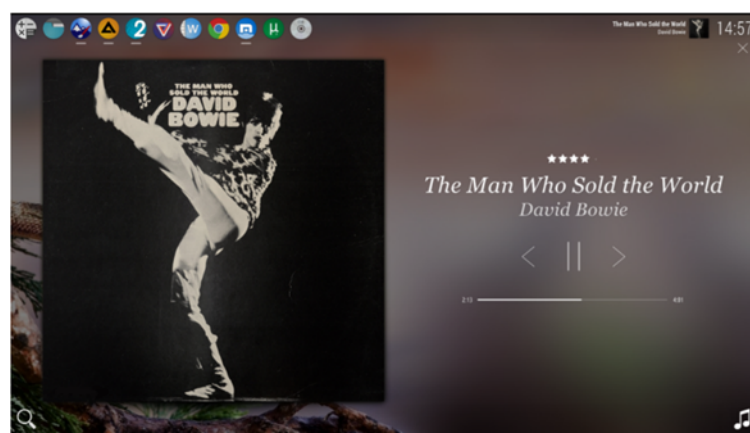
### Результаты.

1. Изготовлены макеты дизайна рабочего стола (Рисунок 1, 2).
2. Разработан обрабатываемый код, необходимый для работы оболочки.
3. Протестирована первая полнофункциональная версия ПО.





*Рисунок 1. Макет рабочего стола №1.*



*Рисунок 2. Макет рабочего стола №2*

### **Список литературы.**

1. Кирсанов, Д. Веб-дизайн: Книга Дмитрия Кирсанова. - СПб.: Символ-Плюс, 1999. - 376с.
2. Rainmeter 3.2 manual // [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.rainmeter.net/manual> (дата обращения 23.03.2015)

### **Программа «Матричный калькулятор»**

Бакунчева А. А., Иванов В., Колганов И. А., Петрова О. А., Чеснокова К. А.  
kolganov501@yandex.ru

*Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет*

Большинство студентов первых курсов, независимо от специальности, изучает линейную алгебру. Так или иначе, им приходится работать с матрицами, например, посчитывать ее определитель. Делать это вручную нетрудно, если матрица небольшого размера, но в противном случае, вычисления становятся очень громоздкими и трудоемкими – приходится учитывать множество значений, в

которых легко запутаться, появляется необходимость в быстрой проверке результатов. Для решения возникшей проблемы, мы решили создать специализированную программу – «Матричный калькулятор».

Наша программа является актуальным изобретением, так как сможет реализовывать множество задач:

- Производит линейные, нелинейные и прочие операции над матрицами;
- Работать без подключения к сети Интернет;

В данный момент уже существуют различные программы, выполняющие похожие операции, но у них присутствует ряд недостатков, которые мы планируем избежать в своем проекте. Например, требуется подключение к сети Интернет, что не всегда удобно. Так же, многие программы не дают возможность задать размеры матрицы и имеют ограниченный выбор операций. Но что наиболее критично, некоторые калькуляторы некорректно производят вычисления. Поэтому мы решили создать приложение, которое будет удовлетворять всем потребностям пользователя.

Данная программа будет написана на языке C#. Приложение будет иметь удобный интерфейс, позволяющий выбрать режим работы и предупреждающий о возникновении ошибки в ходе вычислений.

Для реализации нашего продукта не потребуются материальных расходов. Но будут необходимы теоретические знания и практические умения в следующих областях:

- Основы языка программирования C#;
- Основы линейной алгебры;
- Визуальное оформление;

Минимальные необходимые навыки написания приложений имеются у каждого члена команды.

В первоначальной версии программы будут реализованы данные задачи:

- 1) Выполнение следующих операций над матрицами:
  - Умножение матрицы на число;
  - Сложение матриц;
  - Умножение двух матриц;
  - Транспонирование матрицы;
  - Вычисление определителя матрицы.
- 2) Выявление и устранение возможных ошибок в ходе выполнения программы;
- 3) Разработка уникального пользовательского интерфейса;

В дальнейшей работе над проектом планируются различные изменения и дополнения:

- Разработка мобильного приложения;
- Расширение функциональных возможностей «Калькулятора», путем увеличения доступных операций;
- Возможность выбора языка интерфейса;
- Ввод графического изображения путем распознавания текста с камеры или картинки;

В данный момент мы разработали прототип, в котором тестируются возможности «Калькулятора». Ниже приведены примеры выполнения программы.

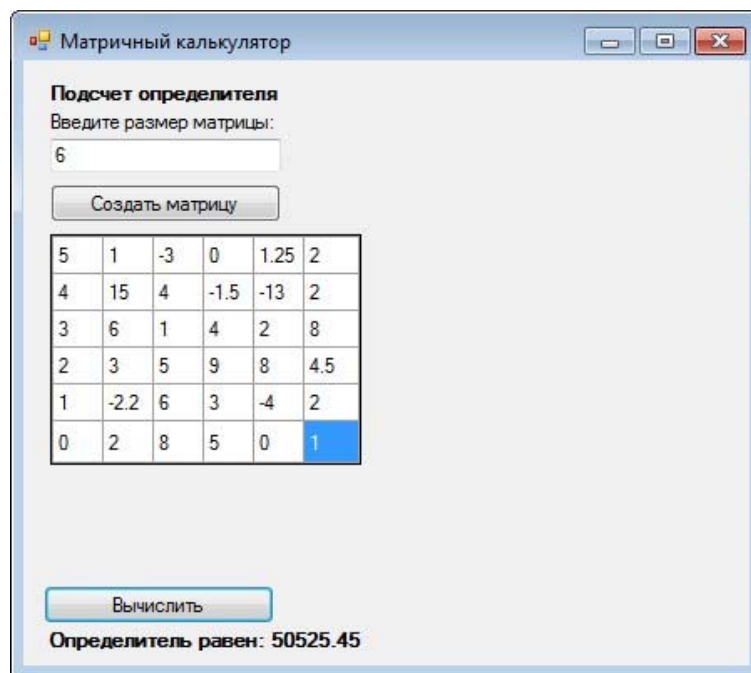


Рисунок 1. Пример выполнения программы.

#### Список литературы:

1. Апатенко Р.Ф., Маркина А.М., Попова Н.В., Хейнман В.Б. – Элементы линейной алгебры и аналитической геометрии. – Минск: Издательство: **Выш. шк.**, **1986.** – **272 с.**
2. М. Наука. Физматлит. Учеб. для вузов 4-е изд., 1999г. – 296 с. (Курс высшей математики и мат. физики)
3. Александр Фролов, Григорий Фролов Язык C#. Самоучитель. – М: Изд.: Диалог-МИФИ. 2002 г. – 560 стр.
4. Мозгалева П.И. Формирование проектной компетенции технического специалиста на примере проекта «полигон инновационного мышления» // В сборнике: Организация исследовательской деятельности детей и молодежи: проблемы, поиск, решения материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции. С. 302-304.
5. Разработка WINDOWS-приложений на Microsoft Visual Basic.NET и Microsoft Visual C# .NET. Учебный курс. 512 стр., Русская Редакция.

#### Гидроэлектростанция «GerECO»

Мечта Ю.С., Татолина А.И.  
vestarimana@yandex.ru

*Научный руководитель: Мозгалева П.И.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

В настоящее время, в условиях нестабильной экономики, цены на электроэнергию неизбежно растут. В то же время, следуя путем научно-технического прогресса, человек в своей жизни все больше и больше применяет для обеспечения комфортной

жизнедеятельности различные технологии, подавляющее большинство которых требуют затрат электроэнергии.

GerEco – проект в области разработки и создания альтернативных источников энергии. Проект заключается в создании и дальнейшем совершенствовании технологии, позволяющей вырабатывать и накапливать электроэнергию, используя локальный водопровод отдельного помещения.

Целью нашего проекта является создание до июня 2015 года прибора для установки в водопроводную систему, вырабатывающего электричество из энергии, проходящей через него воды.

Возможность получить источник энергии, не зависящий от основной электросети (фактически – источник бесперебойного питания) может заинтересовать любую группу населения. В планах нашей команды модернизация и совершенствование продукта с целью увеличения его мощностей, а значит, расширения областей и времени использования.

Перед собой мы ставим следующие задачи:

*Задача 1:* Разработка схемы прибора, расчет мощностей и затрат.

*Мероприятие 1.1.* Создание технологической концепции

Принцип работы:

Поток воды, вращая турбину, приводит в движение динамо-генератор, который преобразует механическую энергию воды в электричество. После этого оно поступает в преобразователь, далее - в аккумулятор. В итоге преобразований, на выходе получаем электричество напряжением 220В, которое может быть подведено к электроприборам.

*Задача 2:* Закупка материалов

*Задача 3:* Сборка прототипа

*Задача 4:* Тест образца

*Таблица 1. Риски проекта*

№	Риск	Вероятность возникновения	Степень воздействия	Профилактика	Лечение
1	Не реализовать задуманный проект	Малая	Высокая	Мотивация членов команды	Составление подробного плана реализации, выполнение каждого пункта в срок
2	Неверно рассчитать возможности продукта	Средняя	Средняя	Тщательное изучение области применения	Предварительный расчет и дальнейшая практическая проверка мощности прибора

3	Трудности с оформлением патента	Высокая	Средняя	Обратиться за помощью к ТПУ для оформления патента	Оформить патент на идею и продукт с помощью ТПУ
4	Невостребованность продукта на рынке сбыта	Средняя	Высокая	Анализ ситуаций применения прибора, грамотная политика маркетинга	Реклама

*Таблица 2. Ожидаемые результаты проекта, критерии оценки*

<b>Количественные результаты</b>	<b>Качественные результаты</b>	<b>Метод фиксации</b>
Создание технологии GerECO	Гидроэнергогенератор, вырабатывающий электроэнергию из механической энергии текущей воды	Презентация на конференции ЭТО 2015 года
Разработка схемы	Сборка и презентация прототипа	Презентация, тест модели на ярмарке идей ЭТО 2015 год
Регистрация авторских прав на продукт	Патент РФ	Регистрация патента в 2015-2016 году

Дальнейшее развитие проекта заключается в совершенствовании и модернизации прототипа, увеличении выходной мощности, подборе оптимальных комплектующих для повышения КПД прибора.

#### **Список литературы:**

3. Левенберг В.Д. Энергетические установки без топлива. – Л.: Судостроение, 1987. -104 с.
4. Шински, Ф. Управление процессами по критерию экономии энергии: пер. с англ. / Ф. Шински. — М.: Мир, 1981. — 387 с.
5. Электромашинные преобразователи для микроГЭС : Отчет о НИР (заключительный): Тема г/б 9.20 / Томский политехнический университет. — Тема г/б 9.20. — Томск: 1995. — 63 л.

6. Замятина О.М., Мозгалева П.И., Соловьев М.А., Боков Л.А., Поздеева А.Ф. Технология проектно-ориентированного обучения в инженерном образовании // Высшее образование сегодня. 2013. №12. С. 68-74.
7. Регулирование гидротурбин малой и средней мощности / Всесоюзный научно-исследовательский институт гидромашиностроения; под ред. В. С. Квятковского. — М.: Изд-во машиностроительной литературы, 1950. — 167 с.
8. Гидроэлектрические станции : учебник / под ред. В. Я. Карелина; Г. И. Кривченко. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 464 с.

### **Браслет «Anty-water»**

Мишукова О.И., Лихачева Е.С., Головин Н.П.  
Oksana\_mishukova@mail.ru

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

Anty-water - проект в области инновационных разработок в бытовой сфере жизни. Проект заключается в разработке и воплощении в жизнь изделия anty-water - предмета, который облегчит мытье посуды, посредством защиты локтей и предплечий от воды, стекающей с ладоней.

Идеал успешного человека — это личность, которая успешна и на работе, и дома, и в спорте, и в общественной деятельности. И все мы стремимся к этому идеалу. А это значит — делать [успешную карьеру](#), быть [идеальным родителем](#), принимать участие в общественной жизни и так далее и тому подобное. Успеть больше других, выделиться среди других, сделать лучшую презентацию, предоставить лучший отчет, достать самого сложного клиента. А еще ведь хочется принимать участие в жизни семьи, встречаться с друзьями и, конечно, отдыхать. Темп жизни современного человека поистине сумасшедший: мы быстро едим, спим, общаемся и перестаем замечать все прекрасное вокруг.

Но при всем этом, мы имеем множество домашних обязанностей: помыть пол, выгулять собаку, сходить в магазин и помыть посуду. На кухне всегда хочется закончить работу поскорее и заняться любимым делом, но, как бывает очень часто, когда моешь посуду, вода с ладоней стекает по предплечьям до локтей и рукава любимой блузки намокают, а времени подобрать другую кофту уже нет, надо бежать что-то делать.

И мы хотим обратить ваше внимание именно на эту проблему. И предлагаем вам свое решение того, как сделать некоторые бытовые обязанности чуточку комфортнее и приятнее.

Все мы занимаемся домашними делами, поэтому браслеты для мытья посуды anty-water могут прийти по вкусу абсолютно каждому человеку. В планах нашей команды также создания других изделий, позволяющих облегчить уборку дома.

#### **Графическая конструкция:**

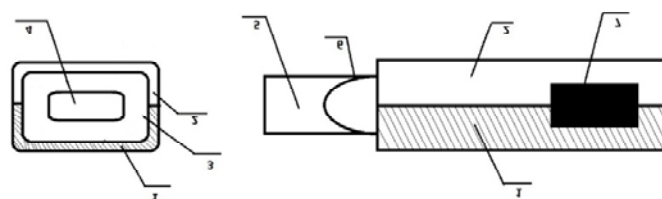


Рисунок 1. Графическая конструкция браслета «Anty-water». 1-брезент, 2 – габардин, 3 – материал на основе вискозы и полимеров, 4 – силиконовый браслет, 5,7 – застежка-липучка, 6 – петля для просушки браслета.

#### Цель проекта:

Создание к апрелю 2015 года прототипа изделия anty-water, а к маю 2015 года самого изделия anty-water, позволяющего защитить локти и рукава одежды от намокания во время мытья посуды.

Таблица 1. Риски проекта

Риск	Вероятность возникновения	Степень воздействия	Профилактика	Лечение
Не реализовать задуманный проект	малая	высокая	Мотивация членов команды	Составление подробного плана реализации проекта, своевременное их исполнение, а также контроль членов команды и самоконтроль
Непредвиденные материальные затраты	средняя	средняя	Точный расчет стоимости компонентов изделия	Заблаговременная договоренность с швеей и магазином о цене услуг, небольшой денежный запас на случай непредвиденных затрат.
Конкуренция	низкая	средняя	Не афишировать изделие до его представления	Изучение всех возможных конкурентов, сравнение их товаров с созданным нами
Невостребованность проекта на рынке сбыта	средняя	высокая	Анализ целевой аудитории, социологические исследования	Реклама

Таблица 2. Смета проекта

Название	Количество	Цена, руб.
Габардин	60 см <sup>2</sup>	11,00
Вискоза	120 см <sup>2</sup>	2,00
Брезент	60 см <sup>2</sup>	8,00
Силиконовые браслеты	1 шт	50,00
Липучка	5 см	2,50
Тесьма	4 см	2,00
Итого на 1 браслет		75,5
Нитки		10,00

Итого	1 браслет	75,5
-------	-----------	------

Также к себе стоимости браслета нужно прибавить услуги швеи.

#### **Заключение.**

Мы надеемся, что наши браслеты сделают жизнь людей чуточку легче и помогут сделать комфортнее домашнюю уборку.

Список использованной литературы:

1. Замятина О.М., Мозгалева П.И., Соловьев М.А., Боков Л.А., Поздеева А.Ф. Технология проектно-ориентированного обучения в инженерном образовании // Высшее образование сегодня. 2013. №12. С. 68-74.
- 2.

#### **«Плоский» циркуль**

Нещеретнев А.Ю., Мальцев А.П., Андреев А.А.  
anew97@mail.ru

*Научный руководитель: Мозгалева П.И., ассистент кафедры оптимизации систем управления, эксперт отдела элитного образования*

Уже начиная со средних классов школы, все сталкиваются с черчением. Как правило, это знакомство не из приятных по целому ряду причин, например, таких, как требовательные преподаватели, сложные задания, которые требуют усидчивости и кропотливой работы и многие другие, в том числе, заваленный рабочий стол. Забыв обо всем этом после школы, люди встречаются с этими проблемами в ВУЗе и в гораздо большем объеме.

Столкнувшись сами с этой проблемой, мы заметили, что особую трудность представляет использование циркулей, особенно построение окружностей. Обычно для этого приходится пользоваться минимум двумя инструментами (для точности), а именно линейкой и циркулем для замера радиуса и последующего построения. Это достаточно неудобно и непрактично.

Мы, студенты ЭТО ТПУ: Нещеретнев А.Ю., Мальцев А.П., Андреев А.А., хотим немного освободить рабочий стол и облегчить построение окружностей. Мы предлагаем совместить циркуль с линейкой, что позволит строить окружности точного радиуса, и легко и быстро «переключаться» между приборами.

Это решение особенно необходимо для студентов, школьников и для всех, кто чертит вручную. Уникальность нашей идеи состоит в абсолютно новом способе решения данной проблемы, а также в создании нового чертежного инструмента.

Итого, мы решили создать идеальный инструмент для черчения окружностей за период времени с 20 марта по 20 мая. Для достижения данной цели нам нужно найти механизм реализации «плоского» циркуля, составить смету проекта, собрать прототип изделия, провести испытания рабочей модели.

Это предполагает следующие мероприятия:

- Разработка конструкции
- Проведение опроса по выбору дизайна и поиску наиболее оптимальной конструкции
- Сборка прототипов
- Тестирование прототипов



На данном этапе мы имеем следующие результаты: нами найден механизм реализации «плоского» циркуля и посчитана предполагаемая стоимость проекта.

«Плоский» циркуль будет представлять собой следующую конструкцию: линейка со сквозным пазом, по которому будет перемещаться ролик с карандашом, а на одном из концов будет иголка циркуля. Если нужно использовать циркуль, то карандаш и иголка просто будут отгибаться. После выполнения рисунка окружности карандаш и иголка возвращаются в пазы, и «плоский» циркуль превращается в линейку. Он будет выполнен в различных вариациях в зависимости от длины, цвета и материала объекта.

В ходе разработки проекта мы проанализировали ситуацию и выявили следующие риски, от которых попытаемся защититься или избавиться в процессе выполнения проекта. Есть вероятность, что конструкция циркуля будет непрочной, в этом случае мы попытаемся либо нарастить конструкцию или сделать прототип из более прочных материалов. Также возможно, что циркуль окажется неудобным, тогда мы проведем опрос пользователей и с учетом его результатов сделаем новый прототип. Также с помощью опроса мы сможем избавиться от внешней непривлекательности конструкции «плоского» циркуля путем внесения поправок в конструкцию и создания новых прототипов. С помощью дальнейших испытаний мы сможем добиться упрощения конструкции, если она окажется сложной и тяжелой.

Предполагаемая стоимость изделия составит порядка 150 рублей. Мы думаем, что это будет оптимальная цена на изделие на данный момент времени, так как, например та же рейсшина стоит более 100 рублей, а самые обычные циркули стоят как минимум 50 рублей.

Наш проект будет решать поставленную проблему: не нужно будет держать под рукой одновременно и циркуль и линейку, не нужно будет судорожно вымерять нужный радиус с помощью линейки, рабочий стол освободится, и, несмотря на все преимущества, стоимость «плоского» циркуля не будет заоблачной. Она будет вполне соизмерима со стоимостью заменяемых инструментов.

### **Образовательный симулятор бизнес-деятельности «Мастер Бизнес»**

Николаенко В.С.  
**nikolaenkovs@tpu.ru**

*Научный руководитель: д.э.н. Гага В.А.  
Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет*

В связи с многочисленными политическими и экономическими кризисами современная бизнес-среда остро испытывает нехватку в молодых специалистах, которые способны оценивать, прогнозировать и принимать верные управленческие решения. Проблема дефицита квалифицированных специалистов связана с образовательным процессом, нацеленным на формирование у слушателей базовых теоретических знаний без нужного развития практических навыков. Это означает, что необходим пересмотр подготовки молодых специалистов с переходом на новые модели образования, например модель «Образование 2.0» [1,2] и «Образование 3.0» [3,4]. В связи с этим возникает потребность в создании образовательных инструментов, базирующихся на платформе информационных технологий, которые

позволяют участникам обучения формировать и развивать профессиональные и общекультурные компетенции.

Таким образом, целью статьи является анализ и разработка образовательного инструментария, базирующегося на платформе ИТ, который формирует и развивает профессиональные (ПК) и общекультурные компетенции (ОК) у участников обучения. Причем отметим, что данный образовательный инструментарий должен быть нацелен на формирование у участников обучения следующих компетенций:

1. способности к восприятию, обобщению и анализу информации, постановке целей и выбору путей ее достижения (ОК-5);
2. готовности к кооперации с коллегами, к работе в коллективе (ОК-7);
3. профессиональных компетенций организационно-управленческой деятельности, которые связаны:
  - с формированием способности проектирования организационных структур с последующим распределением полномочий и ответственности на основе их делегирования (ПК-2);
  - с выработкой способности использовать основные теории мотивации для решения управленческих задач (ПК-4);
  - с формированием способности эффективно организовывать групповую работу на основе знания процессов групповой динамики и принципов формирования команды (ПК-5);
  - с овладением методами принятия стратегических, тактических и оперативных решений в операционной (производственной) деятельности организации (ПК-18);
  - с формированием способности планировать операционную (производственную) деятельность организаций (ПК-19).

Решением обозначенной выше проблемы могут стать образовательные симуляторы и тренажеры. Образовательные симуляторы – это одно из самых ярких инноваций в образовании. Данные устройства обязаны своим появлением развитию информационных технологий, которые позволяют оперативно моделировать разнообразные практико-ориентированные задачи.

Метод симуляции объединяет в себе преимущества различных методов обучения. Так, например, образовательная симуляция может быть также многообразна, как и *case study*, но в отличие от кейсов, в симуляторах участники могут не только принимать управленческие решения, но видеть, их возможные последствия. От проектов симуляция заимствует коммуникацию между людьми: отношения внутри команды, ответственность за принятое решение, работу с неопределенностью, дефицит времени, ресурсов, информации и т.п. Используя образовательную симуляцию, участники обучения отрабатывают и тренируют такие важные личные и профессиональные компетенции, как:

- работа в команде с проявлением качеств лидера;
- анализирование и прогнозирование действия конкурентов;
- прогнозирование изменений внешней среды;
- организация трудовой деятельности;
- планирование времени и т.п.

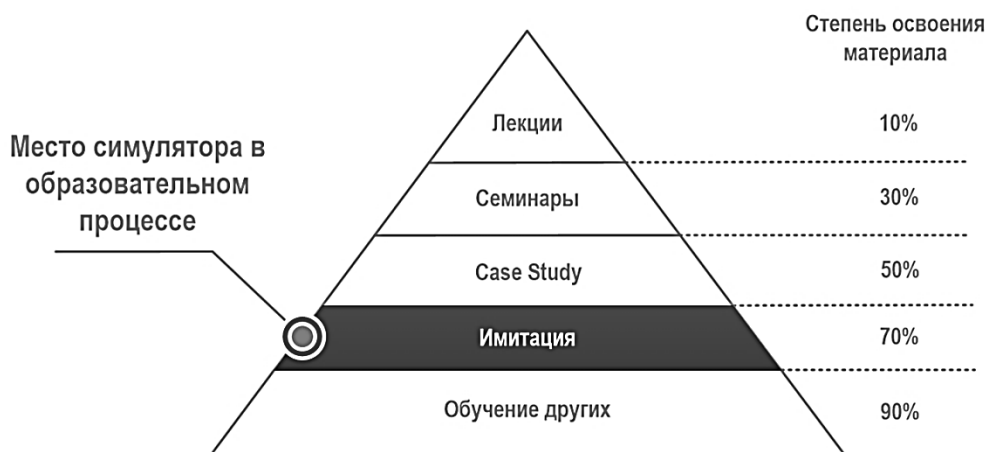


Рисунок 1. Пирамида обучения. Конус опыта Эдгара Дейла [5]

Важным отличием образовательных симуляций от реальных проектов выступает право на ошибку (например, увольнение, закрытие проекта и т.п.). Симуляция создает безрисковую среду, в которой участник обучения может анализировать собственные ошибки и учиться на них.

Рынок симуляторов во всем мире, в том числе и в России, динамично развивается последние пятнадцать лет. Импульсом к развитию образовательных симуляторов (имитаций, тренажеров, игр) стало быстрое развитие ИТ-технологий, способных к сложному моделированию разнообразных практических задач. Также на развитие симуляторов повлиял растущий спрос на квалифицированные кадры, сотрудников, которые обладают развитыми компетенциями и имеют опыт решения практических задач. Отметим, что образовательные симуляции позволяют участникам обучения не только оперативно развивать личные и профессиональные компетенции, но и формировать новые техники и навыки, которые необходимы для выполнения работ.

Однако несмотря на быстрый рост рынка симуляторов, на мировом рынке насчитывается не более 30 академических разработчиков образовательных симуляторов и тренажеров. Основными разработчиками симуляторов являются представители профессорско-преподавательского состава, также симуляторы активно разрабатывают тренинговые компании.

Проект «Мастер Бизнес» - это проект, направленный на создание образовательного симулятора бизнес-деятельности, предназначенный для обучения студентов, проходящих обучение по дисциплинам:

- менеджмент;
- организация производства;
- экономика предприятия;
- маркетинг;
- стратегический менеджмент;
- финансовый менеджмент;
- прогнозирование и планирование финансов организации;
- планирование на предприятии;
- антикризисное управление;
- теория принятия управленческих решений и других управленческих дисциплин (рисунок 2) [6].



Рисунок 2. Логотип симулятора бизнес-деятельности «Мастер Бизнес»

Автор проекта «Мастер Бизнес» Николаенко Валентин Сергеевич, Ассистент кафедры МЕН ИСГТ ТПУ (рисунок 3) [7]



Рисунок 3. Николаенко Валентин Сергеевич

Симулятор бизнес-деятельности «Мастер Бизнес» может быть встроен в образовательный процесс многих образовательных дисциплин и заменять часы практических занятий (ПР), лабораторных работ (ЛБ), а также самостоятельные часы по написанию курсовых проектов по бизнес-проектированию, т.е. написание бизнес-планов (КР).

Рассмотрим частный случай для курса, читаемого Преподавателем Национального исследовательского Томского политехнического университета «Менеджмент». Данный курс разработан в соответствии с Законом РФ «Об образовании» №273 и Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС-2). Результатами обучения после прохождения данного курса являются профессиональные компетенции в соответствии с Основной образовательной программой (ООП): 31.1; 32.1; 32.2; 32.5; 34.1; 38.1; 311.1; У1.1; У1.2; У1.6; У2.1; У2.2; У2.3; У11.1; В1.1; В1.2; В1.3; В1.4; В2.1; В2.2; В8.2 (рисунок 4).

Дисциплина «Менеджмент»	Формируемые компетенции в соответствии с ООП:	31.1 32.1 32.2 32.5 34.1 38.1 311.1 У1.1 У1.2 У1.6 У2.1 У2.2 У2.3 У11.1 В1.1 В1.2 В1.3 В1.4 В2.1 В2.2 В8.2	Согласно Закону РФ «Об образовании» №273 и Федеральному государственному образовательному стандарту (ФГОС ВК)
32 часа лекции	ЛК1 ЛК2 ЛК3 ЛК4 ЛК5 ЛК6 ЛК7 ЛК8 ЛК9 ЛК10 ЛК11 ЛК12 ЛК13 ЛК14 ЛК15		
16 часов практические занятия	ПР1 ПР2 ПР3 ПР4 ПР5 ПР6 ПР7 ПР8		
31 час курсовой проект	КР		
8 часов лабораторные работы	ЛБ1 ЛБ2 ЛБ3 ЛБ4		

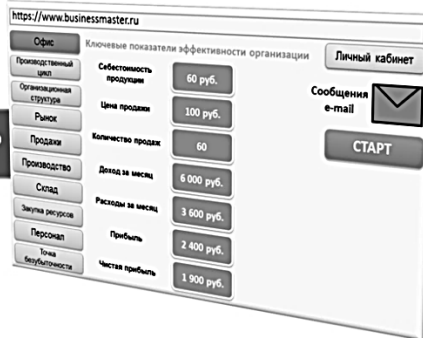


Рисунок 4. Обогащение педагогического процесса за счет использования образовательного симулятора «Мастер Бизнес» для дисциплины «Менеджмент»

Пример функционального интерфейса «Мастер Бизнес» представлен на рисунке 5.

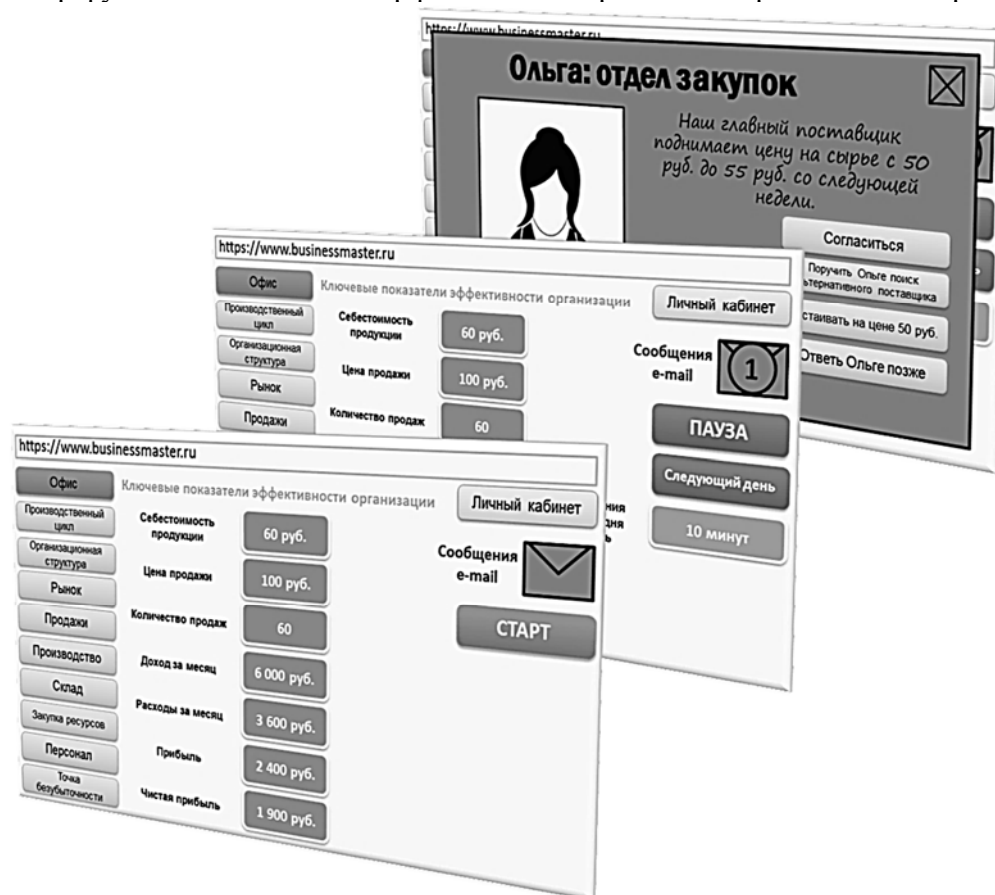


Рисунок 5. Пример функционального интерфейса образовательного симулятора «Мастер Бизнес»

Основными потребителями образовательного симулятора «Мастер Бизнес» являются высшие учебные заведения РФ.

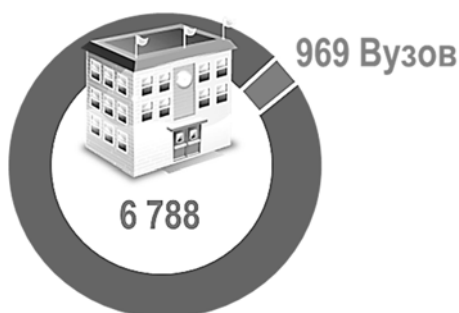


Рисунок 6. Образовательные учреждения РФ

Численность в РФ вузов = 969, в мире около 21 000 (рисунок 6).

Педагогическое взаимодействие между участниками образовательного процесса представлено на рисунке 7.



Рисунок 7. Педагогическое взаимодействие

На рисунок 8 показан процесс организации педагогического процесса с помощью образовательного симулятора «Мастер Бизнес».



Рисунок 8. Организация педагогического процесса с помощью образовательного симулятора «Мастер Бизнес»

Педагогическим результатом от использования образовательного симулятора «Мастер Бизнес» будет являться инженер-исследователь с развитыми компетенциями в областях принятия управленческих решений, управления, маркетинга, бизнеса (рисунок 9).

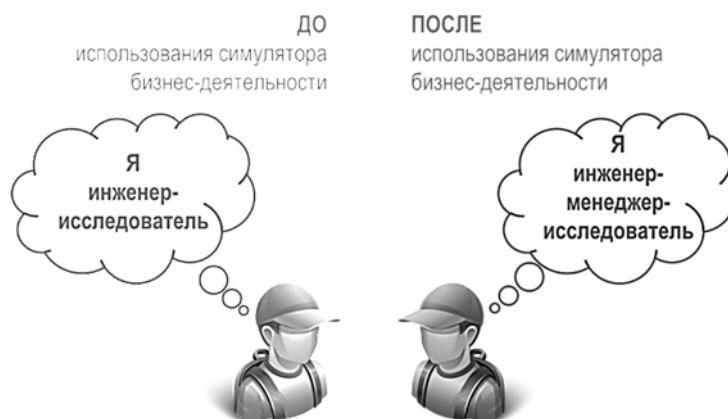


Рисунок 9. Педагогический результат

Разработка возможных сценариев ведется с использованием теории управления рисками (риск-менеджмента), где идентифицированные негативные и позитивные риски организаций используются для разработки кейсов.



Рисунок 10. Пример формирования контента для симулятора «Мастер Бизнес» с помощью процедур риск-менеджмента [8]

На основании проведенного исследования было установлено, что образовательный процесс в Высших учебных заведениях РФ нуждается в инновационных образовательных технологиях, формирующих и развивающих профессиональные и общекультурные компетенции. Для решения данной проблемы были проанализированы технологии обучения, позволяющие активно развивать не только знания, но также умения и навыки у участников обучения.

В качестве решения данной проблемы, было предложено более подробно рассмотреть образовательные тренажеры и симуляторы в контексте инструментов, обогащающих педагогический процесс. На основании проведенного исследования особенностей образовательных симуляторов, в статье был представлен концептуальный инструментальный симулятор бизнес-деятельности «Мастер Бизнес».

## Список литературы:

1. Dale E. Audiovisual methods in teaching. 3rd edition. New York: The Dryden Press; Holt, Rinehart and Winston. 1969.
2. Petukhov O.N., Nikolaenko V.S. Network Projects as a New Paradigm in e-Learning // SGEM 2014 International Multidisciplinary Scientific Conferences on Social Sciences and Arts, 2014. – Bulgarian Academy of Sciences. – Vol. 3. – P. 579-586. – URL: <http://sgemsocial.org/ssgemlib/spip.php?article460>
3. Duke, R., Geurts J. Policy Games for Strategic Management; Pathways into the Unknown. Dutch University Press, 200; Klabbers J. The Magic Circle: Principles of Gaming & Simulation. Rotterdam: Sense Publishers, 2006.
4. Krakovetskay I.V., Rakhimov T.R., Nikolaenko V.S. The Concept of Virtual Education Enviroment Based on the Principles of Education 2.0, Web 2.0 and Project Activities // The Triple Helix XII International Conference «Triple Helix and Innovation-Based Economic Growth: New Frontiers and Solutions», 2014. – P. 329-334.
5. Meister J. C. Corporate Universities: Lessons in Building a World-Class Work Force, Revised Edition. McGraw-Hill, 1998.
6. Безъязыкова Н.А. Компьютерные бизнес-симуляторы // Актуальные проблемы авиации и космонавтики, 2014. – С. 357–358.
7. Официальный сайт Николаенко В.С. URL: <http://portal.tpu.ru/SHARED/n/NIKOLAENKOV>
8. Николаенко В.С. Разработка принципов управления ИТ-проектом // Вестник Томского государственного университета, 2015. - № 390. – С. 155-160.

## Ботинки-пылесосы

Ошлыков В.Е., Юркин А.А., Смагин Т.И., Кривенков А.В.  
vik1996@sibmail.com

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

Современный темп жизни человека требует все больших временных затрат для достижения высоких успехов на работе и дальнейшего карьерного роста, оставляя незначительное количество свободного от дел времени. В то же время, люди вынуждены тратить много времени на действия, которые необходимо делать, однако все они являются рутинными. Например, уборку дома, стирку одежды или мытьё посуды.

Таким образом, все большим распространением пользуются различные средства и технологические приспособления, позволяющие упростить рутинную работу, и сохранить больше времени на более приятные для человека вещи. Например, общение с близкими людьми или какое-либо хобби. Яркими примерами приспособлений, которые давно вошли в обиход и уже стали обыденностью, являются миксеры, посудомоечные и стиральные машины, микроволновые печи. Тем не менее, некоторые действия до сих пор требуют больших временных и трудовых затрат, в частности, уборка помещений.



В связи с вышеуказанным, возникает необходимость в совершенствовании и упрощении работы существующих методов очистки помещений от различного сора и пыли, что стало целью нашего проекта.

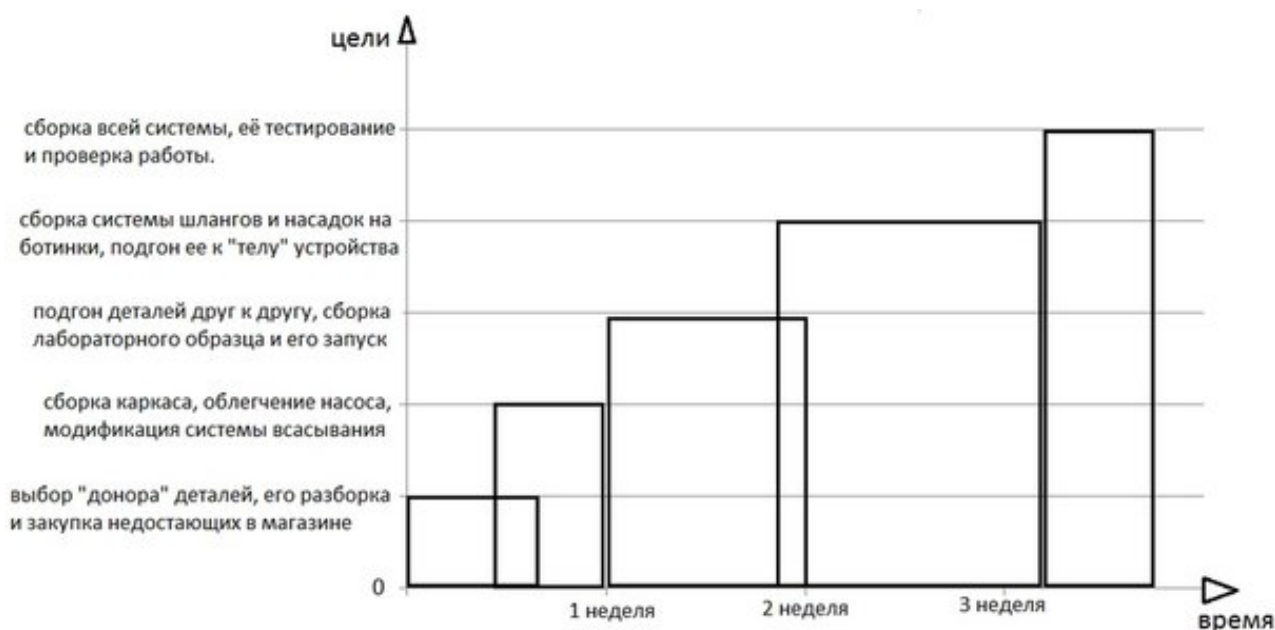
Прежде всего, была поставлена задача создать более удобную в использовании альтернативу громоздким пылесосам, не уступающую в производительности, и позволяющую выполнять ту же задачу уборки помещения за меньший промежуток времени. Так же стоит отметить, что проект должен быть осуществлен в течение двух месяцев (с 30.03.15 по 30.05.15), при себестоимости не более двух тысяч рублей, что позволит охватить максимальное число слоев населения.

Предполагаемой целевой аудиторией выбранного проекта являются представители среднего класса общества, которые предпочтут относительно дешевое приспособление, дорогим моделям пылесосов (домохозяйки, студенты).

Проект реализуется четырьмя студентами элитного технического образования ТПУ. Прежде всего, авторами было проведено исследование рынка, изучение механизма работы и сравнительный анализ характеристик основных компонентов пылесосов различных марок и модификаций. В результате была выбрана модель компании «Vitek», выступающая донором деталей для предлагаемого проекта.

Несмотря на необходимость лишь части деталей для сборки, было сделано решение, работать с уже собранным пылесосом в связи с тем, что фирма-производитель отказала в поставке необходимых запчастей по-отдельности. В дальнейшем было проведено облегчение модели, модификация креплений для облегчения транспортировки, и добавлена возможность автономной работы. Кроме того было выполнено проектирование дополнительных деталей, предусмотренных по схеме работы образца и их изготовление.

*Рисунок 1. График рабочего плана и сроков выполнения проекта*



S.W.O.T. - АНАЛИЗ

*Таблица 1. Исходные данные для оценки перспектив развития данного проекта и его производства в микромасштабе (вуз, частные заказы) и макромасштабе (город, страна)*

	Слабые стороны	Сильные стороны
Внутри проекта	1) Недостаток профессиональных навыков для сборки опытного образца; 2) Сложность проектирования модели.	1) Простота сборки и обслуживания; 2) Доступная цена; 3) Дизайн; 4) Облегчение уборки помещений, офисов и тп.
Вне проекта	1) Модель не будет востребована; 2) Реклама; 3) Узкий круг использования.	1) Отсутствие уже реализованных аналогов, уникальность проекта; 2) Большое число грантов на дальнейшее развитие проекта на промышленном уровне (kickstarter)

Наиболее вероятными рисками данного проекта являются: прежде всего, недоверие конечного потребителя к качеству и функциональности предлагаемой модели и технические проблемы при сборке из-за недостатка опыта при выполнении данной задачи, как результат - техническая несовершенство предлагаемого решения, относительно пылесосов средней и высокой ценовых категорий (от шести и более тысяч рублей). Так же, стоит отметить нехватку некоторых необходимых деталей, что компенсируется возможностью их печати на 3-D принтере и отсутствие заинтересованных инвесторов (спонсоров). Кроме того существуют трудности с маркетингом, а именно невозможность рассказать широкому кругу людей о проекте на начальном этапе для формирования спроса, что означает долгую окупаемость на начальных этапах при производстве и продаже первых образцов.

#### **Смета проекта:**

Пылесос (2 500 руб.), уже есть  
 Соединительные штанги (90х3 руб.)  
 Разветвители (80 руб.)  
 Муфты/переходники (80х5 руб.)  
 Плоские насадки на шланги (250х2 руб.)  
 Пена изоляционная (300 руб.)  
 Стальная/медная проволока (60х3 руб./м)  
 Альтернатива корпусу (рюкзак или корпус-скелетон) (600-1200 руб.), уже есть

**Итого (в общем):** 6 430 руб.

**Необходимо:** 1 730 руб.

Изначально планируется создать «пилотную» модель для отработки технологии и выявления её недостатков, в течение месяца. После этого, в случае нахождения заинтересованного инвестора, выпуск небольшой партии из 5-10 устройств на внутренний рынок г. Томска в течение следующего «квартала». В случае успеха, в долгосрочной перспективе (от года до двух лет), рассматривается возможность постановки серийного производства небольшими партиями и повышения спроса при помощи теле- и радиорекламы.

## **Bike lights**

Осипова Я.Ю.  
Jaosipova.96@gmail.com

*Мозгалева П.И., ассистент кафедры ОСУ Института кибернетики ТПУ*

На сегодняшний день самым популярным и востребованным транспортным средством в мире по праву можно считать велосипед. Наиболее очевидным и значимым доказательством этого факта является то, что велосипед был признан одним из важнейших изобретений человечества [1]. По приближенным данным, в мире насчитывается около 1,5 млн велосипедов, в то время как число автомобилей – 500 млн [2]. В чем же заключаются причины популярности данного вида транспорта?

- Ввиду отсутствия выхлопных газов, велосипед является довольно эффективным решением вопроса о глобальном потеплении и кислотных дождях.
- Основное «горе» автовладельцев – цены на нефть. Владельцы велосипедов лишены этой головной боли.
- Владельцу велосипеда не нужно беспокоиться о пробках на дорогах, а это значит – экономия времени, которого в наше время часто не хватает.
- Велосипед – «золотой стандарт» кардиотренажера. Велосипедисты гораздо меньше подвержены заболеваниям сердечно-сосудистой системы и органов дыхания.

Одним из главных и существенных недостатков данного вида транспортного средства является аварийность и крайняя небезопасность выезда на проезжую часть владельца велосипеда. Причиной тому, в большинстве случаев, служит недопонимание автовладельцами намерений и предстоящих маневров со стороны владельцев двухколесного транспортного средства.

Вариант решения данной проблемы – автономная система световых оповестительных сигналов на велосипед.

Цель проекта:

Создать модель автономной системы световых оповестительных сигналов на велосипед.

Задачи проекта:

1. Выяснить, какие элементы нужны для создания системы оповестительных сигналов.
2. Выявить наиболее эффективные элементы для создания системы оповестительных сигналов.
3. Провести эксперимент по использованию системы на практике.

#### 4. Рассчитать себестоимость проекта.

Целевой аудиторией устройства будут являться все те, кто, так или иначе, имеет отношение к двухколесному транспорту: от новичков велосипедного дела до великих мастеров велоспорта.

Суть данной конструкции предельно проста [3]:

1-ое звено – динамо-генератор, а точнее, динамо-втулка, которая устанавливается на переднее колесо вместо имеющейся втулки [4] [5].

2-ое звено – аккумулятор, который будет собирать энергию со втулки и передавать ее установленным потребителям, а именно, системе световых огней.

3-ье звено – так называемые потребители энергии – система оповестительных огней, которая включает в себя: передний габарит, задний габарит со стоп-сигналом, а также дублированный комплект поворотников [6].

В сравнении с существующими аналогами разработка имеет ряд преимуществ. Главным и наиболее значимым является то, что в расположении конструкции будет учтена эргономика. Человеку больше не придется задумываться над соотношением совершенного переключения блока управления и тем, что отражает система.

*Таблица 1. Смета по проекту Bike lights*

Наименование	Количество	Цена
Динамо-втулка	1 шт.	7000
Аккумулятор	1 шт.	2000
Контроллер	1 шт.	1500
Передний габарит	1 шт.	1000
Задний габарит	1 шт.	1000
Комплект поворотников	2 шт.+ 2 шт.	2000
Кнопки включения сигналов	3 шт.	60
Провода	3 м	60

Таким образом, данная система – самообеспечивающая система оповестительных световых сигналов – поможет если не решить проблему крайней аварийности с участием велосипедистов, то, во всяком случае, сократить их количество и трагичность последствий.

**Список литературы:**

1. Велосипед – самый популярный вид транспорта [Электронный ресурс] URL: [http://bowling.ru/rus/everything/sixthcat/sixthcat\\_470.html](http://bowling.ru/rus/everything/sixthcat/sixthcat_470.html) (Дата обращения 31.03.2015 г.)
2. 17 причин, почему велосипеды являются самым популярным транспортом в мире [Электронный ресурс] URL: <http://www.priroda.su/item/383> (Дата обращения 31.03.2015 г.)
3. Электричество в походе [Электронный ресурс] URL: <http://home.onego.ru/~pashkov/electro/dynamo.htm> (Дата обращения 31.03.2015 г.)
4. Тестирование эффективности динамо-втулок для велосипеда [Электронный ресурс] URL: <http://velofun.ru/hub/testirovanie-effektivnosti-dinamo-vtulok-dlya-velosipeda.html> (Дата обращения 31.03.2015 г.)
5. Велосипедные динамо-втулки [Электронный ресурс] URL: <http://velofun.ru/hub/dinamo-vtulki-na-velosiped.html> (Дата обращения 31.03.2015 г.)
6. Солодовникова О.М., Замятина О. М., Мозгалева П.И., Лычаева М.В. Формирование компетенций элитного технического специалиста. // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2013. №11. С. 65-71.
7. Ван дер Плас, Р. Справочник по ремонту велосипедов – М.: АСТ: Астрель, 2005. – 189, [3] с.: ил.

**Портативная электростанция, вырабатывающая энергию за счет работы пара**

Овчинникова В.С., Маковский А.Н., Чернышёв В.А., Харитонов П.С., Засухина Е.Ю.,  
vsov2013@gmail.com

*Научный руководитель: Мозгалева П.И. , эксперт отдела элитного образования,  
ассистент Кафедры оптимизации систем управления.*

В современном мире возрастает популярность активного отдыха и отдыха на природе, но при этом люди не готовы полностью отказаться от электронных девайсов (гаджетов, фотоаппаратов), и зачастую это останавливает людей от выезда на природу [1]. Проблема в том, что не все люди могут позволить себе полноценный отдых вне города, им постоянно приходится "быть на связи". Основываясь на результатах

исследований [mail.ru](http://mail.ru) [2] количество пользователей мобильного интернета за 2014 год возросло на 30%, следовательно, целевой аудиторией для нашего проекта станут все: начиная от деловых людей, выезжающих на природу на пару дней и заканчивая туристами, которые проводят недели в экстремальных условиях. Посредством опроса потенциальных пользователей установки удалось узнать, готовы ли люди покупать разрабатываемую походную станцию, интересна ли им эта идея. Мы проводили опрос среди различных социальных групп: студентов, школьников и членов их семей. Около 36% опрошенных высказало свой интерес к проекту, по большей части это были люди от 18 до 25 лет, активно пользующиеся гаджетами и увлекающиеся активным отдыхом. Детально результаты опроса представлены ниже (Рисунок 1. Результаты опроса целевой аудитории)

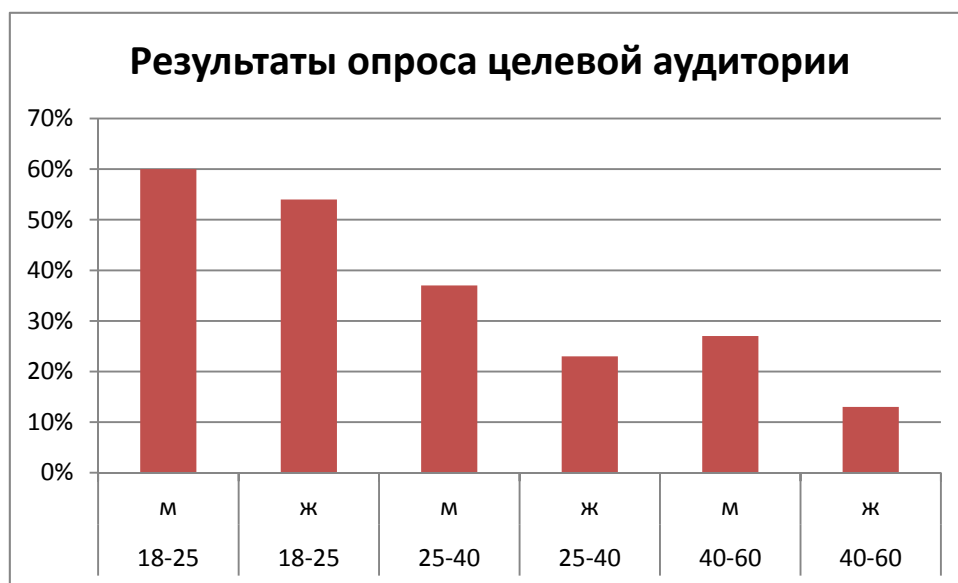


Рис. 1. Результаты опроса целевой аудитории

Полученный процент подтвердил, что мы движемся в правильном направлении. Люди давно ищут решение данной проблемы, она была особенно актуальна для военных и геологов. Мы предлагаем инновационный прибор, который вырабатывает энергию за счет работы пара. Он будет экологически чистым и не принесет никакого вреда природе. Перед нашей командой поставлена цель создания портативной электростанции, преобразующей механическую энергию пара в электрическую к маю 2015 года.

Установка представляет собой котел, наполненный водой. На его края одевается прокладка и плотно закрывается крышкой. Через сопло начинает выходить пар, который вращает крыльчатку, находящуюся над соплом. Крыльчатка подсоединена к электродвигателю, который начинает вырабатывать постоянный ток. На выходе электродвигателя установлен стабилизатор, увеличивающий напряжение цепи, что позволяет начать зарядку аккумулятора.

В качестве следующих этапов работы мы выделили:

- Предварительный анализ рынка
- Создание эскиза установки

- Создание сборочного чертежа
- Поиск необходимых деталей
- Составление сметы
- Покупка деталей
- Сборка модели установки
- Тестирование устройства
- Анализ проделанной работы

Чтобы как можно быстрее добиться результата мы разделили обязанности между членами группы. Технической стороной проекта занимались: Боганов Антон, Маковский Андрей и Чернышев Вячеслав, анализом рынка, дизайном продукта и поиском партнеров занимались Овчинникова Валерия, Харитонов Полина и Засухина Елизавета.

Мы считаем, что недостаточно сделать лишь рабочий девайс, он должен быть также удобным для использования, занимать как можно меньше места и быть как можно более легким. Безусловно, мы не остановимся на создании устройства, а приложим все усилия, чтобы вывести его на рынок для повышения качества жизни общества.

#### **Список литературы:**

1. Портативные и передвижные электростанции // Электронный ресурс. URL: <http://www.disgen.ru/katalog-statej/portativnye-i-peredvizhnye-elektrostantsii/> (Дата обращения 17.03.15)
2. Mail.ru // Электронный ресурс. URL: <http://otvet.mail.ru/search/опрос%20необходимо%20ли%20ПОРТАТИВНАЯ%20ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ%2С%20ВЫРАБАТЫВАЮЩАЯ%20ЭНЕРГИЮ%20ЗА%20СЧЕТ%20РАБОТЫ%20ПАРА> (Дата обращения 10.03.15).

#### **Разработка пособия по сборке и применению двигателя постоянного напряжения**

Павленко М. И., Девяшина Е.В., Андрейченко А.Е., Ткаченко П.П.  
Moonlight1401@yandex.ru

*Научный руководитель: ассистент кафедры ОСУ Мозгалева П.И., ЭТО НИ ТПУ*

Статистика последних 20-25 лет показывает, что с середины 90-х годов прошлого века и приблизительно до 2005-2006 годов на территории СНГ наблюдался существенный спад интереса школьников к точным наукам. Детально статистические данные представлены на рисунке 1.

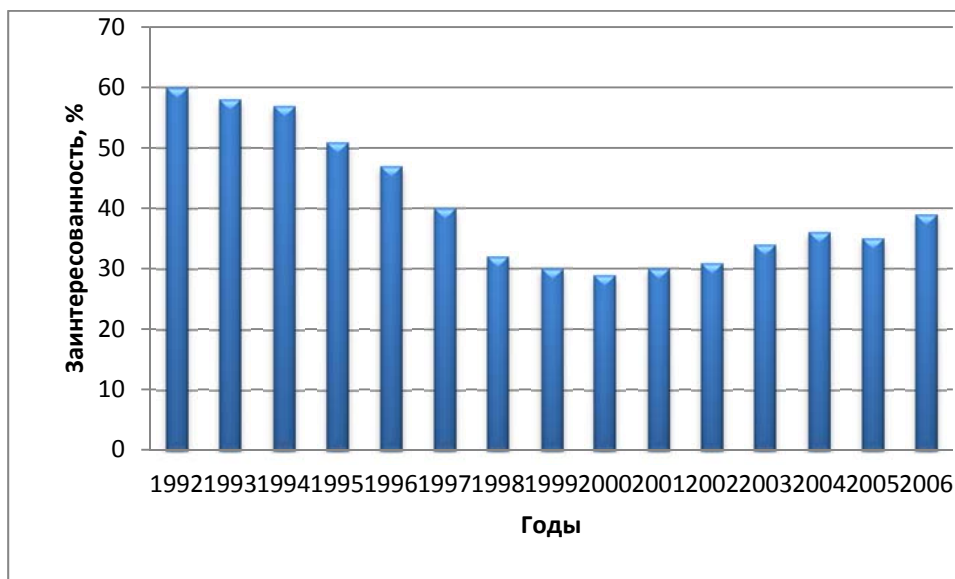


Рис. 1. Заинтересованность школьников в точных науках.

Это обусловлено отсутствием достаточного практического применения физических знаний. Современных студентов беспокоит данная проблема, т.к. выявление ранней заинтересованности к точным наукам значительно сказывается на багаже знаний при поступлении в ВУЗ и легкости обучения в нем. На основании вышеизложенного было принято решение сделать наглядное пособие по упрощенному, но эффективному использованию этих закономерностей, чтобы каждый заинтересовавшийся смог как изучить теорию по данному вопросу, так и самостоятельно применить его на практике. Мотивацией для разработки проекта послужила инициатива заинтересовать школьников в использование возможностей двигателя постоянного напряжения.

В данной работе мы уделяем внимание электроэнергии и ставим перед собой цель повышение интереса школьников к изучению физических явлений и их бытовому применению, путем создания пособия по конструированию и использованию двигателя постоянного напряжения.

Изначально, разработка направлена на школьников, но впоследствии может заинтересовать как их родителей, так и людей, увлекающихся естествознанием.

План проекта состоит из 4х этапов:

Задача 1. Изготовление статора:

Мероприятие 1.1. Вырезать дно из банок(3).

Мероприятие 1.2. Разрезать банки(2) и вставить их в оставшуюся.

Мероприятие 1.3. Спаять разрезы банок.

Мероприятие 1.4. Создать обмотку статора.

Задача 2. Изготовление ротора

Мероприятие 2.1. Создать каркас на вале.

Мероприятие 2.2. Создать коллектор на вале.

Задача 3. Сборка двигателя.

Задача 4. Создание брошюр [1].

Принципиальная схема двигателя для детального ознакомления представлена на рисунке 2 [2].



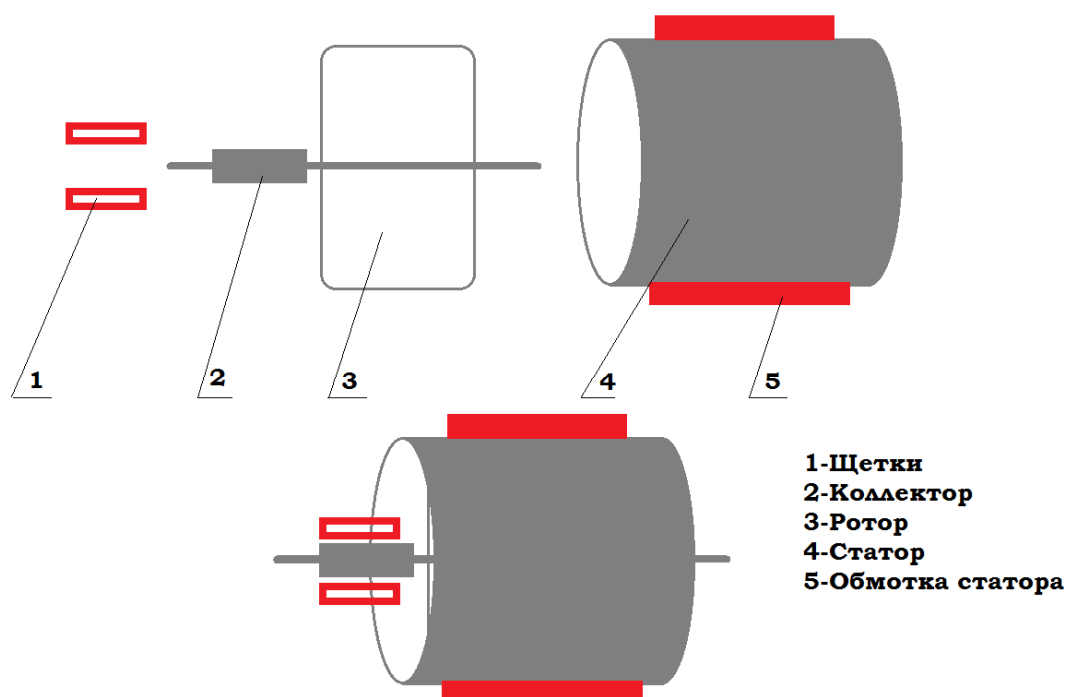


Рис 2. Принципиальная схема двигателя постоянного напряжения.

В связи с неопределенностью, присутствующей в проекте, возникают следующие риски: непредвиденные материальные затраты, не востребованность у целевой аудитории и нарушение техники безопасности при сборке двигателя. Учитывая вероятность возникновения, их легко предотвратить, затратив при этом минимальное количество ресурсов. Решение мы видим в следующем: учет всех затрат на реализацию проекта, создание наглядного и понятного пособия и описание техники безопасности соответственно.

В качестве дальнейшего развития проекта мы видим создание учебного пособия, по сборке устройств работающих на основе различных физических законов.

#### **Список литературы:**

1. Современные перспективы применения постоянного тока в быту. Электронный ресурс, URL: <http://8cent-emails.com/sovremennye-perspektivy-primeneniya-postojannogo-toka-bytu/> (Дата обращения 8.04.2015г.)
2. Схема и принцип работы электродвигателя постоянного тока.. Электронный ресурс, URL: <http://jelektro.ru/elektricheskie-termíny/shemy-dvigatelja-postojannogo-toka.html> (Дата обращения 29.03.2015г.)

## Универсальный робот для обработки различных поверхностей

Бедарев А.Н., Плотников А.В.  
klunniboy@yandex.ru

### *Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет*

Порой мы нуждаемся в полировке и предварительной обработке поверхности для покраски. Это может быть какая-то часть автомобиля, дерево, пластик, что угодно.

Наша команда решила реализовать устройство, которое облегчит нам выполнение этой и многих других задач. Среди достоинств данного устройства мы хотели бы отметить:

- **Функциональность.** Возможна первоначальная обработка металла от ржавчины, дальнейшая полировка его, полировка шпатлевки, и полировка лакокрасочного покрытия.
- **Автоматизированность.** Этот процесс может быть выполнен практически без участия человека.

#### Принцип работы:

Включается робот. Задаются параметры поверхности. Робот начинает работу над поверхностью по заданному алгоритму. По завершению работы робот подает звуковой сигнал.

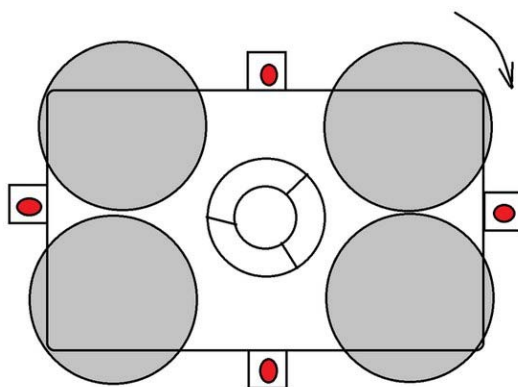


Рисунок 1. Электронное изображение прототипа проекта

#### Стоимость установки:

Таблица 1. Стоимость прототипа

Название детали	Количество	Цена за шт.
Металлич. Трубы хх	5	800 руб.
Датчики	5	3000 руб.
Щетки	10	1500 руб.

Провода	10 м	400 руб.
Контроллер	1	3000 руб.
доп. затраты		1500 руб.
		руб.
<b>Итого:</b>		<b>10200руб.</b>

#### **Список литературы:**

1. Датчики для измерения и автоматизации [электронный ресурс] Свободный доступ: <http://www.sensor.ru/>
2. Школа для электрика [электронный ресурс] Свободный доступ: <http://electricalschool.info/spravochnik/poleznoe/1002-blasting-novyjj-sposob-ochistka-metalla.html>
3. Покраска авто [электронный ресурс] Свободный доступ: <http://pokraskainfo.com/polirovka-avto/oborudovanie-i-instrument.html>
4. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление [книга] Свободный доступ Булгаков А.Г., Воробьев В.А.
5. Моделирование и программирование робототехнических комплексов [книга] Свободный доступ Кремлев А. С., Зименко К. А., Боргуль А. С.

#### **PetFeeder**

Исаев А.С., Пустынников В.И., Вебер М.Я., Латыпова К.И., Прокопюк М.Ю.  
ShunVIP@mail.ru, www.19\_alex\_xander\_96@mail.ru

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

Проблема, на решение которой направлен наш проект, состоит в том, что домашние животные часто остаются дома одни на долгое время. Наше изобретение поможет хозяину не беспокоиться о питании своего питомца и будет следить за приемом пищи.

При достаточном финансировании мы сможем сами реализовать свою разработку. На каждого члена команды распределены обязанности по реализации.

Много людей с домашними животными, например с кошкой или собакой. Эти люди очень заняты и имеют мало времени, чтобы заниматься домашними делами, иногда даже не успевают накормить питомца. Именно на таких людей направлен наш проект.

Главная цель - создание рабочего прототипа кормушки для домашних животных.  
Задачи:

- 1) определить принцип действия;
- 2) определить область применения;
- 3) изучить спрос на наш прибор;
- 4) разработать дизайн;
- 5) разработать схему кормушки;
- 6) поиск материалов для создания проекта;
- 7) написать листинг программы;

- 8) запрограммировать микроконтроллер;
- 9) составление сметы;
- 10) произвести сборку кормушки;

Уникальность проекта заключается в том, что у кормушки будет уникальный дизайн, и хозяин сможет лично удостовериться в том, что животное было накормлено.

В результате данной работы будет собрана рабочая версия устройства, которое будет использоваться в быту одним из участников проекта.

Для реализации проекта понадобится два месяца.

Принцип работы нашего проекта: автоматическая кормушка для домашних животных будет устанавливаться в жилых помещениях. Она представляет собой распределительный контейнер для корма, из которого корм поступает в миску питомца. Миска установлена на весах, которые передают информацию на микроконтроллер Arduino<sup>1</sup>. Arduino — это электронный конструктор и удобная платформа быстрой разработки электронных устройств для новичков и профессионалов. Устройство программируется через USB без использования программаторов. Устройства на базе Arduino могут получать информацию об окружающей среде посредством различных датчиков, а также могут управлять различными исполнительными устройствами.

На контейнере находятся кнопки, с помощью которых потребитель сможет регулировать работу кормушки, т.е. установить время, когда корм должен высыпаться в миску; устанавливать максимальное и минимальное количество корма, которое определяется с помощью весов. Если в установленное время в миске находится минимальное количество корма, то миска не пополняется. Если микроконтроллер определил по весу, что корма недостаточно, то миска наполняется. Так же на кормушке установлена камера с доступом в интернет. С помощью нее хозяин в любой момент может проследить за своим питомцем: как часто он питается, какое количество еды он потребляет, и, исходя из этого, он сможет перепрограммировать время кормления и количества подачи корма в миску. Такой режим удобен как хозяину кормушки, так и питомцу.

#### **Список используемой литературы:**

1. Информация о Arduino: [Электронный ресурс] // Материалы по программированию Arduino, 2011-2015. URL:<http://arduino.ru> (Дата обращения: 08.04.2015).
2. Александрович П. В. Проекты с использованием контроллера Arduino. — БХВ-Петербург, 2014 - с. 29-33
3. Датчики движения: возможности и области применения / под ред. И.М. Масленникова. — М.: 1986. — 336 с.

## QR-English

Юркова М.В., Кровякова Е.С., Московченко А.А., Крюков А.  
yurkovamasha@mail.ru

*Научный руководитель: кандидат геолого-минералогических наук, Краснощекова Л.А., доцент кафедры ГРПИ ИПР*

В современном мире каждому востребованному специалисту необходимо профессиональное знание английского языка, требующее не только свободно говорения на нем, но и знание терминов, определений и инструкций по эксплуатации профильного оборудования. В доступных словарях информация не предоставлена в полной объеме, не дает связи слова на английском языке с объектом реального мира. Кроме того с геологическими словарями на английском языке студенты сталкиваются только на последних курсах, на дисциплине профессиональной ориентации иностранного языка. Получается, что иностранный язык не воспринимается как часть профессиональной деятельности.

Проект «QR- English» направлен на то, чтобы упростить задачу изучения технического английского языка. Для этого наша команда предлагает оснастить лабораторное оборудование QR-кодами.

QR-код (англ. quick response — быстрый отклик) — матричный код (двумерный штрихкод), разработанный и представленный японской компанией «Denso-Wave» в 1994 году.

В отличие от старого штрихкода, который сканируют тонким лучом, QR-код определяется сенсором или камерой смартфона как двумерное изображение. Три квадрата в углах изображения и меньшие синхронизирующие квадратики по всему коду позволяют нормализовать размер изображения и его ориентацию, а также угол, под которым сенсор расположен к поверхности изображения. Точки переводятся в двоичные числа с проверкой по контрольной сумме.

Основное достоинство QR-кода — это лёгкое распознавание сканирующим оборудованием, что дает возможность использования в торговле, производстве, логистике.

Спецификация QR-кода не описывает формат данных. Наиболее популярные программы просмотра QR-кодов поддерживают такие форматы данных: URL, Закладка в браузер, Email (с темой письма), SMS на номер (с темой), MeCard, vCard, географические координаты.

Таким образом, принцип работы с QR-кодами заключается в том, что, установив программу-распознаватель, которая с помощью сканера или камеры смартфона считывает закодированную информацию и выдает, в нашем случае, web-ссылку, перейдя по которой можно найти интересующие вас сведения об объекте. (Рисунок 1)

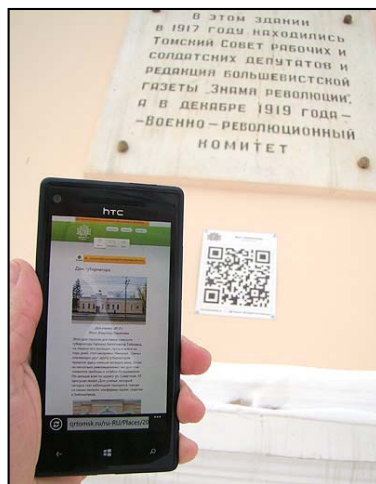


Рисунок.1 Образец QR-кода и принцип его работы.

Подобными кодами планируется оборудовать одну из аудиторий 1 корпуса ТПУ - петрографическую лабораторию, в которой находится различные геологические микроскопы и учебные коллекции горных пород, с которыми студенты (кафедр ГРПИ и ОГЗ) будут работать в дальнейшем.

Задачи проекта:

27. Договориться с ответственными за лабораторию и лабораторное оборудование лицами о проведении необходимых для реализации проекта работ: фотографическая съемка объектов, размещение на них QR-кодов.

28. Найти инструкции по эксплуатации поляризационного микроскопа для проходящего света, использующегося студентами в учебных целях, и микроскопа «Olympus», расположенного в отдельном помещении из-за своей высокой материальной ценности, и перевести полученные сведения на английский язык.

29. Отобрать коллекции магматических, осадочных и метаморфических пород, содержащих наиболее наглядные и хорошо сохранившиеся образцы. Найти краткую информацию об этих классах горных породах в достоверных геологических источниках и также перевести ее на английский язык.

30. Для каждого микроскопа и учебной коллекции горных пород создать личные QR-коды и запрограммировать их на выдачу web-ссылки. Ориентировочно будет закодировано 8-10 объектов: аудитория, в которой будет находиться экспериментальная база, учебные микроскопы, микроскоп «Olympus», учебные коллекции горных пород.

31. Разработать сайт, на котором будет размещаться подобранная информация для вышеперечисленных объектов.

32. Провести необходимые экспериментальные работы, а именно узнать все достоинства и недостатки работы программы и устранить их.

33. Найти целевую аудиторию, которая будет обучаться техническому английскому языку по данной программе обучения, и внедрить конечный продукт во всеобщее пользование.

В результате, нашей командой будет получена аудитория, с помощью которой можно изучать технический английский язык не только теоретически, но и практически, непосредственно изучая при этом строение и инструкцию по эксплуатации лабораторного оборудования. Данный подход требует наиболее оптимальных затрат времени и достаточно прост в использовании, достаточно иметь смартфон с камерой и желание изучать технический английский.

#### **Список литературы:**

1. Электронный ресурс. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/QR-код>

## Социальный эксперимент «Цена современного общества»

Сидоров А. А., Байгунчекова А. Т.  
andrey1996g@mail.ru

*Научный руководитель: Мозгалева П.И., ассистент кафедры ОСУ Института кибернетики ТПУ*

Современная цивилизация выделяет свои приоритеты и систему стандартов, которые порождают новую культуру мышления, позволяющую формализовать отношение к реальности. Утеря ценностных ориентиров, случившаяся в результате кризиса христианства Нового времени, считает Г.С. Киселев, в итоге привела к образованию массового общества. Для него характерно, в первую очередь, господство масскультуры, т.е. вытеснение подлинной культуры на периферию жизни и предпочтение технических достижений цивилизации. Безрелигиозные системы ценностей для человека не абсолютны, а относительны и потому в лучшем случае недействительны. Сегодня происходит вытеснение высокой культуры массовой или псевдокультурой, которая фактически вообще не признает необходимость ценностной системы, в результате чего нравственный релятивизм легко переходит в нигилизм. Под угрозой разрушения находится то, что столетиями создавали интеллект, дух и талант нации — разрушаются старинные города, гибнут книги, архивы, произведения искусства, утрачиваются народные традиции мастерства. Мы живем в обществе ценностей, где принцип «культурного» нигилизма и отрицания культуры выдается чуть ли не за идеал.<sup>[1]</sup>

На выходе мы получаем общество, не преследующее целей, которые ведут его к социальному развитию. Особенно эта проблема стоит у молодых людей, чья культура только формируется. Наша задача — снова заставить людей «думать». Мы планируем добиться этого путем проведения социальных экспериментов.

На просторах интернета можно встретить видеоролики с названием «Пранки<sup>[2]</sup>». Изначально под словом *Prank* подразумевался телефонный розыгрыш. Сейчас под это понятие попадают разные виды исполнения, от телефонного разговора до живого общения и театральной постановки. В ней исполнители пранка обыгрывают некоторую жизненную ситуацию, в которую вовлекается «жертва» (случайный человек, на которого направлена провокация). Для последующей трансляции в социальных сетях или собственного использования все розыгрыши снимаются на видеокамеру.<sup>[3]</sup>

В рамках одного эксперимента мы хотим оценить реакцию человека на ситуацию, в которую он будет вовлечен, проанализировать эту реакцию вместе с жертвой и провести анкетирование с целью выяснения, заставил ли эксперимент человека осознать и задуматься над своими жизненными ценностями<sup>[4]</sup>. Из этого вытекает цель данного проекта:

Выявить ценности современного общества путем проведения социального эксперимента, и напомнить его участникам об истинных ценностях жизни.

Участниками нашего проекта станут жители Томска в возрасте от 16 до 30 лет. Для реализации данного проекта, мы ставим перед собой следующие задачи:

1. Проанализировать подобные проводившиеся ранее проекты и учесть их недочеты;
2. Придумать сценарий для розыгрыша;
3. Подготовить оборудование для съемок;
4. Определить место и время проведения мероприятия;
5. Провести розыгрыш;
6. Проанализировать ситуацию с жертвой, провести анкетирование;
7. Обработать снятый материал и выложить его в социальную сеть для просмотра.

#### **Список литературы:**

1. Челомбицкая М. П. Ценностные ориентиры современного общества/ М. П. Челомбицкая, Н. Г. Лавинский // Молодой ученый. — 2011. — №12. Т.1. — С. 198-201.
2. Анисимов П.В., Симухин В.Д., Симухин А.В. Административная ответственность в Российской Федерации. Учебное пособие. -М.: Ось-89. 2009 г.
3. Солодовникова О.М., Замятина О. М., Мозгалева П.И., Лычаева М.В. Формирование компетенций элитного технического специалиста. // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2013. №11. С. 65-71.
4. Орлов А.А. Введение в педагогическую деятельность: Практикум: Учеб. -метод. пос./ А.А. Орлов, А.С. Агафонова. Под ред. А.А. Орлова. - М.: Академия, 2004.
5. Социальная психология в современном мире / Под ред. Г.М. Андреевой, А.И. Донцова. – М., 2002. – 335 с.

#### **Мобильное приложение «ТПУ»**

Пащенко А. П., Синебрюхов К. В., Янкович К. С.  
ale30832367@yandex.ru, sinebriukhov.kirill@gmail.com, yankovich.k.s@gmail.com

#### *Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет*

Практически каждый студент в Томском Политехническом Университете имеет смартфон, который очень сильно облегчает нам жизнь. Он может звонить, получать и отправлять сообщения, умеет фотографировать, в нем есть калькулятор, календарь, органайзер, будильник и т.д. Смартфон помогает нам в обыденной жизни. Так пусть он поможет нам в облегчении организации нашего учебного процесса. Необходимо создать мобильное приложение для популярных операционных систем смартфонов, в котором будут все необходимые для студента функции.

Цель проекта: Создать мобильное приложение «ТПУ».

Задачи проекта:

- Разработать концепцию приложения – продумать основные функции, структуру, скелет, основной дизайн, продумать систему обратной связи с разработчиками, преподавателями и администрацией ТПУ;
- Провести конкурс на создание данного приложения – на сайте ТПУ выложить новость о проведении конкурса на создание данного приложения в ограниченные сроки (на создание скелета приложения у программиста или



команды программистов будет 30 дней), объявить денежное вознаграждение программисту или команде (в размере 10-30 тыс. рублей), создавшей лучшее приложение;

- Выбрать победителя конкурса, объявить победителя – просмотреть предложенные варианты определить победителя с кем будет проводиться дальнейшая работа;
- Курировать разработчиков приложения – проводить совещания и конференции с разработчиками, корректировать работу программистов;
- Выпустить приложение – загрузить приложение на магазины популярных платформ, пустить рекламу о выпуске данного приложения на сайте ТПУ;
- Принимать отзывы и приложения, выпускать обновления с устранениями недочетов или дополнениями к приложению

Приложение ТПУ должно работать на таких популярных операционных системах, как Android и iOS, если будет много желающих, то возможен запуск приложения на операционной системе Windows. Приложением сможет пользоваться только авторизованный пользователь, соответственно каждый желающий пользоваться данным приложением будет обязан получить свой логин и пароль для входа в систему ТПУ.

Мы проанализировали похожие приложения, которые используют вузы в России и за рубежом. К примеру в России есть несколько мобильных приложений таких как:

- Расписание вузов - Apple store оценка 4 (11 отзывов), Google Play - оценка 4,4 (4794 отзыва);
- Расписание НИУ ВШЭ - Apple store оценка - (0 отзывов), Google Play - оценка 5 (2 отзыва);
- SDU informer (Университет им.С.Демиреля) - Google Play - оценка 4,6 (62 отзыва)

Зарубежные мобильные приложения для вузов:

- ASU Mobile (Angelo State University) - Apple store оценка 4+, Google Play - оценка 4,6 (312 отзыв);
- myFSU Mobile (Florida State University) - Apple store оценка 4+, Google Play - оценка 3,8 (154 отзыва);
- UoLMobile (University of Liverpool) - Apple store оценка 4+, Google Play - оценка 4,4 (56 отзыв);
- Scholastica (College of St. Scholastica) - Apple store оценка 4+

Проанализировав популярные мобильные приложения для вузов, прочитав отзывы пользователей, мы продумали основную концепцию приложения. Данное приложения должно содержать в себе много различных функций, а именно:

- Личный кабинет (получение всех возможностей личного кабинета в приложение)
- Расписание ТПУ (с возможностью объединения нескольких групп, если вы учитесь на ЭТО или на втором высшем, а так же возможностью добавления своих событий, а так же получения уведомлений о начале предмета через определенное время, при подключении геолокации приложение будет присылать Вам уведомления о том, что до пары осталось мало времени, а Вы еще не на месте)
- Почта ТПУ
- Новости ТПУ (с возможностью получать уведомления на все новости или на определенные, выбранные вами новости ТПУ)

- Напоминания (возможность получать уведомления для напоминания о каких-либо событиях в вашем календаре)
  - Домашнее задание ТПУ (при содействии преподавателей, возможно создание списка домашнего задания, которое студенты должны сделать до следующего занятия)
  - Синхронизация с системой Flamingo (просмотр предлагаемых конкурсов, конференций и других мероприятий в приложении, а так же получения уведомлений о новых мероприятиях или напоминание о приближении конце дэдлайна у тех, которые Вы отнесли в избранные)
  - Обратная связь (возможность отправить сообщения с критикой и предложениями о работе приложения, а так же о любом сотруднике ТПУ)
  - Конкурсы (проведения различных конкурсов онлайн)
  - Экстренные сообщения от ТПУ (рассылка экстренных сообщений студентам)
- Смета:

Необходимо получить средства в размере от 10 до 30 тыс. рублей на проведение конкурса программистов.

План и сроки проекта:

Таблица 1. Планы и сроки проекта

№	Пункт	Сроки	Ответственен за выполнение пункта
1	Разработать концепцию приложения	До 30 апреля	Синебрюхов, Пащенко, Янкович
2	Провести конкурс на создание данного приложения	30 апреля-30 мая	Синебрюхов, Пащенко, Янкович
3	Выбрать победителя конкурса, объявить победителя	30 мая-2 июня	Синебрюхов, Пащенко, Янкович
4	Курировать разработчиков приложения	2 июня-1 сентября	Синебрюхов, Пащенко, Янкович
5	Выпустить приложение	1 сентября	Синебрюхов, Пащенко, Янкович
6	Принимать отзывы и приложения, выпускать обновления с устранениями недочетов или дополнениями к приложению	-	Синебрюхов, Пащенко, Янкович

В результате проделанной работы к 1 сентября мы должны получить мобильное приложение, работающее на популярных операционных системах, таких как Android и iOS, имеющее различные полезные для студента и преподавателя

функции. Желательно, чтобы оно было разработано и спроектировано студентами ТПУ.

Это приложение поможет студенту в организации своего учебного процесса, позволит мобильно и быстро получать необходимую для него информацию, выступит в роли личного контроля. А так же не стоит забывать о повышении престижа и конкурентоспособности нашего учебного заведения в рамках дорожной карты «ТОП 100» к 2020 году.

#### **Список литературы:**

1. Мобильные приложения для ВУЗа // [электронный ресурс] / опубликовано 06.08.2013. – URL: <http://k.psu.ru/blog/node/24/> (дата обращения 09.04.2015)
2. Мобильные приложения Google Play // [электронный ресурс] / 2015. – URL: <https://play.google.com/store?hl=ru> (дата обращения 09.04.2015)

### **Детская коляска на радиоуправлении**

Синичкин И.С., Болдушевский Е.С., Кузьмин Д.А.  
ivasin0110@gmail.com

*Научный руководитель: ассистент кафедры АСУ Мозгалева П.И., ЭТО НИ ТПУ*

В большинстве семей рано или поздно появляется ребенок и, безусловно, любому ребенку необходимы прогулки на свежем воздухе, будь то младенец или ребенок 5-10 лет. Грудных детей комфортно перевозить в коляске во время прогулки. Однако, во многих регионах нашей страны, в том числе в нашем городе Томске, достаточно продолжительное межсезонье, весна с марта по май и осень с сентября по ноябрь [1-2]. Более подробно ознакомиться с месячным уровнем осадков и высотой снежного покрова в городе Томске можно в таблице 1 и 2 [3].

Таблица 4. Осадки, выпадающие в Томске в течение года

Месяц	Норма	Месячный минимум	Месячный максимум	Суточный максимум
Январь	35	3 (1938)	75 (2002)	17 (1912)
Февраль	24	0.6 (1886)	65 (1914)	14 (2015)
Март	25	3 (1881)	65 (2013)	19 (1912)
Апрель	33	0.0 (1884)	71 (1998)	25 (2011)
Май	41	5 (1884)	109 (2014)	47 (1915)
Июнь	60	9 (1981)	144 (1893)	76 (1893)
Июль	75	2 (1977)	172 (1909)	75 (1891)
Август	67	8 (1915)	149 (1965)	81 (1994)
Сентябрь	50	11 (2011)	143 (1996)	38 (1991)

Октябрь	56	8 (1884)	131 (1891)	26 (1896)
Ноябрь	52	6 (1956)	105 (1927)	38 (1994)
Декабрь	49	6 (1954)	122 (2006)	19 (1921)
Год	567	292 (1883)	768 (1891)	81 (1994)

Таблица 5. Снежный покров в Томске в течение года

Месяц	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	янв	фев	мар	апр	май	июн	год
Число дней	0	0	0.1	9	27	31	31	28	31	22	1	0	181
Высота (см)	0	0	0	2	15	41	58	68	70	30	0	0	
Макс.выс. (см)	0	0	5	29	59	78	100	106	125	111	40	0	125

Опираясь на данные таблиц, можно сделать вывод, что весной начинается активное таяние снега, например, в марте снежный покров может достигать 125 см, а осенью, когда температуры еще не всегда отрицательны, выпадающие осадки долго остаются на земле. Это доставляет неудобство во время прогулки родителей с грудными детьми. Избежать проблемы мокрых ног во время прогулки очень трудно.

Коляска на радиоуправлении – это проект, призванный помочь родителям грудных детей, которые ежедневно во время уличных прогулок сталкиваются на улицах с множеством луж и грязи, не зная, как преодолеть возникшее препятствие. Механизм радиоуправления поможет любому родителю провести коляску через лужи и аккуратно обойти ее. Для этого не обязательно далеко отходить от коляски, достаточно будет отойти на два шага вперед или назад, коляска проедет по луже, а родитель аккуратно ее обойдет. Также такой механизм поможет поднять коляску в горку и довести сумки из магазина. Возможность дистанционного управления коляской поможет меньше уставать родителю во время прогулки.

В первую очередь заинтересовать детская коляска на радиоуправлении должна будет людей, чьим детям еще не исполнилось 4-5 лет, живущим в городах с продолжительной весной и осенью.

Создание коляски на радиоуправлении, позволяющей родителям с детьми в колясках беспрепятственно преодолевать лужи и грязь, или ее прототипа планируется к концу мая 2015 года.

Перед командой встают следующие задачи:

Задача 1. Разработка принципиальной схемы.

Мероприятие 1.1. Создание концепции коляски (февраль-март 2015 года).

Задача 2. Закупка необходимых компонентов.

Мероприятие 2.1 Закупка оборудования и коляски (март - апрель 2015 года).

Задача 3 Сборка схемы и тестирование.

Мероприятие 3.1 сборка схемы (апрель-май 2015 года).

Задача 4 Сборка первого образца коляски.

Мероприятие 4.1: сборка образца или прототипа, тестирование продукта (май 2015 года).

Для создания детской коляски на радиоуправлении нам понадобится[4-7]:

- коляска;
- электрический двигатель;
- передатчик;
- приемник;
- аккумулятор;
- регулятор скорости;
- сервомашинка.

В результате проделанной работы должен быть получен образец детской коляски на радиоуправлении, которая позволит беспрепятственно передвигаться в условиях города с неблагоприятным для прогулок климатом и меньше уставать родителям. В дальнейшем можно усовершенствовать коляску, чтобы получить из нее средство индивидуального передвижения для родителя с ребенком.

#### **Список литературы:**

1. Климат Сибири. Электронный ресурс, URL: <http://oklimate.com/countries/russia/siberia> (Дата обращения 31.01.2015г.)
2. Осторожно! Весна! Трудности весенних перемен. Электронный ресурс, URL: <http://meteoinfo.ru/seasonal-specifics-spring> (Дата обращения 31.01.2015г.)
3. Погода в Томске. Электронный ресурс, URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/29430.htm> (Дата обращения 31.01.2015г.)
4. Миль Г. М60 Модели с дистанционным управлением: Пер. с нем. – Л.: Судостроение, 1984. – 288 с., ил.
5. Солодовникова О.М., Замятина О. М., Мозгалева П.И., Лычаева М.В. Формирование компетенций элитного технического специалиста. // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2013. №11. С. 65-71.
6. Аппаратура радиоуправления. Часть 1. Передатчики. Электронный ресурс, URL: [http://www.rcdesign.ru/articles/radio/tx\\_intro](http://www.rcdesign.ru/articles/radio/tx_intro) (Дата обращения 31.01.2015г.)
7. Аппаратура радиоуправления. Часть 2. Приемники. Электронный ресурс, URL: [http://www.rcdesign.ru/articles/radio/rx\\_intro](http://www.rcdesign.ru/articles/radio/rx_intro) (Дата обращения 31.01.2015г.)
8. Аппаратура радиоуправления. Часть 3. Рулевые машинки. Электронный ресурс, URL: [http://www.rcdesign.ru/articles/radio/servo\\_intro](http://www.rcdesign.ru/articles/radio/servo_intro) (Дата обращения 31.01.2015г.)

#### **Сушка для обуви АПОЛ-60**

Полищук А.В, Жидов С.С., Циммерман А.И., Антонов Д.В.  
[pantonvlad@mail.ru](mailto:pantonvlad@mail.ru)

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

Томский Политехнический Университет ведет здоровый образ жизни. Все студенты занимаются спортом. Занятия по физическому воспитанию обязательны, так как идет формирование физической культуры личности и способности

направленного использования разнообразных средств физической культуры и спорта для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки. Но для того чтобы поддерживать себя в хорошей форме необходимы спецоборудование, например, чтобы в зимнее время заниматься беговыми лыжами, нужны, конечно, сами лыжи, ботинки и палки, спецодежда. Студенты приходят, переодеваются, берут амуницию в аренду у НИ ТПУ (бесплатно), откатывают занятие, приходят, сдают комплект и идут дальше учиться. Но те, кто идет после тех студентов, которые уже отзанимались, они одевают мокрые и влажные, сырые и отсыревшие ботинки, чтобы хоть как бы угодить будущим эксплуататорам, нужно их немного просушить, проветрить, дать высохнуть. Для этого есть специально-предназначенные сушилки для обуви. Но в массовом производстве они являются предметом роскоши. Для предотвращения влажности и сырости ботинок, наша команда предлагает сделать сушилки для ботинок при помощи системы отопления: для каждого ботинка выводится металлическая труба, которая несет за собой обогревательную функцию.

### **Цель проекта**

Разработка и создание доступной сушилки для большого количества пар обуви на лыжной базе «Политехник».

### **Обоснование необходимости реализации проекта**

Данный проект необходимо выполнить в связи с потребностью в сухих ботинках, для комфортного занятия физической культурой в зимнее время года. Часто ботинки выдаются влажными или вовсе мокрыми, так как к концу второй пары на базе уже не остаётся сухих пар ботинок.

Реализация данного проекта сделает ботинки более сухими и как следствие увеличит продуктивность занятий на лыжах в зимний период времени.

### **Уникальность идеи**

Уникальность нашей идеи заключается в том, что в нашем маленьком городе подобные конструкции не используются, хотя подобная практика наблюдается в других городах и странах, и при этом решает похожую проблему довольно успешно.

### **Каким будет результат от реализации проекта**

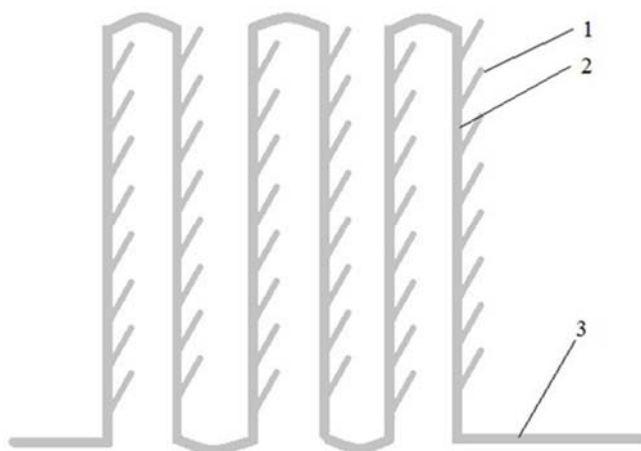
В результате реализации данного проекта, мы получим прибор, установленный на базе «Политехник», который позволит сушить ботинки для лыж в большом количестве и в ограниченное время.

### **Принцип работы АПОЛ-60**

Основной принцип работы заключается в передаче энергии воды в трубе к ботинкам для их нагрева. Это происходит через специальные стойки, которые будут соединены с основной трубой, на которые будут надеваться ботинки.

1. Держатель ботинок
2. Труба с горячей водой
3. Подача отопления

Рисунок 1. Схема АПОЛ-60



**Список литературы:**

1. Варфоломеев, Ю. М. Отопление и тепловые сети: учебник / Ю. М. Варфоломеев, О. Я. Кокорин. — Москва: Инфра-М, 2006. — 480 с.: ил. — Среднее профессиональное образование. — Библиогр.: с. 477-480. — ISBN 5-16-002270-8.
2. Сканави, Александр Николаевич. Отопление: учебник / А. Н. Сканави, Л. М. Махов. — Москва: АСВ, 2006. — 576 с.: ил. — Библиогр.: с. 560-561. — Предметный указатель: с. 562-571. — ISBN 5-93093-161-5.

**Единая информационная объективная предметная база материалов  
для подготовки специалистов**

Пащенко А.П., Синебрюхов К.В., Янкович К.С.  
ale30832367@yandex.ru, sinebriukhov.kirill@gmail.com, yankovich.k.s@gmail.com

*Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет*

В настоящее время остро стоит вопрос образования, а также организации системы образования. Преподаватели строят свои занятия, основываясь на стандартном минимуме, установленном государством, некоторые выходят за рамки минимума и дают материал по предмету углубленно. Таким образом, у студента отсутствует возможность выбора и определения субъективной степени важности изучаемой дисциплины. К сожалению, ресурсы интернета не безграничны и не всегда позволяют найти необходимую информацию в полном объеме.

Данная проблема и легла в основу идеи проекта. Ее решение позволит выровнять знания студентов и удерживать их в стабильном состоянии.

Проект состоит в создании единой учебно-информационной системы. Разработка системы предполагается на первоначальном этапе на уровне ТПУ, затем расширение круга университетов, у которых появится возможность использовать данный ресурс.

Общая учебная система должна включать в себя:

1. необходимый минимум теоретической информации по предмету  
Данная часть основывается на положениях, которые должны быть обязательно изучены, для получения достаточной квалификации. Учебные стандарты определяются на федеральном уровне.
2. модули для практических занятий (задания, тесты и пр.)  
Практические задания, используемые для рубежного контроля, примеры их выполнения с пояснениями, а так же тесты для самопроверки – позволят студенту самостоятельно определять уровень полученных знаний на данном этапе.
3. дополнительная информация, для углубленного изучения дисциплины  
Материалы для более подробного изучения позволят интересующимся студентам получить необходимые знания, без траты времени на поиск и фильтрацию информации из Интернет-ресурсов.

В Томском политехническом университете существует информативная система для студентов в виде сайтов преподавателей, на которых выкладываются лекции, задания и прочая информация (которую преподаватель считает необходимой). Предлагаемая система только отчасти схожа с имеющейся, но предполагает кардинально другой подход (табл.1).

Таблица 1. Сходства и различия информационных систем

	Имеющаяся система	Новая система
Возможность преподавателя выкладывать информацию	На персональном сайте	На общем ресурсе, в соответствии с принятыми правилами
Количество и качество предоставляемой студентам информации	Не проверяется	Производится постоянный контроль за новой информацией и периодическая проверка ранее выложенных файлов
Поиск необходимой информации по предмету	Достаточно сложный, так как приходится искать преподавателя дисциплины, а потом (если имеется) информацию на его сайте. В том случае, если информации на сайте нет, то продолжать поиск по	Сформирована простая поисковая база по предметам и преподавателям



другим преподавателям  
этого предмета

Система,	имеющаяся	Новая система, которая
практически	в каждом	позволит повысить
университете		престиж вуза и будет
		способствовать
		движению по дорожной
		карте в топ 100 мировых
		ВУЗов

Важным плюсом новой системы является то, что каждый преподаватель будет обязан пользоваться базой и каждый студент будет получать по предмету минимум. Кроме того, студент, отсутствующий на занятии сможет без труда изучить пропущенную тему.

Информационная база будет представлять собой комплекс презентаций, лекций в виде текстовых файлов, тестовый заданий, статей по темам, видеороликов и прочих дополнительных материалов. Для проверки корректности оформления и качества выложенной информации будет создана комиссия, состоящая из лучших преподавателей и студентов.

Доступ к системе первоначально предоставляется студентам и сотрудникам ТПУ по корпоративному логину и паролю. В дальнейшем возможно распространение системы, т.е. получение доступа к системе и другими университетами. Так как единая информационная предметная база будет содержать себе материалы для подготовки к широкому спектру дисциплин, то она будет востребована как техническими, так и гуманитарными высшими учебными заведениями. Предоставление доступа будет осуществляться на основе двустороннего договора между университетами. Посредством обмена информацией и добавления новых преподавателей в систему, можно расширять список представленных дисциплин.

Существуют единые системы цифровых образовательных ресурсов для учителей, данный ресурс активно используется учителями в школах для подготовки материалов уроков. Кроме того, можно отметить опыт использования единой системы образования для школьников «Школа 2100», который включает в себя и электронные ресурсы. Данный проект внедряется с 2000 года. Он основан на новых методиках образования и за время реализации отмечен многочисленными положительными отзывами.

Стратегия развития образования определяет перечень задач системы общего образования, среди которых на первом месте стоят обновление содержания и технологий образования в соответствии с образовательными запросами населения, создание условий для формирования педагогических компетентностей. Эти задачи полностью согласуются с требованиями Федеральных государственных образовательных стандартов нового поколения, определяющих переход к работе на достижение нового образовательного результата на основе деятельностного подхода.

Начать реализацию проекта планируется в сентябре 2015 года. Создание первоначальной базы займет ориентировочно 1 год. Затем необходимо постоянно совершенствовать систему и добавлять новую информацию.

**Список литературы:**

1. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов // [электронный ресурс] / 2006-2015. – URL: <http://school-collection.edu.ru/> (дата обращения 02.04.2015)
2. Солодовникова О.М., Замятина О. М., Мозгалева П.И., Лычаева М.В. Формирование компетенций элитного технического специалиста. // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2013. №11. С. 65-71.
3. Образовательная система «Школа 2100» // [электронный ресурс] / 2011-2014. – URL: <http://school2100.com/> (дата обращения 26.03.2015)
4. Мозгалева П. И., Гуляева К. В., Замятина О. М. Информационные технологии для оценки компетенций и организации проектной деятельности при подготовке технических специалистов. // Информатизация образования и науки. 2013. №4. С. 30-46.
5. Школа 2100. Материал из Википедии – свободной энциклопедии // [электронный ресурс] / URL: <https://ru.wikipedia.org/>

### **Социальный проект «Образовательный маршрут»**

Дырина Е.Н.  
zhenya\_9309\_93@mail.ru

*Научный руководитель: Гаврикова Н.А., старший преподаватель кафедры менеджмента ИСГТ, ТПУ*

Самая большая беда человечества – это его невежество.

Все слышали знаменитый афоризм Аристотеля: « Между человеком образованным и не образованным такая же разница, как между мертвым и живым». Аристотель жил около 300 лет до нашей эры и уже в то время, образование человека было ценным активом, значимость которого актуальна и в настоящее время.

Образованные люди – гордость любой страны. Чем больше граждан, имеющих высшее образование, тем выше культурная, экономическая, интеллектуальная, политическая сфера влияния на международном уровне.

Какой же должен быть образованный человек? Это не только мастер своего дела. Образованность – это осведомленность, широкий кругозор, любопытство, и постоянное стремление к саморазвитию, гуманность. «Высший» человек не может быть невежей, в отличие от необразованного.

Итак, очевидно, что залог успешного развития страны – определенная стратегическая схема в области образования. Это значит, что нужно прикладывать максимальные усилия, чтобы образование было на должном уровне. [1]

Рассматривая тенденцию уровня образования в России, можно заметить, что за двадцать лет (1990-2010) уровень образования в нашей стране опустился с 30го места на 35-е (рис. 1) [2]. По официальным данным ООН, на 2013 год Россия занимает 36 место [3].

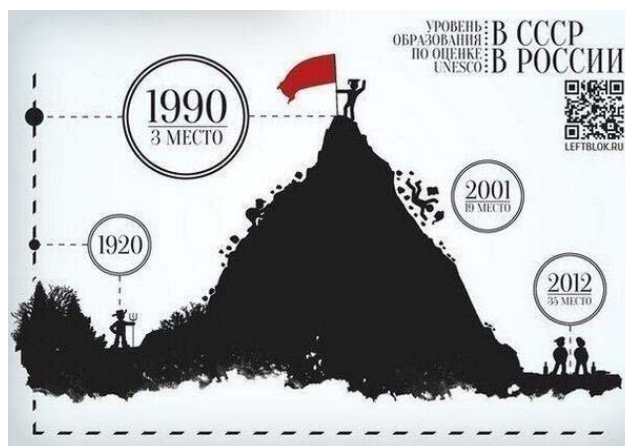


Рисунок 1. Обвал уровня образования в России

Очевидна следующая проблема – падение уровня образования граждан России. Как часто, передвигаясь на общественном транспорте, человек читал книгу или газету? В основном, пассажиры читают бессмысленные рекламные плакаты или просто увлечены современными технологиями (телефон, планшет и т.д.). Это наблюдение натолкнуло нас на идею создания информационных плакатов, содержащих интересную образовательную информацию, которые будут размещены в общественном транспорте.

Цель будущего проекта «Образовательный маршрут» - увеличение знаний граждан России в различных отраслях науки и культуры. Основным инструментом реализации проекта является размещение информационных плакатов в общественном транспорте (трамваи/троллейбусы). Данные виды муниципального транспорта были взяты по причине отсутствия в них плакатов рекламного содержания, так как рекламодатели считают более эффективным инструментом автобусы. Данный проект направлен на граждан нашей страны в возрасте от 10 до 50 лет.

В рамках цели проекта поставлены следующие задачи:

1. Подготовка плакатов (разработка дизайна).
2. Победа конкурсов проектов на областном или российском уровнях с целью получения гранта на реализацию проекта.
3. Получение согласия от трамвайно-троллейбусного управления (ТТУ) города Томска на размещение информационных плакатов в общественном транспорте.
4. Размещение их в общественном транспорте.
5. Создание графика обновления плакатов.

Социальный проект имеет несколько подцелей, возникших в связи с различной возрастной группой людей, на которых направлен проект:

- Целевая группа – школьники. Цель – привлечение внимания к науке и научным открытиям, которое в долгосрочной перспективе образуется в интерес к науке у выпускников школ и станет важным фактором при выборе университета и направления обучения.
- Целевая группа – молодежь. Цель – сохранение культурного наследия русского человека через освещение произведений русских поэтов прошлых веков и современности.

В рамках проекта будут представлены произведения русских поэтов, как прошлых веков, так и современных (Пастернак, Маяковский, Асадов, Эризн), краткие

результаты научных исследований, интересные факты наук (физика, космология, биология и другие).

В качестве примера информации, которая будет размещаться в общественном транспорте, можно выделить следующее:

- 1) Евтушенко Е.А. «Людей неинтересный в мире нет...», 1961 [4]

Людей неинтересных в мире нет.  
Их судьбы - как истории планет.  
У каждой все особое, свое,  
и нет планет, похожих на нее.  
А если кто-то незаметно жил  
и с этой незаметностью дружил,  
он интересен был среди людей  
самой неинтересностью своей.  
У каждого - свой тайный личный мир.  
Есть в мире этом самый лучший миг.  
Есть в мире этом самый страшный час,  
но это все неведомо для нас.  
И если умирает человек,  
с ним умирает первый его снег,  
и первый поцелуй, и первый бой...  
Все это забирает он с собой.  
Да, остаются книги и мосты,  
машины и художников холсты,  
да, многому остаться суждено,  
но что-то ведь уходит все равно!  
Таков закон безжалостной игры.  
Не люди умирают, а миры.  
Людей мы помним, грешных и земных.  
А что мы знали, в сущности, о них?  
Что знаем мы про братьев, про друзей,  
что знаем о единственной своей?  
И про отца родного своего  
мы, зная все, не знаем ничего.  
Уходят люди... Их не вернуть.  
Их тайные миры не возродить.  
И каждый раз мне хочется опять  
от этой невозвратности кричать.

- 2) Эризн «Не запрещай себе мечтать», 2007 [5]

Не запрещай себе мечтать –  
Пусть не в цветном, пусть в чёрно-белом;  
Пусть ты открыт ветрам и стрелам –  
Сними замок, сорви печать!  
Не запрещай себе творить,  
Пусть иногда выходит криво –  
Твои нелепые мотивы  
Никто не в силах повторить.  
Не обрывай свои цветы,

Пускай растут в приволье диком  
 Молчаньем, песней или криком  
 Среди безбрежной пустоты.  
 Не запрещай себе летать,  
 Не вспоминай, что ты не птица:  
 Ты не из тех, кому разбиться  
 Гораздо легче, чем восстать.  
 Не запрещай себе любить,  
 Не нужно чувств своих бояться:  
 Любовь не может ошибаться  
 И всё способна искупить.  
 Не береги лучей звезды –  
 Бросай направо и налево,  
 И эти странные посевы  
 Дадут чудесные плоды.  
 Не бойся жить, не бойся петь,  
 Не говори, что не умеешь:  
 Ты ни о чём не пожалеешь –  
 Да будет не о чем жалеть!  
 И не стесняйся побеждать:  
 Твоих врагов судьба излечит,  
 И может быть, другие встречи  
 Ещё вас будут ожидать.  
 Не бойся в камне прорасти,  
 Под небосвод подставив плечи.  
 Пусть без мечты порой и легче –  
 Не запрещай себе мечтать!

### 3) Параллельные миры ближе, чем кажутся.

По теории струн существует 10 измерений, 6 из которых существуют в свернутом виде и не доступны нашему глазу. Остальные 4, это известные нам ширина, высота, глубина и время. [6]

Проект будет выполняться проектной группой и руководителем проекта – магистрантом первого года обучения Дыриной Е.Н. На данный момент идет набор в команду (графический дизайнер и исполнители проекта, например, волонтеры ТПУ), подбор информации для плакатов. В качестве предполагаемого формата информационных плакатов можно привести примеры, представленные на рисунках 2 и 3.



Рисунок 2. Пример информационного плаката



Рисунок 3. Пример информационного плаката [7]

Бюджет проекта зависит от охвата количества общественного транспорта:

- Печать и ламинирование плакатов в расчете на один трамвай – 2500р.
- Печать и ламинирование плакатов в расчете на 45 трамваев [8] – 112500 р.

География проекта: на начальном этапе проект охватит город Томск, в случае успеха, его использование будет возможно в любом городе России (если в городе имеются трамвайные/троллейбусные/автобусные маршруты). Сроки выполнения проекта – 1 месяц в рамках города Томска. Начало выполнения проекта - 1 сентября 2015г:

- 1-16 сентября – получение согласия от ТТУ;
- 17 – 30 сентября – подготовка плакатов;
- 1 октября – размещение плакатов.

В итоге, проект будет выполнен до 1 октября 2015 года, но продолжительность его не ограничена в связи с тем, что каждую неделю будет происходить смена плакатов в общественном транспорте. Как результат, в долгосрочной перспективе уровень интереса к науке и культуре России увеличиться, а значит, и повысится уровень образованности граждан.

#### Список литературы:

1. Разница между образованным человеком и необразованным // ФормаСлов [Электронный ресурс] URL: <http://formaslov.ru/portal/raznitsa-mezhdu-obrazovannyim-chelovekom-i-neobrazovannyim/> (дата обращения: 02.04.15)
2. ЮНЕСКО констатирует катастрофический обвал уровня образования в России // КИРФ [Электронный ресурс] URL: <http://kprf.ru/activity/education/119597.html> (дата обращения: 02.04.15)
3. Рейтинг стран мира по уровню образования // Центр гуманитарных технологий [Электронный ресурс] URL: <http://gtmarket.ru/ratings/education-index/education-index-info> (дата обращения: 02.04.15)
4. Евгений Евтушенко // Русская поэзия [Электронный ресурс] URL: <http://rupoem.ru/evtushenko/lyudej-neinteresnyx-v.aspx> (дата обращения: 02.04.15)
5. Эризн «Не запрещай себе мечтать» // Стихи.ру [Электронный ресурс] URL: <http://www.stihi.ru/2007/10/09/1764> (дата обращения: 02.04.15)
6. Мозгалева П. И., Гуляева К. В., Замятина О. М. Информационные технологии для оценки компетенций и организации проектной деятельности при подготовке

- технических специалистов. // Информатизация образования и науки. 2013. №4. С. 30-46.
7. Интересные факты о Вселенной // Fishki [Электронный ресурс] URL: <http://fishki.net/1272037-interesnye-fakty-o-vselennoj.html> (дата обращения: 02.04.15)
  8. 16 интересных фактов о сне // Krabov.net [Электронный ресурс] URL: <http://krabov.net/11859-16-interesnyh-faktov-o-sne-kotorye-vy-ne-znali-infografik.html> (дата обращения: 02.04.15)
  9. Трамвайные вагоны [Электронный ресурс] URL: <http://vagrns.ttransport.ru/show.php?cid=31&w=y&p=0> (дата обращения: 02.04.15)

### **История сквозь века**

Пащенко А.П., Синебрюхов К.В., Янкович К.С  
[ale30832367@yandex.ru](mailto:ale30832367@yandex.ru), [sinebriukhov.kirill@gmail.com](mailto:sinebriukhov.kirill@gmail.com), [yankovich.k.s@gmail.com](mailto:yankovich.k.s@gmail.com)

#### *Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

У каждого человека свое представление о войне. Для одних война это разрушения, холод, голод, смерть, а для других – сражения, подвиги, герои. И все же Война есть одно из величайших кощунств над человеком и природой. Это страшный период времени, который причинил всему человечеству огромное зло, страдания.

Говорят, что время лечит все. Это значит, что оно стирает память, заставляет блекнуть самые яркие воспоминания. Но есть такие события, о которых нельзя забывать во что бы то ни стало. Нельзя забывать во имя будущих поколений, во имя жизни на земле, во имя сохранения в себе человека. К таким событиям, безусловно, относится Великая Отечественная война. Длившаяся четыре года, она стала для России величайшим подвигом и величайшей трагедией. Миллионы потерянных жизней, сотни миллионов искалеченных судеб, душевных трагедий, сломанных жизней.

Ведь мы сейчас живем в мире, где каждый день СМИ в красках освещают теракты и вооруженные нападения. Мы смотрим на происходящее как на очередную постановку и думаем, что нас ничто не коснется. А ведь это не так! Весь мир вооружен до зубов, и одно нажатие кнопки может перевернуть наше теплое уютное болото повседневности. Война ведь – это не то, что было когда-то и больше не повторится. Война реальна и страшна. Поэтому давайте помнить! Лишь у тех есть будущее, кто помнит прошлое! Давайте участвовать в этой жизни и менять ее к лучшему! Давайте думать о близких, уважать старших и преклонять колени перед оставшимися в живых ветеранами не только в Праздник 9 Мая, и каждый день благодарить и помнить о всех тех, кто помог нашему уютному миру быть.

Память о войне нам передается из книг, фильмов, из уроков истории, но самыми убедительными документами будут «живые» воспоминания, свидетельства наших уже не молодых прабабушек и дедушек и детей той страшной и жестокой войны. Ведь с каждым годом ветеранов Великой Отечественной войны, реальных очевидцев тех страшных событий, становится все меньше и меньше.

Мы поколение XXI века и мы обязаны выполнить свой долг – дать людям шанс быть услышанными потомками; сохранить для наших детей и внуков живую память. Таким образом мы решили создать мини-проект, который позволит создать видеоархив воспоминаний фронтовиков и тружеников тыла.

В Томске проживает чуть более 120 ветеранов Великой Отечественной войны. Наша основная задача заснять живое общение с ними, запечатлеть захватывающие и трогательные сердца истории и воспоминания. Проект, безусловно, будет долгосрочным. Для такого документального фильма, состоящего из мини-историй, необходимо время не только для съемки, но и для организации предварительных встреч с ветеранами.

#### Задачи нашего проекта:

- Создание проектной группы, определение обязанностей и распределение их в команде;
- Поиск социальных партнеров, а также спонсоров, которые помогут не только помочь в реализации проекта, но и отблагодарить ветеранов за помощь и сотрудничество;
- Поиск студии для проведения съемок, а также оснащение материально-технической базы проекта;
- Проведение предварительных встреч с ветеранами Великой Отечественной войны и обсуждение дальнейшего сотрудничества, а именно, участие в проекте «Истории сквозь века»;
- Съемка пробных видеороликов, их обработка и создание первого мини-фильма;
- Информационное освещение хода и результатов проекта.

Проект «Истории сквозь века» поможет поднять патриотизм в стране, сплотить все национальности вокруг русского народа, который добился победы в войне, поскольку рассказывая о героических подвигах солдат и офицеров, тружеников тыла, без разграничения на национальности, веру, цвет кожи и т.п., мы создаем целое общественное понимание истории нашей страны. Также наш проект привлечет внимание к социальным проблемам жизни пожилых людей – информацию можно получить при встречах с ветеранами, интересуясь насколько им помогают местные органы власти, реализуются ли какие-либо программы помощи. Не стоит забывать и тот факт, что и ветеранам будет приятно, что ими интересуются не только 9 мая.

#### План и сроки проекта:

Таблица 1.

№	Пункт	Сроки	Ответственен за выполнение пункта
1	Создание проектной группы, определение обязанностей	До 30 апреля	Синебрюхов
2	Поиск социальных партнеров и спонсоров	30 апреля-15 мая	Синебрюхов, Пашенко, Янкович
3	Поиск студии для проведения съемок	До 15 мая	Синебрюхов



4	Проведение предварительных встреч с ветеранами	Все время реализации проекта	Синебрюхов, Пащенко, Янкович
5	Съемка пробных видеороликов, их обработка и создание первого мини-фильма	15 мая-10 июня	Синебрюхов, Пащенко, Янкович
6	Освещение хода и результатов проекта	Середина июня	Синебрюхов, Пащенко, Янкович

В результате проделанной работы к середине июня мы должны отснять и смонтировать первый документальный мини-фильм, повествующий о тяжелой жизни в военные годы, о героических подвигах простых рабочих, солдат, фронтовиков и тружеников тыла.

### **Музыка электричества**

Антипьев В. В., Дубинский Д. Г., Кухаренко Е. И., Хабибулин В. В.,  
Харитонов А. Д., Коршунов В. С.  
[banana744@yandex.ru](mailto:banana744@yandex.ru)

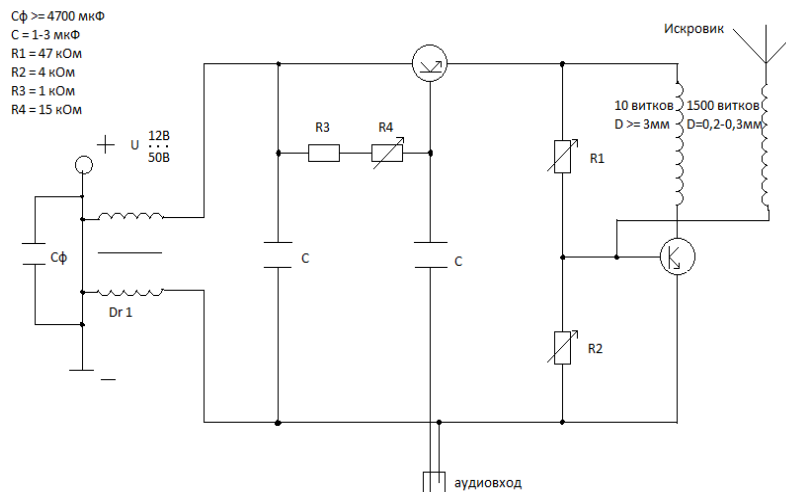
#### ***Национальный исследовательский Томский политехнический университет***

Каждый человек видел молнию. Но немногие задумывались о том, что это опасное и ужасающее физическое явление может «создавать» музыку. В нашем проекте мы хотим предоставить Вам возможность познакомиться с таким уникальным применением электричества.

В настоящее время очень много молодых людей, выпускников школ не знают, как определиться с выбором дальнейшей профессии, чем можно заниматься и как проводить время с пользой и интересом. «Музыка электричества», конечно, не сделает выбор за человека, но этот проект нацелен на то, чтобы показать, что наука может быть интересной и увлекательной.

Также, многие музыканты ищут новые «фишки» и специальные приёмы в своём исполнении, чтобы их было привлечь слушателей и добавить новые веяния в свое творчество. Наш проект может пригодиться и им, ведь не часто можно услышать, как молнии создают знакомую мелодию.

Проект "Музыка электричества" представляет собой элементарный качер Бровина с изменяемой частотой колебаний (рис.1). Качер Бровина – оригинальный вариант генератора электромагнитных колебаний, который может быть собран на различных активных элементах. В настоящий момент чаще всего при его постройке используют биполярные или полевые транзисторы, несколько реже – радиолампы, причем как триоды, так и пентоды. Данный прибор был изобретен советским инженером Владимиром Ильичом Бровиным в 1987 г в качестве части электромагнитного компаса его конструкции [1]. По сути, качер Бровина является вариантом катушки Тесла на резисторах.



**Рисунок 1. Схема устройства**

Работу резонансного трансформатора, или катушки Тесла, можно объяснить на примере обыкновенных качелей. Если их раскачивать в режиме принудительных колебаний, то максимально достигаемая амплитуда будет пропорциональна прилагаемому усилию. Если раскачивать в режиме свободных колебаний, то при тех же усилиях максимальная амплитуда возрастает многократно. В нашем случае в роли «качелей» выступает вторичный колебательный контур, а в роли прилагаемого усилия — генератор. Их согласованность («подталкивание» строго в нужные моменты времени) обеспечивает первичный контур или задающий генератор (в зависимости от устройства).

Благодаря качеру Бровина создаётся высокое напряжение (до нескольких миллионов вольт), и на вторичной катушке образуются разряды, которые можно наблюдать. При изменении частоты устройства с помощью музыкального инструмента или аудиоплеера разряды пронизывают пространство на разной частоте. Из-за этого мы слышим звуки, которые составляют мелодию. Вдобавок к звуку на небольшом расстоянии от устройства начинают светиться лампы, что опять же добавляет устройству интереса со стороны целевой аудитории.

В процессе работы катушки Тесла можно наблюдать четыре вида разрядов:

- Стримеры – тускло светящиеся тонкие разветвлённые каналы, которые содержат ионизированные атомы газа и отщеплённые от них свободные электроны. Протекает от терминала (или от наиболее острых, искривлённых ВВ-частей) катушки прямо в воздух, не уходя в землю, так как заряд равномерно стекает с поверхности разряда через воздух в землю.

- Спарк – это искровой разряд. Идёт с терминала (или с наиболее острых, искривлённых ВВ частей) непосредственно в землю или в заземлённый предмет. Представляет собой пучок ярких, быстро исчезающих или сменяющих друг друга нитевидных, часто сильно разветвлённых полосок — искровых каналов. Также имеет место особый вид искрового разряда — скользящий искровой разряд.

- Коронный разряд – свечение ионов воздуха в электрическом поле высокого напряжения. Создаёт красивое голубоватое свечение вокруг ВВ-частей конструкции с сильной кривизной поверхности.

– Дуговой разряд образуется во многих случаях. Например, при достаточной мощности трансформатора, если к его терминалу близко поднести заземлённый предмет, между ним и терминалом может загореться дуга (иногда нужно непосредственно прикоснуться предметом к терминалу и потом растянуть дугу, отводя предмет на большее расстояние) [2].

Несмотря на то, что подобные идеи уже реализованы, наш проект имеет ряд преимуществ, таких как доступность в Томской области, низкая себестоимость, простота сборки, социальная направленность. Мы надеемся, что «Музыка электричества» будет способствовать популяризации науки среди молодежи и, возможно, поможет некоторым выпускникам сделать правильный выбор будущей специальности.

#### **Список литературы:**

1. Качер Бровина (изобретение и теория работы) // Чип и Дип. Приборы и электронные компоненты. Электронный ресурс. URL: <http://www.chipdip.ru/video/id000280045> (Дата обращения 31.03.2015)
2. Мозгалева П. И., Гуляева К. В., Замятина О. М. Информационные технологии для оценки компетенций и организации проектной деятельности при подготовке технических специалистов. // Информатизация образования и науки. 2013. №4. С. 30-46.
3. Трансформатор Тесла // Википедия – свободная энциклопедия. Электронный ресурс. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Трансформатор\\_Тесла](https://ru.wikipedia.org/wiki/Трансформатор_Тесла) (Дата обращения: 31.03.2015)

#### **Основные направления и результаты деятельности молодёжной организации МГГУ им. М.А.Шолохова «Студенческий Центр Ресурсосбережения»**

Панфилов И.А., Ерошенко В.И., Панченко В.А.  
[panfilov-i@mail.ru](mailto:panfilov-i@mail.ru); [ve07@yandex.ru](mailto:ve07@yandex.ru); [pancheska@mail.ru](mailto:pancheska@mail.ru)

#### ***ФГБОУ ВПО "Московский государственный гуманитарный университет имени М.А.Шолохова"***

Стратегической целью государственной энергетической политики в сфере повышения энергетической эффективности является максимально рациональное использование энергетических ресурсов на основе обеспечения заинтересованности их потребителей в энергосбережении, повышении собственной энергетической эффективности и инвестировании в эту сферу [6].

Согласно данным, приведенным в Энергетической стратегии России до 2020 г., потенциал энергосбережения в нашей стране оценивается в 360-430 млн. тонн условного топлива. Около трети этого потенциала сосредоточена в ТЭК, еще треть – в сфере промышленности и строительства, около четверти – в ЖКХ. На долю остальных отраслей экономики приходится около 10% потенциала энергосбережения [1].

Для обеспечения устойчивого процесса повышения эффективности энергопотребления в секторах российской экономики необходимо реализовывать типовые энергосберегающие проекты, активизировать деятельность хозяйствующих

субъектов, проводить акции для населения по популяризации энергосберегающих программ.

В 2009 году был принят Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [2], который затронул и образовательные учреждения. В соответствии с действующим законодательством образовательным учреждениям, как и всем бюджетным организациям Российской Федерации, необходимо снижать энергопотребление на 3% ежегодно.

В первую очередь образовательные учреждения стараются проводить беззатратные или низкзатратные мероприятия, такие как: дополнительная изоляция оконных проемов, регулирование освещения в неиспользуемых помещениях, применение энергосберегающих источников света. В результате таких мероприятий образовательное учреждение получает значительную экономию финансовых средств, которые могут быть вложены во внедрение новых технологических решений, повышающих энергоэффективность зданий и сооружений.

Кроме того, в современных условиях образовательные учреждения способны разрабатывать и использовать собственный научный, технический и управленческий потенциал для решения задач экономии средств [3], экономии ресурсов, являющихся источниками энергогенерации.

В этой связи в ФГБОУ ВПО «Московский государственный гуманитарный университет имени М.А.Шолохова» (МГГУ им.М.А.Шолохова) реализуется проект «Студенческий Центр Ресурсосбережения» (СЦР).

**Целью** проекта является привлечение студентов и школьников к деятельности по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в образовательных учреждениях-участниках проекта.

**Задачи** проекта:

- выявить особенности динамики энергопотребления в МГГУ им.М.А.Шолохова;
- на основе анализа российского и зарубежного опыта энергетической эффективности разработать перечень мероприятий и технических решений, обеспечивающих выполнение мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности не менее чем на 3%;
- просвещение студентов, сотрудников университетов и школ в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности;
- развитие у студентов, сотрудников школ и ВУЗов навыков энергосбережения;
- содействие становлению и развитию энергоэффективного общества за счёт объединения активных молодых людей и воспитания бытовой культуры граждан в сфере энергопотребления.

Студенческий Центр Ресурсосбережения – это открытая волонтерская организация, состоящая из студентов. СЦР является официальным объединением, поддерживаемым администрацией МГГУ им.М.А.Шолохова. СЦР позволяет реализовать поставленные задачи и студенческие инициативы в области энергосбережения, повышения энергоэффективности, а также иные мероприятия, связанные с охраной окружающей среды.

По итогам договоренности, достигнутой между руководством МГГУ им.М.А.Шолохова и СЦР, средства, сэкономленные за счёт внедрения предложенных

СЦР энергосберегающих мероприятий, частично направляются на реализацию других мероприятий такого плана.

В разработанной Концепции деятельности СЦР выделены четыре основных направления работы организации:

1. Мониторинг и контроль энергопотребления;
2. Запуск проектов внедрения технических решений в области снижения энергопотребления и повышения энергоэффективности;
3. Внедрение раздельного сбора отходов;
4. Экопросветительская работа.

В рамках **первого направления** создаётся научная основа для проведения энергосберегающих мероприятий, а именно:

- проводится изучение динамики энергопотребления;
- проводится мониторинг появления новых ресурсосберегающих технологий;
- выполняются дипломные проекты на темы, связанные с энергосбережением и повышением энергоэффективности;

Непосредственно мониторинг и контроль энергопотребления проводят студенческие отряды СЦР. Отряд формируется из членов СЦР по два человека на каждый учебный корпус. В обязанности отряда входит проведение еженедельного контроля в учебном корпусе по следующим позициям:

- 1) фиксирование показателей электросчётчиков;
- 2) выявление незакрытых окон, являющихся причиной теплопотерь, постоянной работы теплосистемы и, как следствие, её износа и выхолаживания помещения;
- 3) выявление не выключенных осветительных приборов и электроприборов, являющихся основными потребителями электроэнергии;
- 4) устранение выявленных нарушений (закрытие окон, выключение электроприборов и т.п.);
- 5) просветительская и разъяснительная работа.

По итогам работы отрядов за 1 год было подсчитано, что с помощью таких простых мер как закрытие окон и выключение электроприборов удалось сократить энергопотери на 15-20%, что особенно значимо в масштабах ВУЗа. Сэкономленные средства были направлены на приобретение технических средств (датчиков движения, реле времени и др.), необходимых для реализации второго направления деятельности СЦР.

**Второе направление** деятельности СЦР связано с внедрением технических решений. Совместно со специалистами были разработаны такие решения и мероприятия, которые можно внедрить с наибольшим потенциалом энерго- и ресурсосбережения. К этим мероприятиям относятся:

- 1) замена люминесцентных ламп на светодиоды;
- 2) установка датчиков движения и присутствия;
- 3) замена вентильных смесителей на бесконтактные;
- 4) установка реле времени;
- 5) внедрение систем энергообеспечения на основе возобновляемых источников энергии.

Это направление является основным в деятельности СЦР, так как от него зависит и основная экономия электроэнергии, и ресурсосбережение. Замена люминесцентных ламп на светодиоды, является главным вкладом в энергосбережение. Помимо более

низкого энергопотребления, светодиоды обладают несравнимой с другими источниками света долговечностью. Это снижает эксплуатационные расходы. Срок службы светодиодов – свыше 50 тыс. часов, в то время, как срок службы энергосберегающей люминесцентной лампы – около 8 тыс. часов. Кроме того, светодиодные лампы работают без мерцания, что намного полезнее для зрения в условиях образовательных учреждений. По оценкам экспертов, переход на светодиодные технологии, даже с учётом роста тарифов, может окупаться за период 4-7 лет [4]. Сравнение некоторых параметров светодиодных и люминесцентных ламп представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Сравнение светодиодных ламп и люминесцентных ламп [5]**

<b>Наименование</b>	<b>Срок службы, ч.</b>	<b>Потребление электроэнергии (при работе 6000 ч.), кВт·ч</b>	<b>Стоимость электроэнергии при работе 6000 ч. (при тарифе 1 кВт·ч=3,15 руб.), руб</b>
Светодиодная лампа, 6 Вт, цена 2100 руб.	50,000	36	113,4
Люминесцентная лампа, 24 Вт, цена 850 руб.	8,000	138	453,6

Проведя расчёты для МГГУ им.М.А.Шолохова, нами было обосновано, что замена светильников с люминесцентными лампами на светильники со светодиодными лампами – долгосрочное и крупнозатратное мероприятие, которое, однако, является эффективной мерой по снижению энергопотребления (таблица 2).

**Таблица 2. Потенциал энергосбережения и оценка возможной экономии энергетических ресурсов для светодиодных светильников [5]**

<b>Наименование</b>	<b>Годовая экономия энерг. ресурсов, тыс. кВт·ч</b>	<b>В стоимостном выражении (тыс.руб.)</b>	<b>Затраты, тыс.руб.</b>	<b>Средний срок окупаемости (план), лет</b>
Замена светильников с люминесцентными лампами на светильники со светодиодными лампами	167,4	1159,2	5400	4,66

Наибольший эффект использования светодиодных ламп проявляется в паре с системой автоматического контроля освещения. В некоторых помещениях свет используется непостоянно. Это коридоры, лестницы, туалетные комнаты, холлы. В таких помещениях целесообразно применять системы автоматического контроля освещения, которые автоматически выключают осветительные и другие электроприборы, пока они не используются, а также регулируют освещенность различных помещений.

Основным назначением датчиков движения является автоматическое включение или отключение освещения в определенном месте при появлении в зоне чувствительности датчика движущихся объектов.

Нами был проведён эксперимент с использованием светодиодных светильников и датчика движения в мало прохожем коридоре. Были установлены три светодиодных светильника по 6 Вт и один датчик движения на коридор, и с промежутком в 7 дней замерялись показания с помощью счётчика, установленного в разрыв. В среднем за 7 дней работы расход электроэнергии 3-х светильников и датчика движения составил 0,5 кВт·ч, что свидетельствует о значительном потенциале энергосбережения, если при использовании светодиодных панелей совместно с ними будут установлены и датчики движения.

Реле с таймером позволяет установить время выключения света в течение суток. Данное устройство актуально для мультимедийных аудиторий и помещений с использованием большого количества электронных устройств. Выставив таймер на заданное время, подача электроэнергии прекратится, тем самым не дав работать электроприборам, которые забыли выключить.

СЦР уделяет большое внимание разработкам в области возобновляемых источников энергии и возможности внедрения этих технологий в систему энергообеспечения ВУЗа. В рамках деятельности СЦР в феврале 2015 г. совместно с лабораторией солнечных фотоэлектрических модулей Всероссийского института электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ) были начаты работы по проекту «Солнечная аудитория». Цель проекта: создать с помощью солнечных модулей автономно-параллельную систему энергообеспечения аудитории № 210 учебного корпуса «Люблино» МГГУ им.М.А.Шолохова.

Задачи проекта:

1. Ознакомиться с СанПИНами и ГОСТами в сфере гигиенических требований к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий;
2. Создать систему мониторинга солнечной освещённости на территории учебного корпуса «Люблино» МГГУ им. М.А.Шолохова;
3. Разработать проект использования энергии солнца и ветра (дополнительно, по мере необходимости) для энергообеспечения учебной аудитории № 210;
4. Дополнить электросистему преобразователями возобновляемых источников энергии, обеспечив их параллельную работу с электросетью;
5. Реализовать проект использования энергии солнца и ветра для энергообеспечения учебной аудитории № 210 и определить его экономическую эффективность.

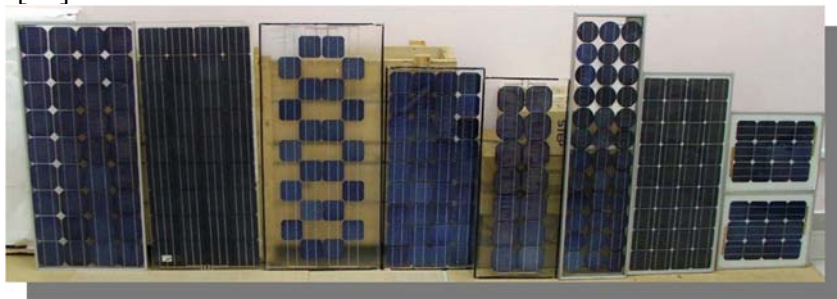
Достижения современной науки и практики позволяют обеспечить гарантированное энергоснабжение и освещение в любой климатической зоне за счёт комплексных решений – солнечных батарей со сроком службы 40-50 лет (у импортных аналогов 25 лет) и их параллельной работы с электросетью с помощью блока бесперебойного питания. Однако опыт реализации таких проектов недостаточно распространён в нашей стране, а в российских ВУЗах почти отсутствует.

Стационарные солнечные модули, которые планируется использовать в проекте, изготовлены по технологии капсулирования (содержат низкомодульный полисилоксановый двухкомпонентный компаунд, рисунок 1 слева и посередине);

размеры модуля составляют около 1200 мм х 560 мм (для 36 элементов 125 мм х 125 мм).

В рамках проекта будут использоваться солнечные модули, изготовленные в ВИЭСХ. В этом институте уже несколько десятилетий разрабатываются, изготавливаются и исследуются солнечные фотоэлектрические модули как небольшой мощности (до 100 Вт), так и более мощные модули (более 100 Вт) с применением одно- и двусторонних солнечных элементов. Модули выполнены из солнечных элементов различной формы (псевдоквадрат, квадрат и круг) и размеров (100 мм и 125 мм). Необычная компоновка солнечных элементов позволяет создавать различные орнаменты, что вносит индивидуальность в архитектурные решения (крылья, навес и т.д.). Наряду с закалёнными стёклами с малым содержанием железа, используются также специальные закалённые стёкла с уменьшенным коэффициентом отражения и поглощения, что позволяет увеличить выходную мощность, уменьшив оптические потери.

В конструкции модулей применяется не обычный низкомолекулярный силиконовый каучуковый наполнитель или пленка на основе сополимера этилена с винилацетатом, а низкомолекулярный полисилоксановый двухкомпонентный компаунд [8,9], благодаря которому повышаются свето-, термо- и электроизоляционные свойства солнечного модуля; увеличиваются его выходные электрические параметры и срок номинальной мощности в 2 раза (с 20 до 40 - 50 лет). Также следует отметить высокую адгезию полисилоксанового компаунда к фотоэлектрическим элементам, стеклу и большинству других материалов; исключение коррозионного воздействия на фотоэлектрические элементы; возможность применения модулей в системах с концентраторами солнечного излучения и экологическую безопасность применения [10].



**Рисунок1. Солнечные модули, изготавливаемые в ВИЭСХ**

Планируемые результаты реализации проекта СЦР «Солнечная аудитория»:

- автономно-параллельное электрообеспечение (светодиодное освещение и дополнительно электроприборы) аудитории № 210;
- высокая электроэффективность аудитории № 210 за счёт использования светодиодного освещения;
- электрообеспечение аудитории с помощью преобразователей возобновляемых источников энергии;
- отдача вырабатываемой электроэнергии в сеть ВУЗа во время отсутствия электропотребления в аудитории № 210;
- параллельное подключение к уже существующей сети;
- возможность увеличения мощности за счёт наращивания числа солнечных модулей и ветрогенераторов (масштабируемость, модульность);
- использование солнечных модулей с увеличенным сроком службы.



Также СЦР реализует современные технологии в области водосбережения - активистами СЦР разработан план по внедрению бесконтактных смесителей. Он включается на несколько секунд только тогда, когда в поле действия фотоэлемента (сенсора) попадает объект (руки, стакан, ведро, тряпка и др.), то есть вода льется только по потребностям человека - вы не забудете закрыть кран, если отвлеклись, а значит это экономия. Данные смесители для умывальников рациональны: если отсутствует непосредственный контакт с прибором – нет микробов, а вода не течёт, когда не нужно

Стандартный смеситель при давлении воды в 3 атмосферы расходует примерно 12 литров воды в минуту. Заменяв вентильный смеситель бесконтактным, можно получить расход воды 7,5 и даже 3 литра в минуту при том же давлении. При большом потоке людей это позволит значительно снизить расход воды для мытья рук (в 2-2,5 раза) и сэкономить до 40% воды.

**Третьим направлением** деятельности СЦР является введение в работу раздельного сбора отходов. На сегодняшний день в России не существует эффективно действующей системы раздельного сбора бытовых отходов. Однако организовать раздельный сбор мусора вполне возможно и самостоятельно. В Москве достаточно компаний, принимающих вторичное сырьё. В рамках СЦР, было принято решение продвигать данную идею в ВУЗе как замену традиционному сбору мусора.

Это направление является самым трудно реализуемым, так как в большей степени зависит от руководства ВУЗа. Для реализации планируется установить контейнеры для двух различных типов отходов: бумаги и пластика – самых распространённых отходов в высших учебных заведениях. На данный момент уже установлены контейнеры для сбора батареек во всех корпусах университета, а это 6 пунктов приёма. Отдельный сбор батареек является важным направлением ресурсосберегающей работы, обеспечивает существенный вклад в охрану окружающей среды.

**Четвёртым направлением** деятельности СЦР является экопросветительская работа. Данное направление очень важно, так как без него нельзя создать энергоэффективное мышление. Образовательные мероприятия, такие как лекции, тренинги и экскурсии направлены на экологизацию общества и является неотъемлемой его частью. Надо отметить, что к открытым лекциям, связанным с энергосбережением, планируется привлекать не только студентов, но и администрацию ВУЗа.

На начальном этапе нами был разработан дизайн-макет вспомогательного знака безопасности (рисунок 2). Знак представляет собой объявление с изображением логотипа СЦР, напоминающее о необходимости выключения освещения и электроприборов. Согласно нашим расчётам, размещение данного знака в каждой аудитории и кабинете корпусов университета позволит сэкономить около 3% электроэнергии.



**Рисунок 2. Дизайн-макет вспомогательного знака безопасности.**

Неотъемлемой частью проекта СЦР является проведение различных акций. Примером может служить сбор макулатуры [7]. Идеология мероприятия заключается в том, чтобы в соревновательной форме привлечь студентов к социально-значимой работе, направленной на сохранение лесов России и на очищение нашего города от бумажного мусора. Денежные средства от проведенных акций были потрачены на приобретение и установку систем автоматического контроля освещения, необходимых для реализации главного направления центра.

Результатом деятельности Студенческого Центра Ресурсосбережения совместно с внедрением технических энергосберегающих решений в электрических сетях инфраструктуры университета, проводимых административно-хозяйственными службами, стало снижение расходов на энергоснабжение (включая расходы на водоснабжение) в среднем на 3% в год. Регулярное проведение акций – сбор макулатуры, сбор батареек, расклейка вспомогательных знаков безопасности, проведение лекций – позволило привлечь внимание студентов, преподавателей, администрации университета к проблемам, являющимся предметом работы СЦР.

Таким образом, деятельность СЦР выходит за рамки исключительно энергосбережения и повышения энергоэффективности, обеспечивая комплексный подход, необходимый в ресурсосбережении и охране окружающей среды.

Проблема снижения энергопотребления и повышения энергоэффективности является комплексной и требует для своего решения:

- научно обоснованных расчётов;
- знаний о традиционных и современных технических решениях, способах и мероприятиях, позволяющих повысить энергоэффективность;
- особых компетенций каждого гражданина в области энергосбережения.

Образовательные (и иные бюджетные) учреждения должны выполнять требования ФЗ № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и снижать энергопотребление на 3% ежегодно. Однако сложившийся порядок энергопотребления организациям менять сложно, в том числе, из-за нехватки и перегруженности персонала, а также сложности изыскания дополнительных денежных средств.

В то же время ряд мероприятий, обеспечивающих снижение энергопотребления и повышение энергоэффективности, являются несложными и, как свидетельствует опыт Студенческого Центра Ресурсосбережения МГГУ им.М.А.Шолохова, могут быть с успехом выполнены силами самих студентов.

**Научно-практическая значимость проекта «Студенческий Центр Ресурсосбережения» отражена в следующих положениях:**

1. В перечне мероприятий, позволяющих обеспечить снижение энергопотребления не менее чем на 3% в год, и при этом являющихся беззатратными (никозатратными), куда входят:

- установка совместно со светодиодными панелями датчиков движения, выключающих свет при отсутствии людей;
- установка суточно-недельных таймеров;
- создание с помощью солнечных модулей автономно-параллельной системы электрообеспечения аудитории № 210 учебного корпуса «Люблино» МГГУ им. М.А.Шолохова.

2. Деятельность СЦР обеспечивает комплексный подход к решению проблем ресурсосбережения, энергосбережения, повышения энергоэффективности и охраны окружающей среды.

3. Активистами СЦР ведётся просветительская работа среди студентов, школьников, а также сотрудников университетов и школ: проводятся конференции, акции, тематические «круглые столы» и т.п., что способствует:

- развитию личностных компетенций молодежи в сфере энергосбережения и энергоэффективности;
- развитию навыков энергосбережения у студентов и сотрудников университета;
- воспитания бытовой культуры граждан в сфере энергопотребления.

В конечном счёте, просветительская деятельность СЦР вносит вклад в становление и развитие энергоэффективного общества.

4. Студенческий Центр Ресурсосбережения является формой объединения активных молодых людей, которые в процессе работы сами получают опыт реализации проектов, инициатив, общекультурные и профессиональные компетенции, связанные с научной, образовательной, экспертной и управленческой деятельностью.

**Список литературы:**

2. Башмаков И.А. Потенциал энергосбережения в России // Энергобережение. 2009. – №1. – С. 28-36.
3. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ. Электронный ресурс. URL: <http://graph.document.kremlin.ru/page.aspx?1034497>. (Дата обращения: 14.10.2014г.)
4. Нурахов Нуржан. От простого – к сложному // Российская Газета. – 2013. – С. 4-6.
5. Чупров Владимир. Как сделать офис зелёным. Рекомендации Гринпис России. 2010. – С. 10-11.
6. Энергетический паспорт Московского государственного гуманитарного университета им. М.А.Шолохова. – М., 2012.
7. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Электронный ресурс. URL: <http://minenergo.gov.ru/aboutminen/energostategy/> (Дата обращения: 25.03.2015г.)
8. Панфилов И. Проект «Студенческое ресурсосбережение» в действии. Электронный ресурс. URL: <http://mggu-sh.ru/eco/news/26-03-14/proekt-studencheskoe-resursosberezhenie-v-deystvii>. (Дата обращения: 30.03.2015г.)

9. Патент РФ № 2284075. МПК H01L31/042. Солнечный фотоэлектрический модуль и способ его изготовления / Персиц И.С., Потапов В.Н., Стребков Д.С., Чехунина Г.С.. Заявка: 2005117015/28, 03.06.2005, опубликовано: 20.09.2006.
10. Патент РФ № 2431786. МПК F24J2/00 F24J2/05 F24J2/46. Солнечный фотоэлектрический модуль и способ его изготовления / Персиц И.С., Стребков Д.С., Чехунина Г.С., Чирков А.В., Поулук В.. Заявка: 2010108966/06, 11.03.2010, опубликовано: 20.10.2011.
11. Эффективные технологии энергообеспечения с использованием возобновляемой энергетики. Перспективные энергосберегающие технологии сельскохозяйственного производства. Инновационные проекты ГНУ ВИЭСХ. Москва: ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии, 2012. С. 12 – 13.

### **Летняя школа «Москва: путь в зеленое будущее»**

Рисухина Д.А.

*risukhina\_d@mail.ru*

*Научный руководитель: кандидат педагогических наук, Ерошенко В.И., кандидат биологических наук, доцент, Минькова Н.О., МГТУ им.М.А.Шолохова*

В мире и в России происходит перестройка экономики. Жёсткие условия глобального экологического кризиса, необходимость его преодоления предполагают включение экологических критериев в качестве обязательных и приоритетных для всех отраслей человеческой деятельности. В различных отраслях появляются специалисты, занимающиеся вопросами экологии: снижением вредных выбросов, утилизацией и вторичной переработкой отходов, использованием материалов и технических решений, наносящих меньший вред окружающей среде, разумным использованием ресурсов, а также восстановлением экосистем от вреда, нанесенного людьми [1].

Основной задачей человеческого общества на ближайшие годы является развитие экологического сознания и распространение лучших экологических технологий. Вдвойне актуальной эта задача является в городах, особенно крупных, поскольку в них экологическим проблемам и рискам подвержено большое количество людей сразу. В начале XXI века в городах России обострились следующие проблемы:

- необходимость обеспечения растущих потребностей города в электроэнергии;
- изменение климата, особенно заметное в городах;
- увеличение количества бытовых и промышленных отходов;
- загрязнение атмосферного воздуха, поверхностных вод и др.

Для решения экологических проблем городов необходимы квалифицированные специалисты, подготовка которых осуществляется системой образования. В последние годы высшее образование в России становится многоступенчатым (бакалавриат, магистратура, аспирантура). При этом переход на каждую последующую ступень дает возможность не только дальнейшей специализации выпускника, но и выбора им другого направления подготовки. В связи с этим

актуализируются вопросы профессионального самоопределения выпускников особенно первой ступени.

Выпускники-бакалавры, желающие продолжить обучение в магистратуре, сталкиваются со следующими трудностями:

- большой выбор магистерских программ;
- недостаточность опыта профессиональной деятельности;
- неуверенность в выборе траектории профессионального развития.

В связи с этим факультет экологии и естественных наук совместно с Институтом перспективных гуманитарных исследований и технологий МГГУ им.М.А.Шолохова (ИПГИТ) выступили с инициативой организовать и провести выездную Летнюю школу «Москва: путь в зеленое будущее» (далее ЛШ) на базе ИПГИТ в Московской области.

Основной **целевой аудиторией** ЛШ являются выпускники-бакалавры и студенты старших курсов, планирующие свою профессиональную деятельность в экологической сфере.

**Целью** образовательного проекта является содействие профессиональному самоопределению и развитию профессиональных компетенций будущих экологов.

**Задачи** проекта заключаются в создании условий для:

- 1) профессионального самоопределения участников ЛШ;
- 2) получения профессионального опыта экологической деятельности;
- 3) конструктивного диалога между экспертами и слушателями ЛШ.

Реализация проекта планируется в течении 4 месяцев – с мая по август 2015 года - и включает несколько этапов:

1. Подготовительный этап включает в себя: составлении образовательной программы, договоренности с лекторами и экскурсионными площадками, формирование группы слушателей, организации проезда, проживания и питания участников ЛШ.

2. Этап реализации проекта. Заключается в проведении ЛШ согласно программе во второй половине июля (таб.1).

3. Заключительный этап. Включает в анализ проделанной работы, освещение итогов ЛШ и обсуждение перспектив развития проекта.

**Таблица 1. Примерная программа мероприятий  
Летней школы «Москва: путь в зеленое будущее»**

Дата	Время	Мероприятие
1 день	12.00 – 23.00	Встреча и размещение гостей
		Регистрация участников ЛШ
2 день	10.00 – 15.00	Экскурсия в Росгидромет
	16.00 – 19.00	Савченко Александр Борисович, заместитель директора по социально-экономическим вопросам ГУП «НИиПИ Генплана Москвы». <b>Тема:</b> Стратегическое планирование на примере мегаполиса Москва. // Гужов Станислав Александрович, Начальник отдела экономико-финансовых расчётов и методик принятия решений, ГУП «НИиПИ Генплана Москвы» <b>Тема:</b> Формирование плана реализации городских проектных решений.

3 день	10.00 – 15.00	АО «Мосводоканал» - «Обеспечение качества воды»
	16.00 – 19.00	Титова Кристина Геннадьевна, руководитель службы по связям с общественностью и СМИ Департамента топливно-энергетического хозяйства города Москвы. <b>Тема:</b> Москва – город удобный для жизни // Бедрицкий Александр Иванович, Советник Президента Российской Федерации по вопросам климата. <b>Тема:</b> Климатические проблемы мегаполисов.
4 день	10.00 – 15.00	Экскурсия в Музей землеведения МГУ им. М.В. Ломоносова
	16.00 – 19.00	Кокорина Марина, руководитель Зеленого движения России ЭКА. <b>Тема:</b> Молодежные инициативы и изменение облика современного города // Антонов Михаил, руководитель креативной группы МосЭко/РосЭко. <b>Тема:</b> Продвижение идей экологических технологий в СМИ.
5 день	10.00 – 15.00	Экскурсия в Московский объединенный художественный историко-архитектурный и природно-ландшафтный музей-заповедник, Территория «Коломенское»
	16.00 – 19.00	Панченко Владимир Анатольевич, к.т.н, руководитель лаборатории Солнечных фотоэлектрических модулей с экспериментально-технологическим участком, ВИЭСХ. <b>Тема:</b> Солнечная энергетика и ее использование. // Черненко Т.В., доктор биологических наук. <b>Тема:</b> «ГИС-технологии в оценке городской среды с помощью биологических объектов».
6 день	10.00 – 15.00	Экскурсия в Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН. Костина М.В., доктор биологических наук. <b>Тема:</b> «Инвазионные древесные растения в мегаполисе: война или мир?»
	16.00 – 17.30	Степанов А.М., доктор физико-математических наук, профессор. <b>Тема:</b> "Системы расселения людей в городах: проблемы и перспективы".
	18.00 – 19.00	Подведение итогов ЛШ Вручение сертификатов
7 день	9.00 – 14.00	Отъезд участников

Успешная реализация проекта способствует:

Развитию профессиональных компетенций, а именно: способность формулировать проблемы, задачи и методы научного исследования; получать новые достоверные факты на основе наблюдений, опытов, научного анализа эмпирических данных; формулировать выводы и практические рекомендации на основе репрезентативных и оригинальных результатов исследований; способность творчески использовать в научной и производственно-технологической деятельности знания фундаментальных и прикладных дисциплин; способность использовать современные методы обработки и интерпретации экологической информации и др. [2].

Дальнейшему профессиональному самоопределению выпускников-бакалавров. Формированию экологического сознания. Приобретению опыта профессиональной деятельности. Участие в выездной ЛШ – отличная возможность обсудить проблемы современных городов с коллегами и экспертами в этой области, также возможность общения с потенциальными работодателями в неофициальной обстановке. Анализируя перспективы реализации данного проекта, следует отметить, что существуют возможные риски, связанные с формированием группы слушателей и установлением итоговой стоимости. В то же время на факультете экологии и естественных наук МГГУ им. М.А. Шолохова имеется многолетний опыт успешной реализации подобных мероприятий. Примерами служат Летняя научно-образовательная школа «Жить в согласии с природой» для учащихся 5-10 классов и Школа экологической журналистики «Глобальная деревня» для студентов первых курсов ВУЗа [3,4].

#### **Расчет стоимости проекта Летней школы «Москва: путь в зеленое будущее»:**

Методика расчета нормативной стоимости семинара:

**Скр.с. = БСучастника \* Кп \* Дп \* Уп \* Чп = 500 \* 1,2 \* 1,5 \* 3,4 \* 4 \* 25 = 306 000 руб.**

Где, Скр.с. – стоимость круглого стола, руб.

**БСучастника** – базовая стоимость на одного участника, утверждается Департаментом образования города Москвы ежегодно, руб.

**Кп** – коэффициент вида мероприятия

**Дп** – коэффициент аренды

**Уп** – коэффициент длительности мероприятия

**Чп** – коэффициент уровня мероприятия

В расчет нормативной стоимости входит: формирование

- программы обеспечение аудитории оборудованием
- приглашение и формирование состава участников
- подготовка и тиражирование раздаточных материалов
- подготовка фото (видео) материалов размещение информации на сайте
- подготовка и выдача документов о завершении обучения
- подготовка аналитического отчета о мероприятии [4]

Стоимость проживания участников 1000 руб./сут. за 1 человека.

$7 * 25 * 1000 = 175\ 000$  руб.

**Итоговая стоимость: 481 000 руб.**

#### **Список литературы:**

1. Атлас новых профессий. – Агентство стратегических инициатив. Первая редакция. Москва. 2014. Электронный ресурс URL: [http://www.skolkovo.ru/public/media/documents/research/sedec/SKOLKOVO\\_SEDeC\\_Atlas.pdf](http://www.skolkovo.ru/public/media/documents/research/sedec/SKOLKOVO_SEDeC_Atlas.pdf) (Дата обращения 25.03.2015)
2. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 29 марта 2010 года N 243 «Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 022000 Экология и природопользование (квалификация (степень) "магистр")». Электронный ресурс URL: [http://www.rgsu.net/netcat\\_files/File/fgos/ekologiya\\_i\\_prirodopolzovanie\\_m\\_fgos.pdf](http://www.rgsu.net/netcat_files/File/fgos/ekologiya_i_prirodopolzovanie_m_fgos.pdf) (Дата обращения 28.03.2015)

3. Рисухина Д.А. Летняя школа «Жить в согласии с природой» в свете идеи непрерывного экологического образования. // Сборник трудов VIII международной научно-практической конференции учащихся и студентов 2ч. под. редакцией Ю. А. Романенко, Н.А. Анисинкиной, О.А. Солошенко. – Протвино. Управление образования и науки, 06-07 февраля 2015. Ч 2:Сборник трудов/ – 571-573с.
4. Рисухина Д.А. Школа экологической журналистики «Глобальная деревня» как технология формирования профессиональных компетенций будущих экологов и журналистов» // Сборник трудов VII международной научно-практической конференции учащихся и студентов 2ч. под. редакцией Ю. А. Романенко, Н.А. Анисинкиной, Е.С. Куракина, О.А. Солошенко. – Протвино. Управление образования и науки, 07-08 февраля 2014. Ч 2:Сборник трудов/ – 730-732с.
5. Приложение к приказу Департамента образования города Москвы от «31» октября 2012 г. №700 // Методические рекомендации по расчету стоимости государственных работ в системе Департамента образования города Москвы. Электронный ресурс URL: [https://subsidy.mesi.ru/content/uploads/files/pr1\\_pr\\_do\\_700\\_31\\_10\\_2012\\_r12.pdf](https://subsidy.mesi.ru/content/uploads/files/pr1_pr_do_700_31_10_2012_r12.pdf) (Дата обращения 27.03.2015)

### **Торговый автомат с канцелярией**

Савицкий Д. Е., Жданова В. В., Полянская Е. В., Габидуллина Д. Х., Болгова Д. Л.  
da-ria-chan@mail.ru

#### ***Национальный исследовательский томский политехнический университет***

Канцелярские товары – главная потребность любого студента, школьника, офисного работника, преподавателя. В процессе обучения или работы часто возникает потребность в приобретении канцелярии. За неимением возможности покинуть учебное (рабочее) место, проблема срочного приобретения канцелярских товаров остается открытой.

В некоторых учебных корпусах Томского Политехнического университета размещены киоски с канцелярскими товарами, но они не являются практичным решением данной проблемы: киоски занимают много места, не вписываются в общую концепцию учебных корпусов (учебный корпус не является местом для торговли), киоск считается затратным экономически хотя бы потому, что необходимо выплачивать заработанную плату продавцу, также время работы киоска ограничено, а учебные занятия длятся до позднего вечера.

Как показывает практика, торговые автоматы с едой, расположенные в учебных корпусах, оказываются очень удобными. В любое время можно приобрести плитку шоколада или бутылку воды, не выходя из здания корпуса.

Торговые автоматы, оснащённые самой ходовой канцелярией, очень актуальны в учебных заведениях. Современным студентам и преподавателям требуется возможность за короткое время приобрести необходимые канцелярские товары.

Принцип работы торгового автомата с канцелярией аналогичен принципу работы торгового автомата с едой. Независимо от назначения и свойств продаваемой



продукции торговые автоматы имеют следующие узлы и механизмы: корпус, емкость для хранения товара, выдающие устройства, монетный (жетонный) механизм, устройство для поддержания заданных температурных режимов и давления, электрооборудование и элементы автоматики, вспомогательное оборудование.

Корпус автоматов, как правило, выполнен в виде шкафа с дверью, имеющей соответствующие запорные устройства и все необходимые конструктивные элементы, обеспечивающие функциональные связи автомата и покупателя.

Емкость для хранения товаров (загрузочное устройство) в зависимости от вида продукта может иметь конструкцию бункера, полок, ячеек, шкафа с транспортерной лентой, кассеты или секции.

Выдающие устройства обеспечивают выдачу покупателю установленной дозы или порции продукта. В автоматах для продажи жидких товаров это, как правило, конструктивно оформленный клапан; для продажи штучных товаров - различного рода толкатели, движущиеся ленты, вращающиеся диски или барабаны, перемещающиеся кассеты.

Монетный (жетонный) механизм - одно из главных устройств автомата, обеспечивающее контроль опускаемых в автомат монет или жетонов и подающее сигнал его исполнительным органам.

Устройство для поддержания заданных температурных режимов и давления представляет собой соответственно изотермические шкафы с регулируемым охлаждением или подогревом; компрессоры или баллоны со сжатым газом.

Электрооборудование и элементы автоматики обеспечивают работу торговых автоматов в требуемом режиме и их отключение в случае нарушения этих режимов. В зависимости от класса, к которому принадлежит автомат, от его функциональных особенностей состав и характер электрооборудования могут меняться в широких пределах.

Вспомогательное оборудование функционально дополняет работу основных узлов автомата: выдает тару в нишу выдачи продукции; подавляет радиопомехи, создаваемые автоматом; обеспечивает подсвечивание рекламных и сигнальных устройств; ведет учет количества проданной продукции и др.

Схема универсального торгового автомата представлена на рисунке 1.

Принцип действия автомата основан на вертикальном шаговом перемещении рабочей кассеты с товаром с помощью цепного элеватора, приводимого в движение электродвигателем с редуктором и управляемого программным механизмом. После выдачи товара из первой нижней ячейки кассеты шторка вновь опускается и микропереключатели замыкают электроцепь двигателя привода элеватора, который при движении сверху вниз подводит к окну выдачи следующую ячейку с товаром. Движение элеватора осуществляется только после опускания шторки.

Автоматы представляют собой два сдвоенных шкафа с передними и задними дверями. Каждый шкаф снабжен монтажным щитом, на котором смонтированы механизм для жетонов (монет) и устройство для их возврата. Здесь же установлены: блоки цен продаваемой продукции и управления автоматом; фильтр подавления радиопомех; касса и полка для подносов.

На передней двери шкафа расположен блок выдачи продукции. Этот блок снабжен тремя шторками и витринами, позволяющими видеть в каждой секции шесть очередных порций кулинарной продукции. Предусмотрены подсветка витрины и индикаторные лампы с указанием цен товара. Для удобства обслуживания ниже

блока выдачи прикреплена полочка. Шторка открывается (поднимается) только после оплаты продукта.

Внутри шкафа размещена изотермическая камера, в которой находятся три секции с цепными элеваторами, снабженные подхватывающими каретками для перемещения кассеты с продуктом. Секции установлены на специальных рельсах, на которые они опираются роликами.

Каждая секция имеет индивидуальный привод, состоящий из электродвигателя и червячного редуктора, соединенных муфтой. Передача движения от привода к цепным элеваторам производится с помощью втулочно-роликовой цепи, натяжение которой осуществляется звездочками.

### **Изучение фундаментальных свойств веществ методами спектроскопии высокого разрешения**

Федин С.В.

Fedins.pochta@gmail.com

***Научный руководитель: НИР доктор физ.-мат. наук, проф. О.Н. Уленев***

Широко известно, что информацию о многих свойствах вещества на молекулярном и атомарном уровнях можно получить, проведя анализ спектра его взаимодействия с излучением. Это, в свою очередь, позволяет создавать модели его поведения в тех или иных условиях, выявлять его физические, химические свойства без непосредственного взаимодействия с ним.

В связи с развитием и внедрением в технику эксперимента лазерных и Фурье-спектрометров увеличился поток высокоточной спектроскопической информации, что позволяет детальнее изучать физические процессы, происходящие в молекуле. Это приводит к появлению ряда проблем и вопросов, связанных с анализом спектров. Разрешением этих проблем, а также систематизацией изученных спектров и составлением их каталогов, организацией на их основе банков спектроскопической информации и занимается данная отрасль науки.

В долгосрочной перспективе, область применимости результатов данной научной работы очень широка: решение задач астрофизики, физики полупроводников, изучение природы химических связей элементов, создание новых и улучшение существующих материалов с заданными свойствами, создание уникальных приборов и методик измерения в других областях науки, а также решение ряда других, как научных, так и технических проблем.

Естественно, что для работы в этом направлении главными требованиями являются владение математическим аппаратом и наличие значительных теоретических знаний в области квантовой механики как в широком (волновое уравнение Шредингера), так и в более узком смысле (симметрия и её применение к задачам колебательно-вращательной спектроскопии молекул).

Таким образом, научным руководителем на начальном этапе были поставлены цели: получение базовых знаний и развитие соответствующего мышления у студентов.

Для достижения поставленных целей был обозначен список литературы, включающий в себя учебники, научные пособия и статьи по данной тематике, изучив

которые студенты смогли бы приступить к непосредственному анализу спектра, предоставленного сторонними источниками на базе лаборатории Томского Государственного Университета, используя предоставленное программное обеспечение.

### 1. Спектроскопический анализ на примере $3\nu_1$ линии диоксида серы.

На первом этапе решается, какую область спектра необходимо исследовать.

Диоксид серы является важным химическим соединением во многих областях таких как химия, астрофизика, атмосферная оптика, лазерная техника. Спектроскопические исследования молекулы двуокиси серы проводились в течение многих лет в микроволновой, субмиллиметровой и инфракрасной областях. Здесь мы приведем анализ с очень высоким разрешением спектральной области  $3340\text{--}3520\text{ см}^{-1}$ .

#### Детали эксперимента

Затем, необходимо получить спектрометрические данные. Поскольку в Томске нет оборудования для того, чтобы снять спектры требуемого разрешения, данные берутся из специальных каталогов, выложенных в сеть Интернет.

Экспериментальные измерения были проведены в ИК-лаборатории Оулу (Финляндия) с использованием Фурье-спектрометра Bruker IFS-120HR. Образец  $\text{SO}_2$ , полученный от Sigma-Aldrich Inc. с чистотой 99,9%, был использован при давлении 630 Па. Длина пути поглощения 154 м. Для ограничения региона волновых чисел между 3000 и 4000  $\text{см}^{-1}$  используются оптические полосовые фильтры. Общее время регистрации составило 85 ч.

#### Анализ и результаты

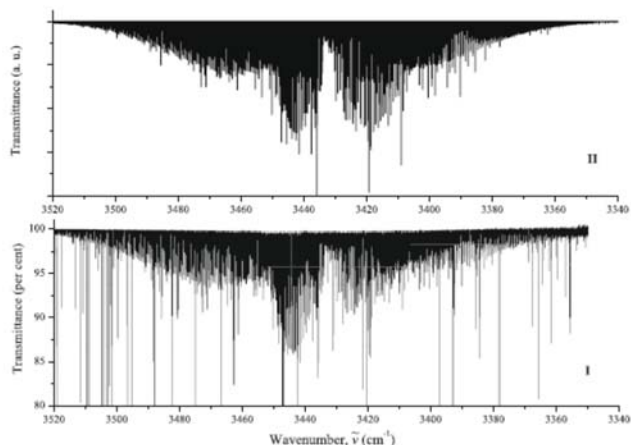


Рисунок 3 - Обзор  $3\nu_1$  линии спектра молекулы  $\text{SO}_2$ .

Следующим шагом строится гамильтониан.

Молекула  $\text{SO}_2$  является асимметричной сверху, т.е. вытянутой симметрично к верхнему пределу. Молекула является относительно тяжелой, и, несмотря на небольшую величину разности между вращательными постоянными, центробежный параметр искажения невелик. Ферми или взаимодействие Кориолиса так же должны быть приняты во внимание при анализе с высоким разрешением спектра диоксида серы.

Поэтому, используем в анализе модель колебательно-вращательного Гамильтона, которая учитывает оба типа этих взаимодействий:

$$H^{vib.-rot} = \sum_{v,\bar{v}} |v\rangle \langle \bar{v}| H^{v\bar{v}},$$

Спектр импортируется в специальное программное обеспечение, которое анализирует его и выводит выявленные данные, применив определенные, заложенные в него шаблоны (т.н. расческу). Так же, вводятся значения параметров, найденные в каталогах или полученные расчетным путем, необходимые для решения. В итоге, на выводе имеем таблицу, сокращенный вид которой изображен на Рис. 4

$J$	$K_a$	$K_c$	$E$	$\Delta$	$\delta$	$J$	$K_a$	$K_c$	$E$	$\Delta$	$\delta$	$J$	$K_a$	$K_c$	$E$	$\Delta$	$\delta$
1			2	3	4	1			2	3	4	1			2	3	4
1	1	1	3434.60712	17	-28	11	1	11	3473.67250	15	-14	15	9	7	3646.23618	9	7
2	0	2	3434.17186	16	-25	11	2	10	3480.51733	27	2	15	10	6	3678.54704	3	-9
2	1	1	3435.96397	13	-22	11	3	9	3489.29655	8	-11	15	11	5	3714.18903	7	-7
2	2	0	3441.03765		-22	11	4	8	3501.27139	4	-1	15	12	4	3753.14054	6	2
3	1	3	3437.62478	26	21	11	5	7	3516.66809	9	9	15	13	3	3795.37833	9	-11
3	2	2	3442.92220	20	-17	11	6	6	3535.47974	5	10	15	14	2	3840.87847	15	-4
3	3	1	3451.48839	37	-18	11	7	5	3557.69014	11	13	15	15	1	3889.61481	10	-17
4	0	4	3438.55645	11	3	11	8	4	3583.28355	18	9	16	0	16	3515.22593	3	15
4	1	3	3440.53532	5	-9	11	9	3	3612.24345	19	-3	16	1	15	3521.84926	4	-16
4	2	2	3445.45181	29	-8	11	10	2	3644.55243	21	26	16	2	14	3526.60669	10	-0
4	3	1	3454.01485	10	-18	11	11	1	3680.19024	21	16	3	13	13	3533.83037	9	-4
4	4	0	3466.01135	14	-3	12	0	12	3480.33896	8	3	16	4	12	3545.45772	28	-6
5	1	5	3443.04988	20	1	12	1	11	3484.66828	3	-6	16	5	11	3560.78321	29	13

Рисунок 4 - Пример файла вывода

После чего, проводится дальнейший анализ полученных данных и строятся выводы, который затем в свою очередь становятся частью спектроскопических каталогов.

Поскольку в большинстве своем анализ имеет строго определенный алгоритм выполнения и каждый последующий его этап жестко связан с предыдущим, вероятность ошибки в конечном итоге сводится к минимуму, что позволяет выполнять подобную работу студентам, прошедшим требуемую подготовку [6].

#### Список литература:

1. Давыдов А.С. Квантовая механика // А.С. Давыдов – Москва «Наука», 1973. С. 8 – 124;
2. Соколов А.А. Квантовая механика // А.А. Соколов, И.М. Тернов, В.Ч. Жуковский – Москва «Наука», 1979. С. 8 – 143;
3. Спектроскопические методы исследования органических веществ [электронный ресурс] // ХиМиК сайт о химии. URL: <http://www.xumuk.ru/organika/395.html>
4. Исследование спектров высокого разрешения молекул типа симметричного волчка на примере арсина и фосфина [электронный ресурс] // Научная библиотека диссертаций и авторефератов disserCat. URL: <http://www.dissercat.com/content/issledovanie-spektrov-vysokogo-razresheniya-molekul-tipa-simmetrichnogo-volchka-na-primerer-#ixzz3OM29BRM7>
5. Истоки спектроскопии [электронный ресурс] // Большая онлайн библиотека e-Reading. URL: [http://www.e-reading.link/chapter.php/1023415/21/Bertolotti\\_-\\_Istoriya\\_lazera.html](http://www.e-reading.link/chapter.php/1023415/21/Bertolotti_-_Istoriya_lazera.html)
6. O.N. Ulenikov, E.S. Bekhtereva (2009) High resolution study of the 3v1 band of SO2. Journal of Molecular Spectroscopy, pp. 111-121.

## СЕКЦИЯ № 8. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК: ФИЗИКИ, ХИМИИ, МАТЕМАТИКИ

### Экспериментальное исследование процессов столкновения капель распыленной воды в потоке высокотемпературных газов

Д. В. Антонов, Р. С. Волков, П. А. Стрижак  
dva14@tpu.ru

*Научный руководитель: профессор, П.А. Стрижак  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050*

**Ключевые слова:** капли воды, газовая среда, коагуляция, столкновение, разлет.

**Введение.** В настоящее время в связи со стремительным развитием технического прогресса, противопожарная безопасность является весьма актуальной. При этом основной задачей всевозможных разработок и исследований является повышение эффективности известных средств и методов пожаротушения. На сегодняшний день одним из наиболее распространенных является способ тушения возгораний, при котором осуществляется мелкодисперсный распыл воды в зону пожара. При этом, как правило, основное внимание уделяется таким параметрам, как взаимное расположение форсунок, скорости распыла, расход воды, дисперсность капель в потоке и др. Абсолютно не берется во внимание тот факт, что капли при движении во встречно направленной высокотемпературной газовой среде подвержены многочисленным столкновениям, последствием которых может являться изменение структуры капельного потока. Это, в свою очередь, способно по-разному сказываться на эффективности тушения возгораний: от уменьшения времени их ликвидации до увеличения расхода тушащей жидкости.

**Цель настоящей работы** – экспериментальное исследование и определение вероятности наступления одного из характерных режимов столкновения капель воды при их движении в потоке высокотемпературных газов.

**Методика экспериментальных исследований.** При проведении исследований использовался экспериментальный стенд, обеспечивающий видеорегистрацию процессов столкновения капель в потоке высокотемпературных газов, аналогичный применяемому в работах [3,4]. В отличие от работ [3,4] стенд использовался для регистрации процесса столкновения двух капель воды, попавших в регистрационную область.

Для обеспечения распыления капель воды использовалась форсунка ФМТ-9,0 и баллон с водой со специальными включениями – «трассерами», представляющими нанопорошок диоксида титана. Последний вводился в воду для повышения контрастности видеogramм с изображениями капель. Начальные размеры (радиусы)  $r_m$  капель воды варьировались в диапазоне 0,05...1 мм. Начальные скорости капель  $u_m$  изменялись в диапазоне 0,5...5 м/с. Это позволяло регистрировать столкновения капель с различными характеристиками: скоростями и размерами. Благодаря широкому

диапазону скоростей и размеров капель была увеличена область экспериментальных исследований. Максимальные случайные погрешности определения рассматриваемых параметров составили:  $r_{m1}$  и  $r_{m2} - 2,1 \%$ ,  $u_{m1}$  и  $u_{m2} - 3,4 \%$ .

Для формирования высокотемпературной газовой среды с контролируемыми параметрами применялся вертикальный цилиндрический канал из жаростойкого светопрозрачного стекла (высота 1 м, диаметр 0,2 м). В основании канала устанавливался полый цилиндр, в межстеночное пространство которого заливалось жидкое топливо – керосин, которое зажигалось непосредственно перед проведением опытов. Через интервал времени около 300 секунд вследствие стационарного режима горения керосина в цилиндре формировалась газовая среда с требуемой для экспериментов температурой (1100 К).

В качестве регистрационной аппаратуры использовались кросскорреляционная камера с форматом изображения 2048×2048 пикселей, минимальной задержкой между двумя последовательными кадрами не более 5 мкс; двойной импульсный твердотельный лазер, имеющий длину волны 532 нм, энергию в импульсе не менее 70 мДж, длительность импульса не более 12 нс, частоту повторений не более 15 Гц; синхронизирующий процессор с дискретизацией сигналов не более 10 нс. Данное оборудование позволяло регистрировать моменты смещения капельного и газового потоков, а также строить двухкомпонентные поля скоростей газового потока.

Для получения видеок кадров столкновений двух капель воды использовалась высокоскоростная камера Photron FASTCAM SA1. С ее помощью производилась видеофиксация процесса столкновения капель в разных регистрационных областях. Затем с использованием специального программного обеспечения «Tema Automotive» проделывалась процедура обработки снятых видеок кадров, по результатам которой определялись режимы столкновений капель воды, а также оценивалось влияние скоростей ( $u_{m1}$ ,  $u_{m2}$ ) и размеров ( $r_{m1}$ ,  $r_{m2}$ ) на вероятность возникновения того или иного результата столкновения.

**Результаты.** В ходе данного исследования были выявлены характерные режимы столкновения капель: коагуляция (слияние), дробление (образование более трех капель существенно меньших относительно начальных размеров) и разлет (образование двух капель с характерными размерами, близкими начальным). Получены кадры видеogramм экспериментов с изображением коагулирующих, разлетающихся и дробящихся капель в процессе их движения в потоке высокотемпературных газов.

Анализ более 1000 кадров видеogramм проведенных экспериментов позволил определить вероятности реализации каждого из трех последствий столкновений. При численной обработке результатов экспериментов использованы параметры:

$P_1 = N_1 / (N_1 + N_2 + N_3)$ ,  $P_2 = N_2 / (N_1 + N_2 + N_3)$ ,  $P_3 = N_3 / (N_1 + N_2 + N_3)$ , где  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$  – число столкновений, в результате которых реализуется, соответственно, первый, второй и третий варианты последствий столкновений.

На рис. 1 представлены типичные значения критериев  $P_1$  (коагуляция),  $P_2$  (разлет) и  $P_3$  (дробление) при изменении скоростей движения сталкивающихся капель. Хорошо видно (Рис. 1), что вероятность наступления процесса коагуляция высока при малых скоростях и уменьшается по мере увеличения скорости капель воды. Это обусловлено превышением сил вязкости над силами инерции. При росте скоростей капель воды вероятность наступления процессов разлета ( $P_2$ ) и дробления ( $P_3$ ) увеличивается, и в один из моментов вероятность наступления каждого процесса

равноправна (равно возможна). Этому моменту соответствует скорость капель воды  $u_{m1} = 9 - 11$  м/с.

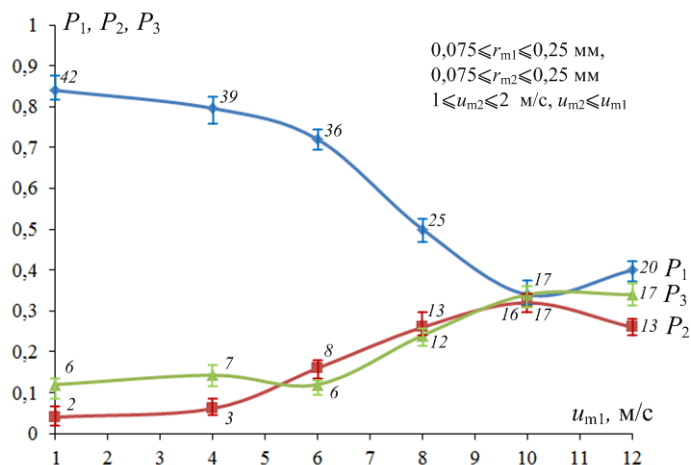


Рис. 1. Статистика возникновения каждого из трех последствий столкновения двух капель при изменении скорости перемещения одной из них:  $P_1$  – коагуляция,  $P_2$  – разлет,  $P_3$  – дробление

Аналогичные Рис. 1 зависимости вероятностей наступления различных последствий столкновений были получены для различных размеров капель. Так при сопоставимых размерах капель рост разности скоростей их движения приводит к увеличению вероятности разлета и снижению числа столкновений с коагуляцией до  $P_1=0,15$ . При этом вероятности дробления минимальны ( $P_3=0,11$ ). Этот результат, скорее всего, обусловлено тем, что при сопоставимых размерах и малых скоростях движения капель их импульсы практически идентичны. Поэтому силы инерции при столкновении минимальны. Силы поверхностного натяжения и вязкости существенны. Это приводит к доминированию процесса коагуляции.

**Заключение.** В результате проведенных исследований были выявлены три характерных режима столкновения: коагуляция, дробление и разлет. Также в экспериментах установлены основные характеристики ( $r_{m1}$ ,  $r_{m2}$ ,  $u_{m1}$ ,  $u_{m2}$ ) режимов столкновения капель воды в потоке высокотемпературных газов. Установлено, что все характеристики тем или иным образом влияют на режим столкновения. При малых скоростях вероятность наступления коагуляции высока, при более высоких происходит увеличение частоты реализации процессов дробления и разлета. Полученные результаты иллюстрируют целесообразность учета трех режимов столкновения при формулировании математических выражений для основных характеристик капель, а также для более эффективного использования потока капель при обеспечении пожарной безопасности и тушения пожаров.

«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект 14-39-00003).»

#### Список литературы:

1. Терехов В.И., Пахомов М.А. Тепломассоперенос и гидродинамика в газокapельных потоках. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. 284 с.
2. Алеханов Ю.В., Близнецов М.В., Власов Ю.А. // Письма в ЖТФ. 2003. Т. 29. В. 6. С. 1–6.
3. Волков Р.С., Кузнецов Г.В., Стрижак П.А. // ЖТФ. 2014. Т. 84. № 7. С. 15–23.
4. Кузнецов Г.В., Стрижак П.А. // ТВТ. 2014. Т. 52. № 4. С. 597–604.

## Нахождение справедливой стоимости опциона продавца «put» методом Монте-Карло на языке VBA

Фатьянова М.Э.  
mefl@tpu.ru

*Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент, Семенов М.Е., Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

Целью данной работы является нахождение стоимости опциона продавца «put» методом Монте-Карло на языке VBA (Visual Basic for Applications). Основная задача - создать проект в Microsoft Excel с применением теории ценообразования опционов и практических навыков программирования на встроенном языке VBA.

Справедливая стоимость опциона - это обоснованный минимальный платеж покупателя опциона подписчику, получив который подписчик опциона может, используя хеджирующую стратегию, обеспечить гарантированным образом опционные платежи, независимо от случайного состояния цены базисного актива на рынке. Справедливую стоимость опциона также называют премией или рыночной ценой опциона [1].

### Метод Монте-Карло

Данный метод заключается в оценке математического ожидания выплаты, которую сгенерирует опцион для его владельца, путем многократного генерирования возможных ценовых путей движения акции. Алгоритм оценки опциона методом Монте-Карло мы рассматривали в работе [2]. Генерирование случайного значения будущей цены акции происходит с помощью следующей формулы:

$$S_t = S_0 \cdot \exp\left(\left[\mu - 0.5 \cdot \sigma^2\right] \cdot t + \sigma \cdot \sqrt{t} \cdot N_{0,1}\right), \quad (1)$$

где  $t$  – момент времени в годах,  $S_t$  – цена акции в будущий момент времени  $t$ ,  $S_0$  – текущая цена акции,  $\mu$  – математическое ожидание доходности акции, выраженной в % годовых («ожидаемой доходностью» акции),  $\sigma$  – стандартное отклонение доходности акции, выраженной в % годовых («волатильность»),  $N_{0,1}$  – случайная величина, имеющая стандартное нормальное распределение ( $\mu=0$ ,  $\sigma=1$ ).

Ту часть формулы (1), которая находится внутри «exp», можно считать случайной доходностью акции (но не арифметической, а «логарифмической», то есть рассчитываемой через  $\ln(P1/P0)$ ). Данная формула соответствует общепринятой модели движения цены акции, которая лежит в основе модели Блэка-Шоулза. Следует отметить, что указанная формула (1) является подходящей моделью для движения цены акции, но не для других базовых активов, таких как облигации, товары, процентные ставки и пр. Для них существуют свои собственные модели [3].

### Общие сведения об Excel и VBA

Microsoft Excel – это широко распространенная компьютерная программа. Предназначена для математических, статистических, инженерных, экономических и финансовых расчетов.

Рабочим языком для большинства приложений фирмы Microsoft (в том числе, для Word и Excel) в последнее время стала версия VB с названием VBA. В Excel этот



язык применяется, начиная с Excel 5. VBA соединяет в себе все положительные черты самого простого языка программирования VB со всеми вычислительными возможностями Excel. VBA имеет полный доступ ко всем командам и структурам Excel.

В качестве пользовательского интерфейса программы (макроса) используются стандартные окна операционной системы Windows, текстовые файлы, формы, таблицы Excel. Пользовательским интерфейсом программы называется средство общения пользователя с программой. Написание и отладка программы производится в интегрированной среде разработки программ Visual Basic. Под отладкой программы понимается выявление и исправление ошибок [4,5].

#### **Реализация метода Монте-Карло**

Для демонстрации наглядного примера рассмотрим маржируемый опцион put (пут) на фьючерсный контракт на курс доллар США - российский рубль. Возьмем исторические данные за период: 01.10.13-1.04.14, так как для этого промежутка времени ранее проводилось конструирование СП. Пусть страйк  $E=32250$  руб.; текущая цена базового актива  $P_s=32237$  руб.; риск базового актива  $\sigma=14.99\%$ ; срок  $T=0.5$  года (6мес.); безрисковая ставка  $r=6.5\%$ .

В таблице 1 приведены результаты генерирования 1000 курсов USD/RUR.

Номер итерации	Генерируемый случайный курс USD/RUR в дату истечения опциона, руб.	Выплата по опциону, руб.
1	40979,88	0
2	32392,37	0
3	34498,4	0
4	34705,67	0
5	30932,45	1317,55
...	...	...
1000	28748,73	3501,27
Среднее значение выплаты		966,56
Дисконтированное среднее значение выплаты		935,57

*Таблица 1. Полученные значения практической реализации метода Монте-Карло*

В результате проведения 1000 итераций мы получили среднее значение выплаты по опциону равное 966,56 руб. Продисконтировав это значение по безрисковой процентной ставке, мы получили  $V_{cz}=935,57$  руб. Результат моделирования по методу Монте-Карло  $V_{cz}=935,57$  руб отличается от  $V_{cl}=893,47$  руб., которое мы получили с помощью формулы Блэка-Шоулза на 4,71%.

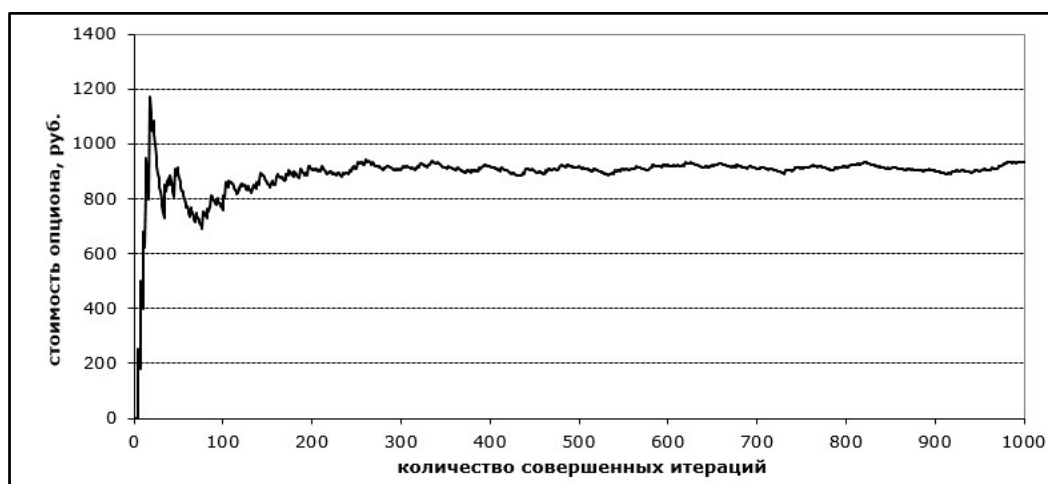


Рисунок 1. График зависимости стоимости опциона от количества итераций

Таким образом, из рис. 1 наглядно видно, что чем больше итераций совершить в рамках симуляции Монте Карло, тем ближе полученный результат будет к истинной стоимости опциона. В пределе, по мере роста числа итераций до бесконечности, метод Монте Карло дает результат, идентичный на 100% итогу, полученному с помощью формулы Блэка-Шоулза.

По истечению периода  $T$  расчетная или котировальная цена (цена, которая используется для расчета вариационной маржи и определяется в соответствии с методикой определения расчетной цены срочных контрактов биржи) оказалась равной 32231 руб. В соответствии с этим, мы нашли отклонение стоимости опциона, рассчитанной по модели от расчетной цены на бирже (табл. 2).

Модель	Стоимость опциона, руб.	Отклонение стоимости опциона, рассчитанной по модели от расчетной (котировальной) цены на бирже, %
Блэка-Шоулза	$V_{cl}=893,47$	2,77
Монте-Карло	$V_{c3}=935,57$	2,9

Таблица 2. Итоговые результаты вычислений

Наглядно видно, что самой точной оказалась модель Блэка-Шоулза и на втором месте – Монте-Карло.

Метод Монте-Карло также является численным методом нахождения в большей степени для европейского, нежели американского опционов. Он имеет ряд преимуществ: интуитивно понятный процесс – стоимость опциона есть, грубо говоря, сумма денег, которую мы в среднем заработаем, купив опцион; метод достаточно универсальный – позволяет оценивать почти любые опционы, в том числе экзотические (азиатские, барьерные и др.); модель не слишком сложна в реализации – можно реализовать оценку опционов в файле Excel или с помощью VBA; возможность анализа ошибок [3]. Основные недостатки: плохо подходит для оценки американских опционов и других опционов с возможностью досрочного истечения; для достижения высокой точности нужно совершить большое количество итераций, что требует больше времени по сравнению, например, с формулой Блэка-Шоулза.

#### Список литературы:

1. Расчет премии опциона методом Монте-Карло [Электронный ресурс] URL:

- <http://www.nsu.ru/education/etfm/frontpg.htm> (Дата обращения: 23.02.15).
2. Фатьянова М.Э, Семенов М.Е. Моделирование СП со встроенными барьерными опционами класса KNOCK-IN [Электронный ресурс] URL: [http://science-persp.tpu.ru/Previous%20Materials/Konf\\_2014.pdf](http://science-persp.tpu.ru/Previous%20Materials/Konf_2014.pdf) (Дата обращения: 23.02.15).
  3. Вайн С. Опционы: Полный курс. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 466 с.
  4. Гарбер Г.З. Основы программирования на Visual Basic и VBA в Excel 2007. – М.: Солонн-Пресс, 2008. – 192 с.
  5. Подлин Ш. Освой самостоятельно программирование для Microsoft Excel 2000 за 24 часа. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2000. - 304 с.

### **Использование биномиальной модели для вычисления стоимости опциона продавца «put» в Microsoft Excel**

Фатьянова М.Э.  
mef1@tpu.ru

*Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент, Семенов М.Е., Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

Целью данной работы является использование биномиальной модели для вычисления стоимости опциона продавца «put» в Microsoft Excel.

Аналитические формулы имеются лишь для очень ограниченного набора экзотических опционов: бинарных, простейших видов барьерных и азиатских, а также некоторых других. Поэтому в абсолютном большинстве приходится использовать численные методы оценки. Численные методы включают в себя биномиальный и Монте Карло.

#### **Понятие опционов на фьючерсные контракты**

Опцион представляет собой контракт, заключаемый между двумя инвесторами, один из которых продает (выписывает) опцион, а другой покупает его и приобретает тем самым право (но не обязанность) в течение оговоренного в условиях опциона срока либо купить, либо продать по фиксированной цене определенное количество или значение конкретного базисного актива.

Рыночная стоимость опциона определяется в результате аукционных торгов на опционной бирже. Цена, на которую согласны покупатель и продавец опциона, называется премией. Премия содержит в себе два основных элемента: внутреннюю стоимость и временную стоимость. Внутренняя стоимость отражает количество, если таковое имеется, на которое опцион находится "в деньгах".

Опцион к дате истечения контракта не имеет временной стоимости, а премия включает только внутреннюю стоимость. Самая большая величина временной стоимости обычно наблюдается у опционов "при деньгах". По мере того, как опцион перемещается дальше "в деньги" или "без денег", прогрессивно убывает составляющая временной стоимости в премии. Временная стоимость убывает по мере приближения даты истечения контракта, причем скорость убывания нарастает [1].

Основной проблемой подписчика опциона является определение минимального уровня премии, ниже которого он может оказаться в проигрыше при исполнении

опциона держателем, даже если он наилучшим образом распорядится полученной премией и имеющимся в его распоряжении базисным активом.

Существует так называемая справедливая стоимость опциона - теоретически обоснованная минимальная цена, при получении которой подписчик опциона может обеспечить гарантированным образом опционные платежи.

Единицей торговли опциона на фьючерсный контракт является один фьючерсный контракт с заданным месяцем поставки и с определенным базисным активом. Все опционы на фьючерсные контракты являются опционами американского стиля. Опционы, которые истекают "в деньгах", автоматически исполняются согласно инструкции клиринговой палаты.

В опционах на фьючерсные контракты цены исполнения котируются в пунктах фьючерсной цены. Срок базисных фьючерсных контрактов обычно заканчивается вскоре после даты истечения опционного контракта. Держатель опциона купли на фьючерсный контракт при исполнении опциона открывает длинную позицию по фьючерсному контракту, а также получает сумму денег, равную превышению фьючерсной цены над ценой исполнения, а держатель опциона продажи - короткую и сумму денег, равную превышению цены исполнения над фьючерсной ценой [2].

В отличие от других, в опционах на фьючерсные контракты во время покупки опциона премия подписчику может не выплачиваться и расчет, как с держателем опциона, так и с подписчиком может производиться после исполнения опциона держателем. При определении справедливой стоимости опциона фьючерсный контракт рассматривают как акцию, выплачивающую дивиденд, ставка которого равна безрисковой процентной ставке.

Размер премии опционов на фьючерсные контракты зависит:

- от отношения между ценой базисного фьючерса и ценой исполнения. Чем больше опцион "в деньгах", тем больше он стоит;
- от волатильности цены базисного фьючерса. Рост волатильности может стимулировать повышение спроса на опцион, что вызовет рост его стоимости;
- от времени до истечения опционного контракта. Так как стоимость базисного фьючерсного контракта изменяется сильнее на более длинных интервалах времени, то и опционная премия флуктуирует сильнее при больших сроках до истечения [1].

Рост популярности торговли опционами на фьючерсные контракты вызван рядом причин:

- гибкостью. С опционами на фьючерсы появляется возможность занять точную рыночную позицию, соответствующую допускаемому инвестором риску и потенциальной прибыли;
- отсутствием обязательств. Опцион дает право выбора без обязательств купить или продать фьючерсный контракт;
- ограниченным риском. Максимальный риск держателя опциона сведен к риску потерять премию;
- отсутствием требований маржи для покупателя опциона, несмотря на то, что участники фьючерсных сделок с обеих сторон должны вносить маржу;
- возможностью не продавать актив при снижении его стоимости, т.к. держатель опциона не получает маржинальных требований при снижении стоимости базисных облигаций;
- высокой ликвидностью на опционном рынке, позволяющей легко открывать и закрывать позиции [2].

### Теоретические аспекты использования биномиальной модели

Приведем общую формулу для многопериодной биномиальной модели (БМ):

$$c = \frac{1}{R^n} \cdot \left[ \sum_{j=0}^n \left( \frac{n!}{j!(n-j)!} \right) \cdot p^j \cdot (1-p)^{n-j} \cdot \max \left( 0; u^j \cdot d^{n-j} \cdot S - X \right) \right] \quad (1)$$

Формула (1) говорит о том, что цена опциона равна дисконтированной стоимости суммы ожидаемых выплат по контракту к моменту его истечения. Весь срок обращения разбит на  $n$  периодов. Соответственно, в знаменателе  $R^n$  – это коэффициент дисконтирования, который учитывает ставку без риска и количество периодов.

Числитель показывает ожидаемое значение суммы выплат по опциону с учетом вероятности каждого конкретного исхода. Поскольку мы рассматриваем биномиальный процесс, то в каждом периоде цена акции может пойти либо вверх с вероятностью  $p$ , либо вниз с вероятностью  $(1-p)$ .

Индекс  $j$  показывает количество периодов, когда цена акции возросла из общего числа периодов  $n$ . Величина  $(n-j)$  соответственно, говорит о количестве периодов, в течение которых цена акции падала.

Знак суммы в формуле показывает, что количество возможных вариантов роста цены акции имеет диапазон от  $j=0$  до  $j=n$ . При  $j=0$  оценивается вероятность падения цены акции в каждом периоде. При  $j=n$  оценивается вероятность роста цены акции в каждом периоде. Оцениваются все возможные комбинации движений цены акции за  $n$  периодов.

Выражение  $n!/(j!(n-j)!)$  показывает количество различных комбинаций движения цены акции, которые дают одну и ту же цену к моменту истечения контракта. Выражение  $p^j \cdot (1-p)^{n-j}$  говорит о вероятности события, когда курс акции вырастет  $j$  раз и упадет  $(n-j)$  раз. Комбинация  $[\max(0; u^j \cdot d^{n-j} \cdot S - X)]$  дает выплату по опциону к моменту истечения контракта, если цена акции росла в  $j$  периодах на величину  $u$  и падала в  $(n-j)$  периодах на величину  $d$ .

Все выражение без знака суммы формулы (1), которое стоит перед  $[\max(0; u^j \cdot d^{n-j} \cdot S - X)]$  показывает вероятность того, что цена акции будет расти в  $j$  периодах из  $n$  периодов и падать в  $(n-j)$  периодах с учетом всех возможных комбинаций роста и падения цены акции [2].

Основное допущение БМ для цен опционов состоит в том, что рынок опционов является эффективным, т. е. спекулянты не могут получить чрезмерную прибыль от комбинации с базисным инструментом и опционом при их одновременной покупке и/или продаже [3]. Представление модели обычно строится для европейского опциона, который может быть исполнен в день погашения.

### Практическая реализация

Для демонстрации наглядного примера рассмотрим маржируемый опцион call (колл) на фьючерсный контракт на курс доллар США - российский рубль. Возьмем исторические данные за период: 01.10.13-1.04.14, так как для этого промежутка времени ранее проводилось конструирование СП. Пусть страйк  $E=32250$  руб.; текущая цена базового актива  $P_s=32237$  руб.; риск базового актива  $\sigma=14.99\%$ ; срок  $T=0.5$  года (6мес.); безрисковая ставка  $r=6.5\%$ .

Так как страйк  $E$  по отношению к  $P_s$  не является «дальним», то для построения достаточно взять  $n=50$  периодов. Отметим, что при увеличении  $n$ , точность вычисления будет расти. Таким образом, построим  $n=50$  – периодную

Используя формулу (1) работы [2] рассчитаем сначала цену фьючерса на курс доллар/рубль, а затем найдем цену опциона на фьючерс. В результате у нас получится 2 «треугольника чисел» протяженностью по вертикали и горизонтали в  $n=50$  периодов (рис. 1).

[illegible]

Таким образом, мы получим стоимость опциона по биномиальной модели:  
 $V_{c2}=997,46$  руб.

### Список литературы:

1. Расчет премии опциона методом Монте-Карло [Электронный ресурс] URL: <http://www.nsu.ru/education/etfm/frontpg.htm> (Дата обращения: 23.02.15).
2. Буренин А.Н. Форварды, фьючерсы, опционы, экзотические производные. – М.: НТО – 2008. – 512 с.
3. Мицель А.А., Евремов В.А. Финансовый инжиниринг на рынке опционов // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – № 6. – С. 47-49.
4. Крицкий О.Л. Случайные процессы. Алгоритмы. Методы. Решения. - Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2013. - 144 с.

## Нейтрон-захватная терапия лечения онкологических заболеваний

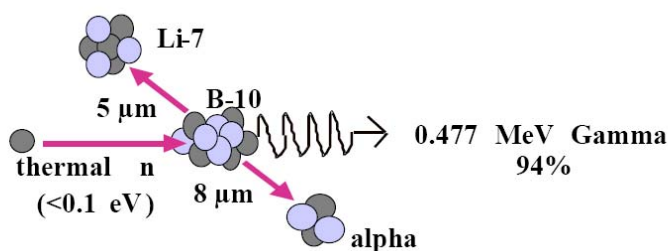
Коновалов Павел  
konovalov.pav.93@gmail.com

*Научный руководитель: Доцент кафедры ФЭУ, Чертков Ю.Б., НИ ТПУ*

Нейтрон-захватная терапия – это многопрофильная дисциплина, в развитии которой участвуют специалисты разных направлений.

Основная тенденция развития НЗТ в мире – использование пучков эпитепловых нейтронов для обработки глубоколежащих опухолей и опухолей головного мозга. Силами специалистов МИФИ, ГНЦ Института биофизики и Российского Онкологического Научного Центра имени Н.Н. Блохина на реакторе ИРТ МИФИ создается клиническая база НЗТ с использованием эпитепловых и тепловых нейтронов, ведется наработка и изучение новых препаратов и развитие сочетанной технологии лечения злокачественных опухолей на основе НЗТ. Именно реализация этих целей позволит создать в России первую клиническую базу НЗТ и откроет возможность перехода к устойчивому развитию.

Борная нейтрон-захватная терапия (БНЗТ) – это методика, разработанная для избирательного облучения опухоли на клеточном уровне. Впервые концепция БНЗТ была предложена после открытия Чедвиком нейтрона (1932 г.) и разработок Голдхабера (1934 г.), в которых было установлено, что естественно встречающийся изотоп  $^{10}\text{B}$  обладает большим сечением захвата тепловых нейтронов. Американский ученый обнаружил, что  $^{10}\text{B}$  проявлял необычно высокую активность в поглощении тепловых нейтронов (энергия  $<0,1$  эВ). Сразу после захвата теплового нейтрона  $^{10}\text{B}$  становится  $^{11}\text{B}$ , впоследствии немедленно распадается на энергетическую альфа-частицу и ион отдачи  $^7\text{Li}$ . Пробег альфа-частицы и иона отдачи в ткани не превышает 12-13 мкм, что сопоставимо с размерами клетки, а также они имеют совместную среднюю кинетическую энергию 2,33 МэВ.. На рис. 1 показана ядерная реакция, лежащая в основе БНЗТ.



*Рис.1 Ядерная реакция, используемая в БНЗТ*

В настоящий момент исследования в области НЗТ ведутся в исследовательских центрах во многих странах (США, Евросоюз, Япония, Аргентина, Тайвань и др.). Основное применение НЗТ находит для лечения неоперабельных и радиорезистентных злокачественных новообразований. Следует отметить, что НЗТ используется в случаях, когда другие методы лечения оказываются бессильными. 47 стран мира проводят исследования по этой проблеме на базе специализированных или переоборудованных ядерных реакторов. На сегодняшний день в мире функционирует 14 центров по НЗТ, проводятся международные съезды и конференции, посвященные поиску решений проблемных вопросов НЗТ. Через клинические испытания метода НЗТ прошли более 2000 человек.

1. Пучок тепловых и/или эпитепловых нейтронов (с энергией  $0.5 < E < 10$  кэВ) для обработки поверхностных опухолей высокой интенсивности (плотность потока нейтронов не менее  $10^9$  нейтрон/см<sup>2</sup>с). Такая плотность потока в настоящее время достигается лишь с использованием ядерного реактора. Спектр нейтронов пучка должен быть таким, чтобы в месте расположения опухоли получить максимум плотности потока тепловых нейтронов.

Пучок нейтронов должен быть максимально очищен от сопутствующего фотонного излучения и быстрых нейтронов с энергией  $E > 10$  кэВ. Максимальная суммарная доза, создаваемая этим излучением в опухоли за все время облучения, не должна превосходить 9-12 Гр.

На ядерном реакторе ИРТ-МИФИ была создана экспериментальная облучательная установка на горизонтальном канале ГЭК-4 (рис.2) для исследований по нейтрон-захватной терапии (НЗТ). В результате этих работ были проведены предклинические исследования НЗТ на культурах клеток, мелких лабораторных животных и собаках со спонтанными злокачественными новообразованиями с использованием различных препаратов.

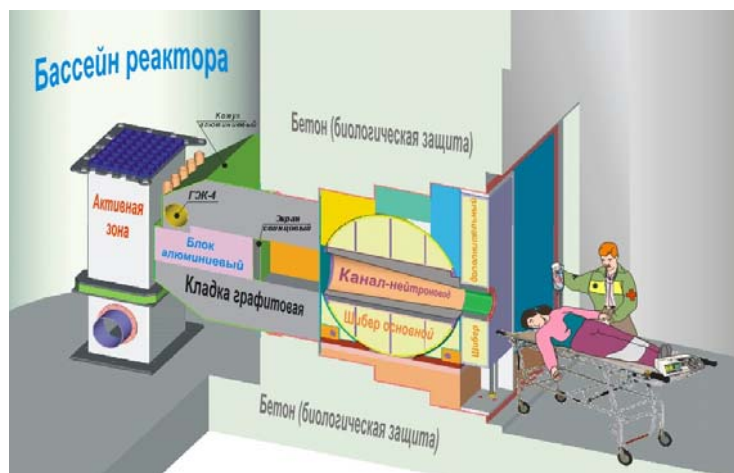
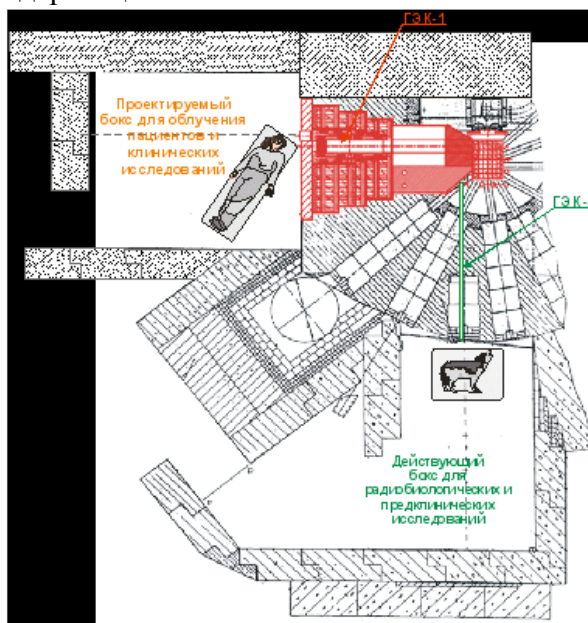


Рис.2 Схема медицинского канала НЗТ на ядерном реакторе ИРТ МИФИ

496



нейтронов, с необходимой интенсивностью ( $\Phi_T > 1,3 \cdot 10^9 \text{ н/см}^2 \cdot \text{с}$ ) при суммарной дозе сопутствующих быстрых нейтронов и фотонного излучения не более  $8 \cdot 10^{13}$  Грей на единицу потока тепловых или эпитепловых нейтронов. На базе этого пучка нейтронов может быть создана облучательная клиническая установка для НЗТ, позволяющая обрабатывать как поверхностные, так и глубоколежащие опухоли. Соотношение тепловых и/или эпитепловых нейтронов в пучке можно изменять с помощью фильтров, содержащих  $^6\text{Li}$ .



*Рис.3 Схема каналов проектируемой базы НЗТ на реакторе ИРТ МИФИ и зона проектирования*

Проект реконструкции тепловой колонны включает в себя решение следующих задач: проведение полных расчетных исследований, для определения геометрии и состава зоны формирования пучка эпитепловых и/или тепловых нейтронов в тепловой колонне канала ГЭК-1; создание технической документации на реконструкцию нового поворотного шибера устройства и тепловой колонны; изготовление коллиматора и шибера устройства; демонтаж тепловой колонны и монтаж нового блока-формирователя спектра тепловых и эпитепловых нейтронов; измерение характеристик пучка нейтронов и анализ исследований; изучение новых нейтрон-захватных препаратов на полученном пучке нейтронов; аттестация созданной клинической облучательной базы по результатам физических измерений и данным предклинических испытаний на собаках со спонтанными опухолями с использованием разработанных препаратов. Это позволит сформулировать рекомендации по клиническому использованию НЗТ на созданной облучательной базе.

В настоящее время на основе проведенных расчетных и экспериментальных исследований разработан технический проект реконструкции и изготовлен поворотный шибер.

После реконструкции канала ГЭК-1 на реакторе ИРТ МИФИ будет создана первая в России база для проведения специализированных экспериментальных и клинических исследований НЗТ злокачественных опухолей.

### Список литературы:

1. Бекман И.Н. Курс лекций. Лекция 7 «Ядерная медицина». - 2005 г.
2. Информационно аналитический портал агентства ядерной медицины.
3. Климанов В.А. Радиобиологическое и дозиметрическое планирование лучевой и радионуклидной терапии. - 2011 г.

### Моделирование процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза

М.Б. Лабыкин, Е.В. Шкляренко

[labykin96@gmail.com](mailto:labykin96@gmail.com)

*Научный руководитель: доцент, к.ф.т.н. Д.С. Исаченко*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,*

*Физико-технический институт, начальник учебного отдела*

Получение материалов для различных областей техники играет большую роль в современном мире, одной из технологий получения является самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез – одно из перспективных направлений материаловедения, так как продукты, получаемые при нём, обладают набором оптимальных и эффективных свойств, достигающихся наличием в структуре фаз с взаимодополняющими физико-химическими и другими параметрами [1-2].

Параллельно с этим основной упор идет на моделирование физических экспериментов. Моделирование систем горения – сложный процесс, для его решения требуются различные подходы. Одним из таких подходов является модель нестационарного уравнения теплопроводности. Совместно с моделью используется квантовая модель Дебая для определения зависимости теплоемкости продуктов горения от температуры. Такой подход позволяет определить адиабатическую температуру, как функцию ряда параметров: плотности реакционной системы, соотношения масс исходных реагентов, начальной температуры процесса [3].

Особенностью данной методики является использование квантовой модели Дебая для определения температурной зависимости теплоемкости продуктов горения. Эта модель, в отличие от традиционных методик расчета теплоемкостей, основанных на аппроксимации экспериментальных данных по теплоемкостям, позволяет определить адиабатическую температуру горения как функцию ряда параметров состояния системы: плотность реакционной системы, массовое соотношение компонентов в шихте исходных реагентов, начальная температура процесса [4].

Согласно квантовой модели Дебая теплоемкость при постоянном объеме определяется как:

$$C_V(T) = 9Nnk \left( \frac{T}{\theta} \right)^3 \int_0^{\theta/T} \frac{x^4 e^x dx}{(e^x - 1)^2}, \quad \theta = \frac{hC_0}{k} \left( \frac{9N}{4\pi V} \right)^{1/3},$$

где  $h$  – постоянная Планка,  $k$  – постоянная Больцмана,  $N$  – концентрация молекул вещества,  $n$  – число атомов, содержащихся в  $N$  молекул,  $V$  – объем, занимаемый веществом,  $C_0$  – скорость звука в рассматриваемом веществе,  $T$  – текущая температура вещества[4].

Одной из сложностей при определении функции теплоемкости по модели Дебая является расчет интеграла, который в аналитическом виде берется только в области больших (порядка 100), либо малых температур (порядка 0,10). Выход из сложившейся ситуации является расчет интеграла. Для расчета адиабатических температур горения необходимо использовать значения температурной зависимости теплоемкости при постоянном давлении.

$$C_p(T) = C_v(T) + T \cdot V \cdot \alpha^2 \cdot B_s$$

Согласно основам термодинамики связь между теплоемкостями при постоянном давлении  $C_p$  и постоянном объеме  $C_v$  где  $\alpha$  – коэффициент объемного расширения,  $B_s$  – молярный либо удельный объем (в зависимости от того, в каких единицах измерения необходимо выразить теплоемкость) [4].

Основной задачей проведения расчетно-теоретического анализа является определение температурных полей, создаваемых в процессе СВС, и конечного фазового состава продукта реакции. Поскольку режим СВС – многостадийный режим, то каждой стадии процесса соответствует определенный температурный режим. Зная распределение температуры по объему синтезируемого вещества, можно спрогнозировать возможный фазовый состав и свойства получаемого материала[5].

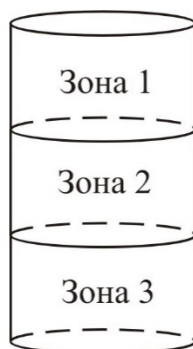
Для решения этой задачи использовалась модель, основанная на нестационарном двухмерном уравнении теплопроводности:

$$a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{q_v}{C(T) \cdot \rho} = \frac{\partial T}{\partial t},$$

где  $a$  – коэффициент температуропроводности,  $C(T)$  – температурная зависимость теплоемкости,  $\rho$  – плотность образца,  $q_v$  – объемный источник тепловыделения[6].

Особенностью предложенного подхода является использование при численном решении уравнения температурных зависимостей теплоемкости, рассчитанной согласно квантовой модели Дебая, и температуропроводности (на первом этапе использовались эмпирические соотношения, взятые из литературных источников).

Наибольшие трудности при моделировании горения возникают при описании различных физических процессов. В волне горения происходит трансформация вещества, что приводит к изменению ряда свойств, таких как плотности, теплопроводности, теплоемкости. Исходя из этого, весь образец можно условно разделить на три зоны (рис. 1): прореагировавшая зона (зона 1), зона реакции (зона 2) и зона до реакции (зона 3) [3].



*Рис. 1. Условное деление образца на зоны реакции*

Особенностью такого подхода является использование температурных зависимостей теплоемкости по Дебаю и теплопроводности. Неизбежны трудности, возникающие при описании некоторых физических процессов. В волне горения происходит трансформация вещества, следовательно, изменяются плотность, теплопроводность, теплоемкость. Возникает необходимость разделить образец на три условные зоны: прореагировавшая зона (зона остывания), зона реакции (процесс горения с большим выделением тепла) и зона до реакции. Решение этой задачи позволяет определить температурные поля во времени, по которым можно прогнозировать состав конечных продуктов[4].

#### **Список литературы:**

1. Д. О. Московских, А. С. Мукасян, А. С. Рогачев Самораспространяющийся высокотемпературный синтез нанопорошков карбида кремния // Доклады академии наук, 2013, том 449, № 2, с. 176–179.
2. В.В. Евстигнеев Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Современные проблемы // Ползуновский вестник №4-1 2005. С. 21-35.
3. Демянюк Д.Г., Исаченко Д.С., Рышкевич М.П. Основы расчетно-теоретического анализа самораспространяющегося высокотемпературного синтеза борсодержащих материалов физико-энергетических установок // X юбилейная Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Современная техника и технологии". Труды. В 2-х т. – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2004. С.33-34.
4. Бойко В.И., Долматов О.Ю., Нужин О.А., Шаманин И.В. Направленный самораспространяющийся высокотемпературный синтез ряда взрывоэмиссионных металлокерамических материалов // Физика горения и взрыва. 1996 г. Т.32. №1 С.58-65.
5. Новиков Н.П., Боровинская Н.П., Мержанов А.Г. Термодинамический анализ реакций самораспространяющегося высокотемпературного синтеза // Процессы горения в химической технологии и металлургии. – Черногловка, 1975. С.174-188.
6. Кочержинский Ю.А., Шишкин Е.А., Падерно Ю.Б. и др.// Высокотемпературные бориды и силициды. – Киев: Наукова думка, 1978. С.47-50.

## Асимптотики и невязка одномерного нелокального уравнения фишера-колмогорова-петровского-пискунова с дробной производной

Прозоров А.А.  
aap51@tpu.ru

*Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор, Трифонов А.Ю.,  
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

**Аннотация:** построены асимптотические решения нелокального одномерного уравнения Фишера–Колмогорова–Петровского–Пискунова с дробными производными в операторе диффузии. Дробная производная определяется в соответствии с подходами Вейля, Грюнвальда–Летникова и Лиувилля. Асимптотические решения строятся в классе функций, которые являются возмущением найденного точного квазистационарного решения и на больших временах стремятся к этому квазистационарному решению. Показано, что наличие дробных производных приводит к дрейфу центра масс начального распределения и нарушает его симметрию.

Реакционно-диффузионные кинетические уравнения с нелокальным взаимодействием используются в нелинейных моделях, описывающих распространение импульсов в активных средах, формирование структур и другие явления в системах с дальним действием

Многие реакционно-диффузионные модели представляют собой обобщения известной модели Фишера–Колмогорова–Петровского–Пискунова (модель Фишера–КПП) [1,2], в которой реакция моделирует увеличение числа элементов системы, классическая фиковская диффузия описывает распространение частиц в пространстве, нелинейность имеет смысл потерь. В нелокальных обобщениях этой модели потери описываются интегральным выражением, учитывающим коллективные эффекты взаимодействия в системе.

В некоторых случаях свойства среды, в которой происходит эволюция системы, а также коллективные эффекты могут изменить фиковскую диффузию, приводя к супер- или субдиффузии, т.е., к увеличению или уменьшению подвижности частиц в системе (особей в популяции), возникновению асимметрии. Эти явления называют аномальной диффузией и моделируют уравнениями с дробными производными

Существует несколько различных определений дробной производной, которая представляет собой интегральный оператор (см. [3] и цитируемую там литературу).

В данной работе для решения нелокального одномерного уравнения Фишера–КПП с дробными производными в операторе диффузии применяется асимптотический метод, предложенный в [4]. Дробная производная в работе определяется в соответствии с подходами Вейля, Грюнвальда–Летникова и Лиувилля для периодических функций [3]. Полученные решения являются пространственно однородными и монотонно зависят от времени.

Классическое одномерное уравнение Фишера–Колмогорова–Петровского–Пискунова [1,2] для плотности распределения частиц в системе  $u(x,t)$ , зависящей от пространственной координаты  $x$  и времени  $t$ , записывается в виде

$$u_t = Du_{xx} + au - bu^2, \quad (1)$$

где  $D$  – постоянный коэффициент диффузии;  $a$  – темп роста числа частиц;  $b$  – коэффициент квадратичных потерь.

В нелокальном обобщённом уравнении (1) локальные квадратичные потери  $bu^2$  заменяются интегральным выражением

$$u(x, t) \int b_\gamma(x, y) u(y, t) dy, \quad (2)$$

учитывающим нелокальные эффекты взаимодействия в системе посредством функции влияния  $b_\gamma(x, y)$ . Параметр  $\gamma$  характеризует эффективную область взаимодействия между частицами так, что при  $\gamma \rightarrow 0$  справедливо  $b_\gamma(x, y) \rightarrow b \delta(x - y)$ , а выражение (2) переходит в  $bu^2(x, t)$ . Будем рассматривать распределение  $u(x, t)$  на отрезке  $x \in [-l, l]$ . Тогда одномерное уравнение Фишера–КПП с квадратичными нелокальными потерями (2) и нормальной диффузией запишется в виде

$$u_t(x, t) = Du_{xx}(x, t) + au(x, t) - u(x, t) \int_{-l}^l b_\gamma(x, y) u(y, t) dy. \quad (3)$$

Как отмечено во введении, аномальная диффузия плотности  $u(x, t)$  моделируется выражением с дробной производной  $Du_\alpha(x, t)$  вместо выражения  $Du_{xx}(x, t)$ , которое получается из закона Фика. Вещественный параметр  $\alpha$  есть порядок дробной производной,  $\alpha = 2$  соответствует нормальной диффузии.

Заменив нормальную диффузию в уравнении (3) выражением  $Du_\alpha(x, t)$ , получим нелокальное обобщенное уравнение Фишера–КПП с аномальной диффузией

$$u_t(x, t) = Du_\alpha(x, t) + au(x, t) - u(x, t) \int_{-l}^l b_\gamma(x, y) u(y, t) dy. \quad (4)$$

Здесь и далее дробная производная понимается в смысле производной Вейля для периодических функций [14]. Функция влияния предполагается чётной,  $b_\gamma(x) = b_\gamma(-x)$ , и разложимой в ряд Фурье:

$$b_\gamma(x) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} b_m e^{i\omega_m x}, \quad b_m = \frac{1}{2l} \int_{-l}^l b(z) e^{-i\omega_m z} dz \quad (2)$$

где  $\omega_m = \pi m / l$ . Будем искать решение уравнения (1) в виде разложения в ряд Фурье

$$u(x, t) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \beta_m(t) e^{i\omega_m x}, \quad \beta_m(t) = \frac{1}{2l} \int_{-l}^l u(z, t) e^{-i\omega_m z} dz. \quad (3)$$

Подставим разложения Фурье (2), (3) в уравнение (1). Для этого вычислим дробную производную  $u_\alpha(x, t)$  с помощью разложения (3) в соответствии с правилом вычисления дробной производной по Вейлю [3]:

$$u_\alpha(x, t) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} (i\omega_m)^\alpha \beta_m(t) e^{i\omega_m x} \quad (4)$$

Здесь под  $i^\alpha$  понимается главная ветвь корня  $i^\alpha = e^{i\frac{\pi\alpha}{2}}$ . Продифференцируем соотношение (3) по времени, воспользовавшись уравнением (1) и разложениями (2) и (3) для коэффициентов  $\beta_k(t)$  (3) получим систему дифференциальных уравнений

$$\dot{\beta}_k = \bar{a}_k \beta_k - \sum_{j=-\infty}^{\infty} \beta_{k-j} b_{k-j} \beta_j, \quad k = -\infty, \infty. \quad (10)$$

где  $\bar{a}_k = D(i\omega_k)^\alpha + a$ . Система (5) допускает решение вида

$$\beta_0(t) = \frac{\beta_{00} e^{at}}{1 + \frac{b_0 \beta_{00}}{a} (e^{at} - 1)} \quad \beta_k|_{t=0} = \beta_{00} \delta_{k0}. \quad (6)$$

Сделаем в системе уравнений (5) замену переменных  $t = T\tau$  ( $T$  – характерное время эволюции системы). Тогда для правой части системы (5) запишем  $\dot{\beta}_k = \frac{1}{T} \frac{d\beta_k}{d\tau}$ . Будем искать асимптотические решения  $\beta_k$  получившейся системы при  $T \rightarrow \infty$  в виде

$$\beta_k(t) = \beta_k^{(0)}(\theta, \tau) + \frac{1}{T} \beta_k^{(1)}(\theta, \tau) + \dots, \quad (7)$$

Функции  $\beta_k^{(m)}(\theta, \tau)$  подлежат определению. Переменную  $\tau$  в системе (7) можно интерпретировать как «медленное время», а переменную  $\theta = \phi(\tau)T$  как «быструю» переменную. С учетом правил дифференцирования сложной функции получим

$$\left[ \phi_\tau \frac{\partial}{\partial \theta} + \frac{1}{T} \frac{\partial}{\partial \tau} \right] \left( \beta_k^{(0)} + \frac{1}{T} \beta_k^{(1)} + \dots \right) = \bar{a}_k \left( \beta_k^{(0)} + \frac{1}{T} \beta_k^{(1)} + \dots \right) - \sum_{p=-\infty}^{\infty} b_p \left( \beta_{k-p}^{(0)} + \frac{1}{T} \beta_{k-p}^{(1)} + \dots \right) \left( \beta_p^{(0)} + \frac{1}{T} \beta_p^{(1)} + \dots \right).$$

Приравняв слагаемые при одинаковых степенях  $1/T$  и решив полученные уравнения, запишем

$$\beta_k^{(0)}(\theta, \tau) = \beta_0^{(0)}(\theta, \tau) \delta_{k0}, \quad \beta_0^{(0)}(\theta, \tau) = \frac{\beta_{00} e^\theta}{1 + \frac{b_0 \beta_{00}}{a} (e^\theta - 1)} = \frac{\beta_{00} e^{at}}{1 + \frac{b_0 \beta_{00}}{a} (e^{at} - 1)}. \quad (8)$$

$$\beta_j^{(1)}(\theta, \tau) = \frac{\beta_{0j}^{(1)} e^{\bar{a}_j \theta / a}}{\left( 1 + \frac{b_0 \beta_{00}^{(0)}}{a} (e^\theta - 1) \right)^{(b_j + b_0)/b_0}} = \frac{\beta_{0j}^{(1)} e^{\bar{a}_j t}}{\left( 1 + \frac{b_0 \beta_{00}^{(0)}}{a} (e^{at} - 1) \right)^{(b_j + b_0)/b_0}}. \quad (20)$$

Здесь  $\varphi(\tau) = a\tau$ ,  $\theta = \varphi(\tau)T = at$ . Разложение (7) в силу (3) индуцирует разложение решения:

$$u(x, t) = u^{(0)}(x, t) + \frac{1}{T} u^{(1)}(x, t), \quad (9)$$

где  $u^{(0)}(x, t)$  определено в (8), а  $u^{(1)}(x, t)$  вещественна и определена выражением

$$u^{(1)}(x, t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} \frac{\beta_{0j}^{(1)} e^{\tilde{a}_j t} e^{i\omega_j x}}{\left(1 + \frac{b_0 \beta_{00}^{(0)}}{a} (e^{at} - 1)\right)^{(b_j + b_0)/b_0}} = \frac{\beta_{00}^{(1)} e^{at}}{\left[1 + \frac{b_0 \beta_{00}^{(0)}}{a} (e^{at} - 1)\right]^2} + 2 \sum_{j=1}^{\infty} \frac{\beta_{0j}^{(1)} e^{\tilde{\Omega}_j^{(\alpha)} t} \cos[\Omega_j^{(\alpha)} t + \omega_j x]}{\left[1 + \frac{b_0 \beta_{00}^{(0)}}{a} (e^{at} - 1)\right]^{(b_j + b_0)/b_0}}.$$

$$\Omega_j^{(\alpha)} = D \left| \frac{j\pi}{l} \right|^\alpha \sin\left(\frac{\pi}{2} \alpha\right) \text{sign}(j)$$

Здесь

Класс функций вида (9) естественно назвать классом функций, близких на больших временах к точному решению.

### 3. Моменты плотности распределения

Полученные результаты позволяют с точностью  $O(1/T^2)$  в явном виде вычислить моменты плотности распределения  $u(x, t)$ :

$$\sigma(t) = \int_{-l}^l u(x, t) dx \quad ; \quad X(t) = \frac{1}{\sigma(t)} \int_{-l}^l x u(x, t) dx \quad ; \quad D(t) = \frac{1}{\sigma(t)} \int_{-l}^l (x - X(t))^2 u(x, t) dx$$

Поставим для уравнения (1) задачу Коши, положив

$$u(x, t)|_{t=0} = \phi(x) = \beta_{00} + \frac{1}{T} \exp(-x^2), \quad \beta_{00} = 1, \quad b_\gamma(x, y) = b_0 \exp\{-(x-y)^2\}, \quad a = 0,5, \\ T = 20, \quad D = 0,01, \quad b_0 = 1.$$

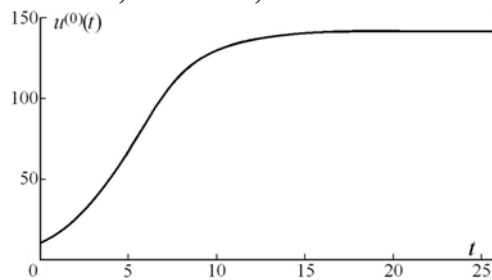


Рис. 1. График функции  $u^{(0)}(t) = \beta_0(t)$

С точностью  $O(1/T^2)$  найдём плотность распределения  $u(x, t)$  и её моменты  $\sigma(t)$ ,  $X(t)$ ,  $D(t)$  в зависимости от порядка дробной производной. Проиллюстрируем эту

зависимость графически. График функции  $u^{(0)}(t)$  приведен на рис. 1.

Графики функции  $u(x, t)$  для различных  $\alpha$  приведены на рис.2.



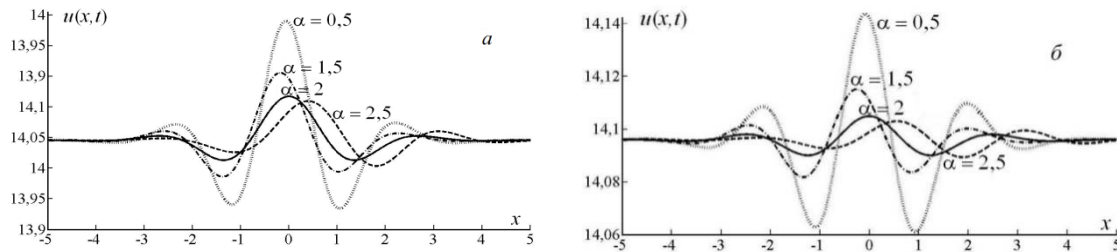


Рис. 2. Плотность распределения  $u(x, t)$  в моменты времени  $t = 15$  (а),  $t = 20$  (б) для различных  $\alpha$ .

Как видно из рис. 2, из начального симметричного распределения гауссовского типа с одним пиком в процессе эволюции, как и в случае обычной диффузии [2], формируется распределение с дополнительными пиками, поведение которых зависит от порядка дробной производной. Высота этих пиков увеличивается по сравнению с высотой пиков при обычной диффузии, и распределение перестает быть симметричным. В случае же обычной диффузии график симметричен относительно начала координат. Чем ниже порядок дробной производной, тем больше смещение графика по сравнению с обычной диффузией и сильнее отклонение от стационарного состояния. Наличие дробных производных приводит к дрейфу центра масс популяции рис. 3. В рассматриваемом примере дисперсия функции  $u(x, t)$  слабо меняется в зависимости от порядка дробной производной, поэтому на рис. 4 приведен графики среднеквадратичных отклонений при  $\alpha = 2,5$  и  $\alpha = 0,5$ .

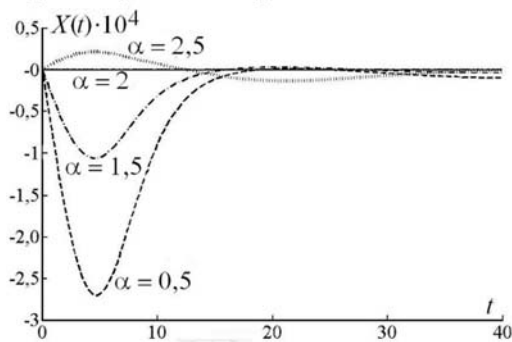


Рис. 3. Графики первых моментов  $X(t)$  при различных  $\alpha$ .

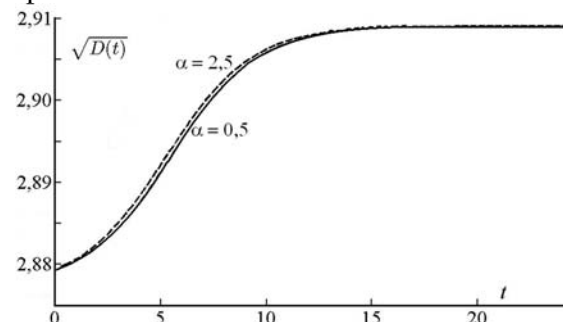


Рис. 4. Графики среднеквадратичных отклонений  $\sqrt{D(t)}$  при  $\alpha = 2,5$  и  $\alpha = 0,5$

Подставим функцию  $u(x, t)$  в уравнение (1) и получим

$$u_t(x, t) - Du_\alpha(x, t) - au(x, t) + u(x, t) \int_{-l}^l b_\gamma(x - y)u(y, t)dy = g(x, t)$$

Функция  $g(x, t)$  называется невязкой уравнения и имеет вид:

$$g(x, t) = \frac{1}{T^2} \sum_{j, k=-\infty}^{\infty} \frac{\beta_{0k}^{(1)} \beta_{0j}^{(1)} e^{(\bar{a}_j + \bar{a}_k)t + i(\omega_k + \omega_j)x} b_j}{\left[ 1 + \frac{b_0 \beta_{00}^{(0)}}{a} (e^{at} - 1) \right]^{2 + \frac{(b_j + b_k)}{b_0}}}$$

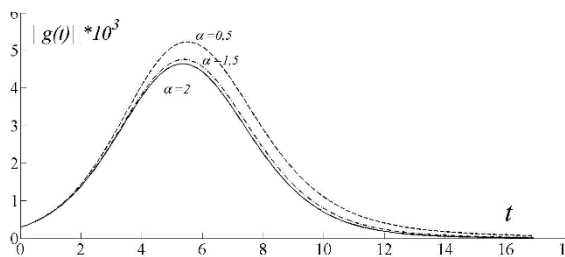


Рис.5 График нормы функции  $g(x, t)$

На рис.5 изображена норма  $\|g(x, t)\|$  в пространстве  $L_1[-l, l]$ . Нетрудно заметить, что норма невязки стремится к нулю, а следовательно приближенное решение стремится к точному

### Список литературы:

1. Fisher R.A. The wave of advance of advantageous genes // Annu. Eugenics. – 1937. – V. 7. – P. 255–369.
2. Колмогоров А.Н., Петровский Н.Г., Пискунов Н.С. // Бюл. МГУ. Сер. А. Математика и Механика. – 1937. – Т. 1, № 6. – С. 1-16.
3. Самко С.Г., Килбас А.А., Маричев О.И. Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения. – Минск: Наука и техника, 1987. – 688 с.
4. Прозоров А.А., Трифонов А.Ю., Шаповалов А.В. Асимптотики одномерного нелокального уравнения Фишера-Колмогорова-Петровского-Пискунова с аномальной диффузией // Известия вузов физика. -2015.- Т.7.- (в печати )

### *Ab initio* исследование диффузии водорода в титане

Т.И. Спиридонова<sup>1</sup>, А.В. Бакулин<sup>2,3</sup>, С.Е. Кулькова<sup>2,3</sup>  
[tistpu@mail.ru](mailto:tistpu@mail.ru)

Научный руководитель: профессор, д.ф.м.н. С.Е. Кулькова

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

<sup>2</sup> Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,  
 Россия, г.Томск, пр. Академический, 2/4, 634055

<sup>3</sup> Национальный исследовательский Томский государственный университет,  
 Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

Титан, являясь элементом IVB группы, активно используется в различных областях промышленности и медицине. Наличие легких примесей оказывает влияние на многие свойства материала. В частности наличие даже небольших концентраций водорода может приводить к ухудшению механических свойств материалов. Взаимодействие водорода с металлами широко изучалось на протяжении прошлого века, в том числе, и в материалах с ГПУ структурой [1-3], однако полученные результаты достаточно противоречивы в отношении предпочтительности диффузионных путей и высоты энергетического барьера. Понимание механизмов диффузии водорода, а также влияния примесей замещения на его диффузию в металлах и сплавах необходимо для улучшения механических свойств, функциональных материалов. Целью настоящей работы являлось изучение диффузии водорода в титане, а также влияния примесей на энергию активации и предпочтительность диффузионных путей.

Расчет электронной структуры титана в гексагональной фазе ( $\alpha$ -Ti) и энергии взаимодействия металл-водород проводился методом проекционных присоединенных волн (PAW) [4] с обобщенным градиентным приближением PBE [6], реализованным программным первопринципным кодом VASP [5]. Энергия обрезания для плоских волн была равна 400 эВ. Сходимость считалась достигнутой, если разница в полных энергиях между двумя последовательными итерациями не превышала 0,01 мэВ. При интегрировании по зоне Бриллюэна использовалась сетка k-точек ( $9 \times 9 \times 7$ ), полученная по схеме Монхорста-Пака. В расчетах использовалась суперячейка размером ( $2 \times 2 \times 2$ ), содержащая шестнадцать атомов титана. Положения атомов в решетке релаксировались до достижения сил на атомах  $\sim 0.01$  эВ/Å.

На Рис. 1 представлены шесть возможных путей диффузии атома водорода в титане. Были рассмотрены пути между октаэдрическими (O) и тетраэдрическими (T) позициями в решетке.

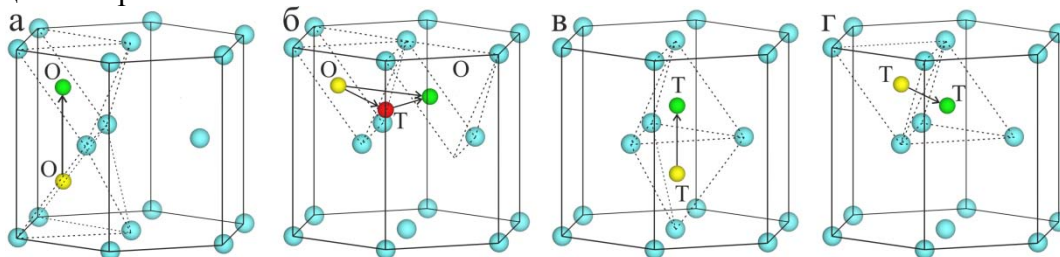


Рис. 1. Диффузионные пути водорода в  $\alpha$ -Ti: между O-позициями вдоль  $[0001]$  (а) и вдоль  $[-12-10]$  и через промежуточную T-позицию (б); между T-позициями вдоль  $[0001]$  (в) и вдоль  $[4-403]$  (г). Начальное, конечное и промежуточное положение водорода показано желтым, зеленым и красным цветом.

Для нахождения наиболее энергетически выгодных диффузионных путей использовался метод восходящих изображений, Climbing Nudged Elastic Band method (CI-NEB) [7]. В данном расчете использовалось пять промежуточных изображений между начальной и конечной позицией водорода в титане. Высота диффузионного барьера рассчитывалась по следующей формуле:

$$Q = E_{\text{saddle}} - E_0,$$

где  $E_{\text{saddle}}$  и  $E_0$  – полная энергия системы с водородом в седловой и в начальной точках, соответственно.

Расчитанные значения энергетических барьеров при диффузии атома водорода в чистом титане в сопоставлении с результатами других теоретических расчетов [1-3] и с экспериментальными данными приведены в Таблице 1. Видно, что диффузия водорода наиболее предпочтительна между T-позициями вдоль направления  $[000-1]$ . Значение энергетического барьера лишь на 0,02 эВ выше, чем в работе [2], в которой использовался PAW-GGA метод. Результат для диффузии водорода между O-позициями в базальной плоскости превышает на 0,15 эВ значение, полученное в работе [1], но находится в хорошем согласии с данными [2]. Расчеты показали, что величина диффузионного барьера практически не зависит от направления миграции водорода между O-позициями. Данное заключение не согласуется с выводами авторов [1, 2]. Отметим, что меньшие значения были получены в работах [1-3] для диффузии водорода в направлении  $[0001]$ . В то же время выводы о барьерах между O-позициями, сделанные в работах [1,2], противоречат друг другу. В тоже время значения барьеров для диффузии между O и T позициями хорошо согласуются со значениями [1]. Поскольку в эксперименте используются поликристаллические

образцы титана, то экспериментальное значение является усредненной величиной по различным направлениям. Действительно, если усреднить значения барьеров для T-T<sub>down</sub>, O-O<sub>down</sub> и T-O-T, то полученное значение 0,53 эВ хорошо согласуется с экспериментальным значением 0,537 эВ [8].

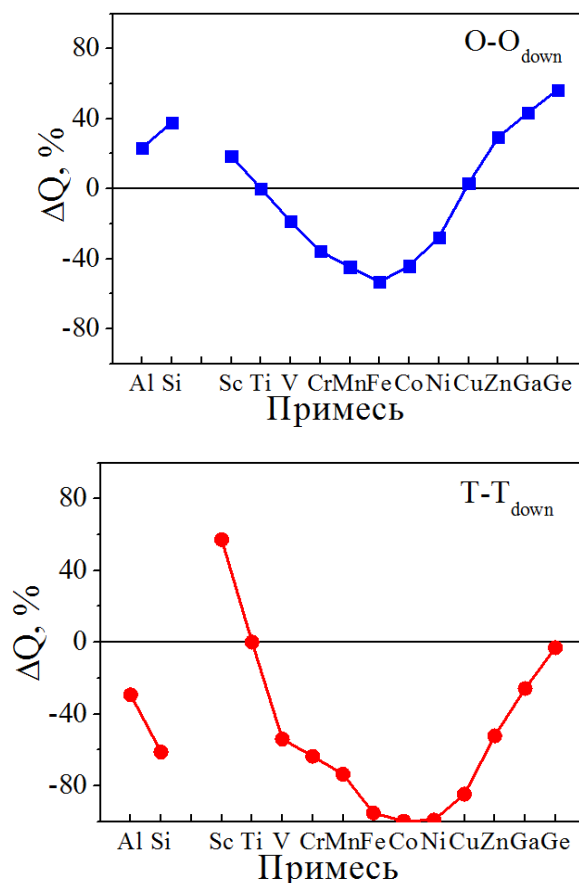
*Таблица 1*

*Значения энергетических барьеров ( $Q$ , эВ) для диффузии водорода в  $\alpha$ -Ti в сопоставлении с результатами других авторов и экспериментальными данными*

	O-O <sub>down</sub>	O-O <sub>plane</sub>	T-T <sub>down</sub>	T-T <sub>plane</sub>	T-O	O-T
$Q$ (2×2×2)	0,762	0,771	0,139	0,602	0,332	0,514
$Q$ [1]	0,695	0,619	–	–	0,344	0,514
$Q$ [2]	0,65	0,79	0,12	0,66	0,39	0,46
$Q$ [3]	0.625	–	0,061	–	0,424	0,504
Эксперимент	0,537 [8], 0,636 [9]					

На рисунке 1 приведены рассчитанные значения энергетических барьеров при диффузии водорода между октаэдрическими и тетраэдрическими позициями в направлении [000-1] в легированном титане.

Можно видеть, что при диффузии водорода вдоль пути T-T<sub>down</sub> все рассматриваемые легирующие примеси, за исключением скандия, уменьшают величину диффузионного барьера и способствуют миграции водорода по тетраэдрическим позициям вдоль направления [000-1]. Максимальное уменьшение величины барьера наблюдается при легировании титана примесями кобальта и никеля. Если водород мигрирует вдоль пути O-O<sub>down</sub>, то влияние примесей не столь однозначно. Из рисунка 1а можно видеть, что в этом случае простые металлы (Al, Ga, Ge), а также Si, Sc, Cu и Zn способствуют увеличению энергетического барьера, и, следовательно, препятствуют диффузии водорода. Как отмечалось выше, простые металлы и кремний отталкивают водород, обладая положительной энергией взаимодействия с атомом H. Данное обстоятельство может способствовать повышению энергии, необходимой для прохождения водородом мимо примеси простого металла, а, следовательно, увеличению диффузионного барьера. В случае легирования переходными металлами результат определяется конкуренцией электронных и структурных факторов.



а)

б)

Рисунок 1 - Относительное увеличение диффузионного барьера для атома водорода при внедрении примесей в  $\alpha$ -титан

Отметим, что все переходные металлы, за исключением цинка, приводят к понижению энергии абсорбции водорода в О-позиции, то есть способствуют внедрению водорода в О-позицию, что приводит к повышению барьера диффузии из данной позиции.

#### Список литературы:

1. Han X.L., Wang Q., Sun D.L., Sun T., Guo Q. First-principles study of hydrogen diffusion in alpha Ti // Int. J. Hydrogen Energy. 2009. V. 34. – P. 3983–3987.
2. Connetable D., Huez J., Andrieu E., Mijoule C. First-principles study of diffusion and interaction of vacancies and hydrogen in hcp-titanium // J. Phys.: Condensed Matter. 2011. V.23. – P. 405401-1–14.
3. Lu Y., Zhang P. First-principles study of temperature-dependent diffusion coefficients: Hydrogen, deuterium, and tritium in  $\alpha$ -Ti // Journal of Applied Physics. 2013. V. 113. – P. 193502-1–4.
4. Blöchl P.E. Projector augmented-wave method // Phys. Rev. B. 1994. V. 50. – P. 17953–17979.
5. Kresse G.P., Hafner J. Ab initio molecular-dynamics simulation of the liquid-metal-amorphous-semiconductor transition in germanium // Phys. Rev. B. 1994. V. 49. – P. 14251-14269.

6. Perdew J.P., Burke K., Ernzerhof M. Generalized gradient approximation made simple // Phys. Rev. Lett. 1996. V. 77. – P. 3865-3868.
7. Henkelman G., Uberuaga B.P., Jónsson H. A climbing image nudged elastic band method for finding saddle points and minimum energy paths // J. Chem. Phys. 2000. V. 113. – P. 9901-9904.
8. Wasilewski R.J., Kehl G.L. Diffusion of hydrogen in titanium // Metallurgia. 1954. V. 50. – P.225-230.
9. Papazoglou T.P., Hepworth M.T. Diffusion of hydrogen in  $\alpha$ -titanium // Trans. Met. Soc. AIME. 1968. V. 242. – P.682-687.

### **Анализ фазовых портретов параметров диффузионной плазмы термоэмиссионного преобразователя энергии**

Тарасова Л.П.

[tarasova.luda31@mail.ru](mailto:tarasova.luda31@mail.ru)

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, Зимин В.П., Национальный  
Исследовательский Томский Политехнический Университет*

*Аннотация. В процессе исследования проводился математический анализ экспериментальных распределений параметров плазмы, с целью выявления на фазовых портретах областей, в которых при некоторых параметрах диода в плазме объемная ионизация начинает конкурировать с поверхностной ионизацией. В результате исследования получены фазовые портреты, качественные оценки.*

В работе [1] была поставлена задача и изложены первые результаты построения и исследования поведения на фазовых плоскостях распределений параметров плазмы в диффузионном режиме работы термоэмиссионного преобразователя (ТЭП). В настоящей работе излагаются результаты, полученные после уточнения как оцифрованных экспериментальных данных, так и постановки задачи. Наряду с экспериментальными результатами, представленными в [2], были учтены распределения параметров диффузионной плазмы работы [3]. Изменение постановки задачи заключалось в замене вида аппроксимирующей функции. Вместо логарифмического приближения была взята функция экспоненциального вида. Это связано с тем, что логарифмическая функция у эмиттера ( $x=0$ ) имеет особенность, что затрудняет проведение корректную экстраполяцию экспериментальных данных в области у эмиттера.

#### **Результаты и их обсуждение**

Уточненные оцифрованные данные распределений параметров плазмы были получены для двух наборов параметров ТЭП.

Для первого набора параметров преобразователя температура эмиттера  $T_E=1565$  К, температура коллектора  $T_C=860$  К, межэлектродный зазор  $d=0,16$  см варьировалось давление насыщенных паров цезия в резервуаре  $p_{Cs}$ , мм рт. ст.: 1 – 0,44; 2 – 1,0; 3 – 2,0. Распределения параметров плазмы снимались на вольтамперной характеристики (ВАХ) в точке тока короткого замыкания. На основании анализа кривых Рейзора эмиттера преобразователя (Мо) получена оценка плотности тока короткого замыкания  $J_{кз}$ , мА/см<sup>2</sup>: 1 – 46,2; 2 – 35,7; 3 – 26,6.

Для второго набора параметров преобразователя  $T_k=1420$  К,  $T_c=800$  К,  $d=0,16$  см,  $p_{cs}=0,44$  мм рт. ст. варьировалась плотность тока на ВАХ ТЭП:  $J$ ,  $\text{mA}/\text{cm}^2$ : 4 – 0; 5 – 10; 6 – 14. Точка 4, в которой снимались распределения параметров плазмы, соответствует холостому ходу, а точка 6 – поджигу дуги.

Для плотности плазмы использовались три аппроксимирующие функции: линейная, квадратичный полином и синусоидальная. Последняя является собственной функцией уравнения диффузии плотности плазмы, учитывающего объемную ионизацию. Анализ критериев пригодности приближений показал, что для первого набора наилучшим приближением является синусоидальная аппроксимация (рис. 1). Сумма квадратов отклонений, нормированной на  $10^{11}$ , изменяется от значения 0,0677 для  $n=n_1(x)$  до 0,167 для  $n=n_3(x)$ . Критерий пригодности варьируется от 0,384 до 0,46. Имеется существенное отклонение от линейной зависимости. Это обстоятельство более отчетливо можно наблюдать на фазовых портретах распределений плотности плазмы (рис. 2). Здесь же показаны поведение аппроксимирующей функции в областях экстраполяции: кресты – приэмиттерная область, кружки – приколлекторная область.

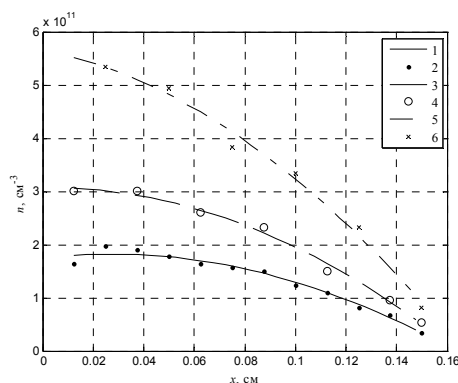


Рис. 1. Аппроксимация экспериментальных распределений плотности плазмы функциями вида  $n=a_1 \cdot \sin(b_1 \cdot x + c_1)$  для первого набора параметров ТЭП,  $p_{cs}$ , мм рт. ст.: 1, 2 – 0,44; 3, 4 – 1,0; 5, 6 – 2,0

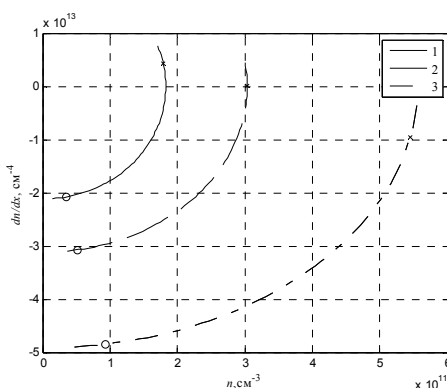


Рис. 2. Фазовые портреты распределений плотности плазмы в межэлектродном зазоре диода. Параметры ТЭП и аппроксимирующие функции как для рис. 1,  $p_{cs}$ , мм рт. ст.: 1 – 0,44; 2 – 1,0; 3 – 2,0

Аналогичные закономерности имеются в поведении для аппроксимирующих функций потенциала пространства, занятого плазмой для первого набора параметров ТЭП (рис. 3, 4). Наилучшим приближением для  $V$  является квадратичный полином. Причем значения первого критерия (сумма квадратов отклонений) для трех аппроксимирующих функций слабо отличаются друг от друга, но по второму критерию пригодности приближения (R-square) преимущество имеет квадратичное приближение.

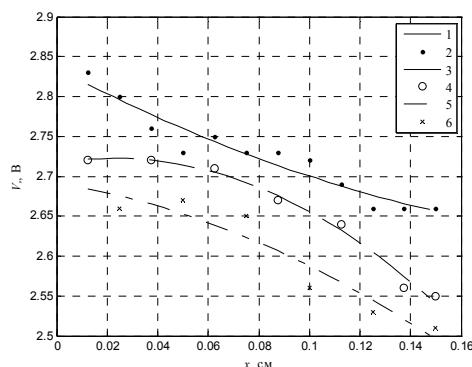


Рис. 3. Аппроксимация экспериментальных распределений потенциала пространства, занятого плазмой функциями вида  $V=p_1 \cdot x^2 + p_2 \cdot x + p_3$  для первого набора параметров ТЭП,  $p_{Cs}$ , мм рт. ст.: 1, 2 – 0,44; 3, 4 – 1,0; 5, 6 – 2,0

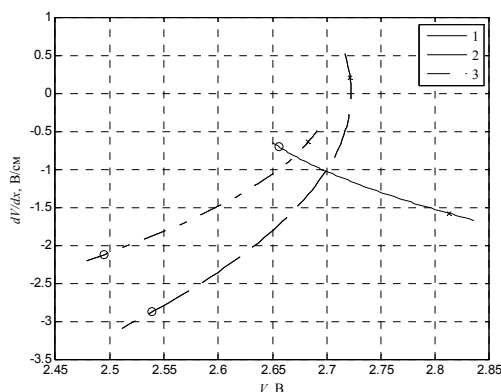


Рис. 4. Фазовые портреты распределений потенциала пространства, занятого плазмой. Параметры ТЭП и аппроксимирующие функции как для рис. 3,  $p_{Cs}$ , мм рт. ст.: 1 – 0,44; 2 – 1,0; 3 – 2,0

Аппроксимация экспериментальных зависимостей для второго набора параметров ТЭП показала, что наилучшим приближением для распределений плотности плазмы является квадратичный полином. На фазовых портретах этих зависимостей (рис. 5) нелинейность проявляется не так отчетливо как для первого набора данных. Особый интерес вызывает поведение зависимости  $n=n_6(x)$  и её аппроксимации, полученной в точки поджига дуги. Но данные в области  $x < 0,05$  см, наиболее интересной с точки зрения процессов поджига, отсутствуют [3]. Поэтому наилучшим приближением является полином второй степени.



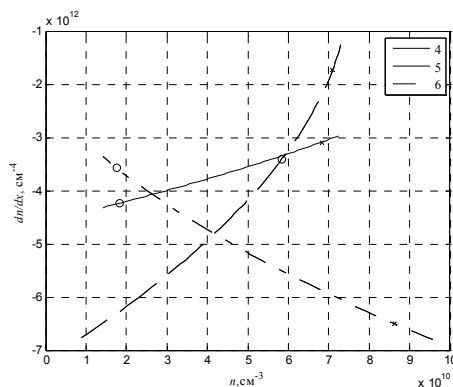


Рис. 5. Фазовые портреты экспериментальных распределений плотности плазмы функциями вида  $n=p_1 \cdot x^2 + p_2 \cdot x + p_3$  для второго набора параметров ТЭП,  $J$ , мА/см<sup>2</sup>: 4 – 0; 5 – 10; 6 – 14

На фазовых портретах потенциала пространства, занятого плазмой для второго набора параметров ТЭП в области у эмиттера так же наблюдаются области нелинейного поведения, протяженность которых увеличивается с ростом плотности тока диода  $J$ .

Анализ аппроксимирующих зависимостей для плотности плазмы показал, что уже при малых значениях плотности тока в диффузионном режиме работы диода объемная ионизация начинает конкурировать с поверхностной и фазовые портреты плотности плазмы значительно отклоняются от прямой линии.

#### Список литературы:

1. Тарасова Л.П. Построение и анализ фазовых портретов диффузионной плазмы термоэмиссионного диода / Л.П. Тарасова, В.П. Зимин // Молодёжь и современные информационные технологии: Сборник трудов XI Междунар. научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. – Томск, 2013. – С. 123–125.
2. Бакшт Ф.Г., Дюжев Г.А., Марциновский А.М. и др. Термоэмиссионные преобразователи и низкотемпературная плазма / под ред. Б.Я. Мойжеса и Г.Е. Пикуса. – М.: Наука, 1973. – 480 с.
3. Зондовые исследования плазмы в термоэмиссионных преобразователях с высоким давлением паров цезия. II. Проверка методов зондов. Некоторые результаты измерений в диффузионном и дуговом режимах / Г.А. Дюжев, А.М. Марциновский, Б.Я. Мойжес и др. // ЖТФ. – 1966. – Т. 36. – Вып. 4. – С. 692–703.

## Сложность алгоритмов криптографической системы Эль-Гамала и их эффективность

Вьонг Х.Б.  
vuonghuubao@live.com

*Зюбин С.А., Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

В статье приводится оценка вычислительной сложности алгоритмов схем шифрования, дешифрования, расшифрования криптографической системы Эль-Гамала на основе мультипликативных групп, предложенных в работах [1]. Оценка сложности алгоритмов, в которых используется метод быстрого возведения в степени [2]. Результат вычисления эффективности криптографической схемы показывает криптографическую схему на основе поля целых гауссовых чисел, что является лучшим.

Шифрсистема Эль-Гамала была предложена в 1985 году и является фактически одним из вариантов метода выработки открытых ключей Диффи-Хеллмана. Криптографическая стойкость данной системы основана на сложности проблемы логарифмирования в мультипликативной группе конечного простого поля. Система Эль-Гамала может быть обобщена для применения в любой конечной циклической группе  $G$ . Криптографическая стойкость такой обобщенной схемы определяется сложностью задачи логарифмирования в группе  $G$ . В качестве группы  $G$ , в работе [1] предложили мультипликативную группу  $\mathbb{F}_p^*, \mathbb{F}_2[x]/\langle \beta \rangle, \mathbb{F}_2[x]/\langle h(x) \rangle, \mathbb{F}_p[x]/\langle x^2 \rangle$ . В пункте 1, 2, 3, 4 приведен вычисление сложности алгоритмов соответственно для классической системы Эль-Гамала, системы Эль-Гамала в мультипликативной группе гауссовых чисел  $\mathbb{F}[i]/\langle \beta \rangle$ , системы Эль-Гамала на группе фактора кольца  $\mathbb{F}_p[x]/\langle x^2 \rangle$ , системы Эль-Гамала в группе фактора кольца  $\mathbb{F}_2[x]/\langle h(x) \rangle$ . В результате определения сложности определяется эффективности данных протоколов, сделано сравнение и выводы этой работы.

### Классическая схема Эль-Гамала

Классическая схема Эль-Гамала установлено в кольце целых чисел  $\mathbb{F}_p = 0, 1, 2, 3, \dots, p-1$  при  $p$  большое простое число.

### Описание алгоритмов классической схемы Эль-Гамала

Реализация данной схемы представляет при передаче информации между А и Б. Сначала установлен открытый и секретный ключ, А использует следующий алгоритм:

**Алгоритм 1.** (Генерация ключа)

1. Генерация большого случайного простого числа  $p$  и вычисление  $p-1$ .
2. Нахождение одного порождающего элемента  $\alpha$  в циклической группе  $\mathbb{F}_p^*$ . Тогда  $\mathbb{F}_p^* = 1, \alpha, \alpha^2, \alpha^3, \dots, \alpha^{p-1}$ .

3. Выбор случайного числа  $a, 1 \leq a \leq p-2$  и вычисление  $\alpha^a \pmod{p}$ . Открытый ключ является  $(p, \alpha, \alpha^a)$  и секретный ключа  $a$ .

Для шифрования сообщения  $m, m \in \mathbb{Z}_p^*$ , Б использует следующий алгоритм:

**Алгоритм 2.** (Схема шифрования)

1. Получение открытого ключа из  $A(p, \alpha, \alpha^a)$ .
2. Выбор случайного целого числа  $k, 2 \leq k \leq p-2$ , вычисление  $\gamma \equiv \alpha^k \pmod{p}$  и  $\delta \equiv m(\alpha^a)^k \pmod{p}$ .
3. Отправление секретного сообщения  $(\gamma, \delta)$ .

Для дешифрования А использует следующий алгоритм:

**Алгоритм 3.** (Схема дешифрования)

1. Получение секретного сообщения  $(\gamma, \delta)$ , отправленного Б.
2. Используя секретный ключа  $a$  для вычисления  $m = \gamma^{-a} \cdot \delta \pmod{p}$ .

**Алгоритм 4.** (Схема расшифрования - полный перебор нахождения секретного ключа число  $a$ )

1. Вычисление  $\alpha^2 \pmod{p}; \dots; \alpha^{p-2} \pmod{p}$
2. Сравнение с  $\alpha^a \pmod{p}$

### Вычислительная сложность алгоритмов классической схемы Эль-Гамала

**Алгоритм 2:** Шифрование

1. Сообщение  $m$
2. Выбрать случайно число  $k, 2 \leq k \leq p-2$
3. Вычислить  
 $\gamma \equiv \alpha^k \pmod{p}$   
 $\delta \equiv m \cdot (\alpha^a)^k \pmod{p}$

Вычислить  $\gamma$ : количество умножений меньше или равно

$$2(\log_2 p + 1) \leq 2(\log_2(p-2) + 1)$$

Каждый раз умножения число разряд двоичных чисел увеличится 2 раза, самое большое число имеет  $\log_2(p-2) \cdot \frac{(p-2)}{2}$  разрядов. Сложность вычисления  $\gamma$

$$2[\log_2(p-2) + 1] \left[ \log_2(p-2) \cdot \frac{(p-2)}{2} \right]^2$$

Далее делить с остатком по модулю  $p$ :  $\left[ \log_2(p-2) \cdot \frac{(p-2)}{2} \right]^2$

Общая сложность определения

$$\gamma\$ : \$2[\log_2(p-2) + 1] \left[ \log_2(p-2) \cdot \frac{(p-2)}{2} \right]^2 + \left[ \log_2(p-2) \cdot \frac{(p-2)}{2} \right]^2$$

Вычислить  $(\alpha^a)^k \pmod{p}$  аналогично вычислению  $\gamma$  общая сложность:

$$2[\log_2(p-2)+1]\left[\log_2(p-2)\cdot\frac{(p-2)}{2}\right]^2 + \left[\log_2(p-2)\cdot\frac{(p-2)}{2}\right]^2$$

Умножение  $m(\alpha^a)^k$  имеет сложность:  $[\log_2(p-1)]^2$

Деление с остатком модулю  $p$  двоичных чисел с количеством разрядов  $2\log_2(p-1)$

Тогда сложность вычисления  $\delta$  :

$$2[\log_2(p-2)+1]\left[\log_2(p-2)\cdot\frac{(p-2)}{2}\right]^2 + \left[\log_2(p-2)\cdot\frac{(p-2)}{2}\right]^2 +$$

$$+ [\log_2(p-1)]^2 + [2\log_2(p-1)]^2$$

Общая сложность алгоритм:

$$2[\log_2(p-2)+1]\left[\log_2(p-2)\cdot\frac{(p-2)}{2}\right]^2 + \left[\log_2(p-2)\cdot\frac{(p-2)}{2}\right]^2 +$$

$$2[\log_2(p-2)+1]\left[\log_2(p-2)\cdot\frac{(p-2)}{2}\right]^2 + \left[\log_2(p-2)\cdot\frac{(p-2)}{2}\right]^2 +$$

$$+ [\log_2(p-1)]^2 + [2\log_2(p-1)]^2 =$$

$$= 2[2\log_2(p-2)+3]\left[\log_2(p-2)\cdot\frac{(p-2)}{2}\right]^2 + 5[\log_2(p-1)]^2$$

### Алгоритм 3: Разшифрование

1. Вычислить  $\gamma^{p-1-a}(\bmod p)$

Вычитание  $p-1-a : \log_2(p-1)$

Вычисление  $\gamma^{p-1-a}$  аналогично как определение  $\gamma$  в алгоритме 1:

$$2[\log_2(p-2)+1]\left[\log_2(p-2)\cdot\frac{(p-2)}{2}\right]^2 + \left[\log_2(p-2)\cdot\frac{(p-2)}{2}\right]^2$$

2. Вычислить  $m \equiv \gamma^{-a} \delta (\bmod p)$

$$[\log_2(p-1)]^2 + [2\log_2(p-1)]^2 = 5[\log_2(p-1)]^2$$

Общая сложность алгоритма 3:

$$2[\log_2(p-2)+1]\left[\log_2(p-2)\cdot\frac{(p-2)}{2}\right]^2 + \left[\log_2(p-2)\cdot\frac{(p-2)}{2}\right]^2 + 5[\log_2(p-1)]^2$$

### Алгоритм 4: Дешифрование

Вычислить  $\alpha^2(\bmod p); \dots; \alpha^{p-2}(\bmod p)$  и сравнение с  $\alpha^a(\bmod p)$

1. Сравнение  $\alpha$  с  $\alpha^a(\bmod p)$ :  $\log_2(p-1)$

2. Вычислить  $\alpha^2(\bmod p)$  и сравнение с  $\alpha^a(\bmod p)$  :

$$2[\log_2(p-1)]^2 + \log_2(p-1)$$

3. Вычислить  $\alpha^3(\bmod p)$  и сравнение с  $\alpha^a(\bmod p)$  ( число разряд  $\alpha^2$  уже  $2\log_2(p-1)$ )

$$2[\log_2(p-1)][2 \cdot \log_2(p-1)] + \log_2(p-1) = 2 \cdot 2[\log_2(p-1)]^2 + \log_2(p-1)$$

Аналогично для  $\alpha^{p-2}$

$$2[\log_2(p-1)][(p-3) \cdot \log_2(p-1)] + \log_2(p-1) = 2 \cdot (p-3)[\log_2(p-1)]^2 + \log_2(p-1)$$

Общая сложность определения  $\alpha$  полным перебором:

$$2[\log_2(p-1)]^2(1+2+3+\dots+(p-3)) + (p-2) \cdot \log_2(p-1)$$

### Системы Эль-Гамала в мультипликативной группе гауссовых чисел

$$\square [i]/ < \beta >$$

Данная схема Эль-Гамала установлено в мультипликативной группе гауссовых чисел

$\square [i]/ < \beta >$  при  $\beta$  - простое число вида  $4k+3$ .

Описание алгоритмов схемы Эль-Гамала в мультипликативной группе гауссовых чисел

Реализация данной схемы представляет при передаче информации между А и Б. Сначала установлен открытый и секретный ключ, А использует следующий алгоритм:

**Алгоритм 1.** (Генерация ключа)

1. Генерация большого случайного простого числа  $\beta = p$  вида  $4k+3$  и вычисление  $p^2-1$ .

2. Нахождение одного порождающего элемента  $\theta$  в циклической группе  $G_\beta^*$ . Тогда  $G_\beta = (a+bi) | 0 \leq a \leq p-1, 0 \leq b \leq p-1$  и  $G_\beta^* = 1, \theta, \theta^2, \theta^3, \dots, \theta^{p^2-1}$ .

3. Выбор случайного числа  $a, 1 \leq a \leq p^2-2$  и вычисление  $\theta^a \pmod{\beta}$ . Открытый ключ является  $(p, \theta, \theta^a)$  и секретный ключа  $a$ .

Для шифрования сообщения  $m, m \in G_\beta^*$ , Б использует следующий алгоритм:

**Алгоритм 2.** (Схема шифрования)

1. Получение открытый ключа из А  $(p, \theta, \theta^a)$ .

2. Выбор случайного целого числа  $k, 2 \leq k \leq p^2-2$ , вычисление  $\gamma \equiv \theta^k \pmod{\beta}$  и  $\delta \equiv m(\theta^a)^k \pmod{\beta}$ .

3. Отправление секретного сообщения  $(\gamma, \delta)$ .

Для дешифрования А использует следующий алгоритм:

**Алгоритм 3.** (Схема дешифрования)

1. Получение секретного сообщения  $(\gamma, \delta)$ , отправленного Б.

2. Используя секретный ключа  $a$  для вычисления  $m = \gamma^{-a} \cdot \delta \pmod{\beta}$ .

**Алгоритм 4.** (Схема расшифрования - полный перебор нахождения секретного ключа  $a$ )

1. Вычисление  $\theta^2 \pmod{\beta}; \dots; \theta^{p^2-2} \pmod{\beta}$

2. Сравнение с  $\theta \alpha^a \pmod{\beta}$

**Вычислительная сложность алгоритмов Системы Эль-Гамалья в  
мультипликативной группе гауссовых чисел  $\square [i] / < \beta >$**

**Алгоритм 2:**

1. Сообщение  $m$
2. Выбрать случайно число  $k, k \leq p^2 - 1$
3. Вычислить  $\gamma \equiv \theta^k \pmod{\beta}$

Вычисление  $\theta^k$  количество умножений меньше  $2(\log_2 k + 1) \leq 2(\log_2(p^2 - 1) + 1)$

Умножение  $(a + bi)(c + di) = ac - db + (bc + ad)i$  требует 4 умножения и 2 сложения

Сложность вычисления с учетом повышения разрядов число после каждого умножения.

Деление требует 6 умножений, 2 сложения, 2 деления.

$$2 \lceil \log_2(p^2 - 1) \rceil \left\{ 4 \left[ \left( \log_2 p \right) \frac{p}{2} \right]^2 + 2 \log_2 p \cdot \frac{p}{2} \right\}$$

Общая сложность вычисления  $\gamma$

$$2 \lceil \log_2(p^2 - 1) \rceil \left\{ 4 \left[ \left( \log_2 p \right) \frac{p}{2} \right]^2 + 2 \log_2 p \cdot \frac{p}{2} \right\} + 6(p \log_2 p)^2 + 2p \log_2 p + 2((p+1) \log_2 p)^2 = 4 \log_2(p^2 - 1)$$

4. Вычислить  $\delta \equiv m(\theta^a)^k \pmod{\beta}$

Вычисление  $(\theta^a)^k \pmod{\beta}$  аналогично вычисления  $\gamma$ :

$$4 \log_2(p^2 - 1) \left\{ 2 \left[ \left( \log_2 p \right) \frac{p}{2} \right]^2 + \log_2 p \cdot \frac{p}{2} \right\} + 14(\log_2 p)^2 + 2 \log_2 p$$

Умножение  $m(\theta^a)^k \pmod{\beta}$  :

$$4(\log_2 p)^2 + 2 \log_2 p + 6(\log_2 p)^2 + 2 \log_2 p + 2(2 \log_2 p)^2 = 18(\log_2 p)^2 + 4 \log_2 p$$

Общая сложность алгоритма

$$\begin{aligned} & 4 \log_2(p^2 - 1) \left\{ 2 \left[ \left( \log_2 p \right) \frac{p}{2} \right]^2 + \log_2 p \cdot \frac{p}{2} \right\} + 6(p \log_2 p)^2 + 2p \log_2 p + \\ & 2((p+1) \log_2 p)^2 + 4 \log_2(p^2 - 1) \left\{ 2 \left[ \left( \log_2 p \right) \frac{p}{2} \right]^2 + \log_2 p \cdot \frac{p}{2} \right\} + 14(\log_2 p)^2 \\ & + 2 \log_2 p + 18(\log_2 p)^2 + 4 \log_2 p = \\ & = 8 \log_2(p^2 - 1) \left\{ 2 \left[ \left( \log_2 p \right) \frac{p}{2} \right]^2 + \log_2 p \cdot \frac{p}{2} \right\} + 6(p \log_2 p)^2 \\ & + 2p \log_2 p + 2((p+1) \log_2 p)^2 + 32(\log_2 p)^2 + 6 \log_2 p \end{aligned}$$

**Алгоритм 3: Разшифрование**

1. Вычислить  $\gamma^{p-1-a} \pmod{\beta}$

Вычисление  $p-1-a: \log_2 p$

Вычисление  $\gamma^{p-1-a}(\bmod \beta)$  аналогично вычислению  $\gamma$  :

$$4\log_2(p^2-1)\left\{2\left[(\log_2 p)\frac{p}{2}\right]^2 + \log_2 p \cdot \frac{p}{2}\right\} + 6(p\log_2 p)^2 + 2p\log_2 p + 2((p+1)\log_2 p)^2$$

2. Вычислить  $\gamma^{-a}\delta(\bmod \beta)$  аналогично вычислению  $\delta$  :

$$4\log_2(p^2-1)\left\{2\left[(\log_2 p)\frac{p}{2}\right]^2 + \log_2 p \cdot \frac{p}{2}\right\} + 14(\log_2 p)^2 + 2\log_2 p + 18(\log_2 p)^2 + 4\log_2 p =$$

$$= 4\log_2(p^2-1)\left\{2\left[(\log_2 p)\frac{p}{2}\right]^2 + \log_2 p \cdot \frac{p}{2}\right\} + 32(\log_2 p)^2 + 6\log_2 p$$

Общая сложность алгоритма:

$$4\log_2(p^2-1)\left\{2\left[(\log_2 p)\frac{p}{2}\right]^2 + \log_2 p \cdot \frac{p}{2}\right\} + 6(p\log_2 p)^2 +$$

$$2p\log_2 p + 2((p+1)\log_2 p)^2 + 4\log_2(p^2-1)\left\{2\left[(\log_2 p)\frac{p}{2}\right]^2 + \log_2 p \cdot \frac{p}{2}\right\} +$$

$$32(\log_2 p)^2 + 6\log_2 p = 8\log_2(p^2-1)\left\{2\left[(\log_2 p)\frac{p}{2}\right]^2 + \log_2 p \cdot \frac{p}{2}\right\} +$$

$$6(p\log_2 p)^2 + 2p\log_2 p + 2((p+1)\log_2 p)^2 + 32(\log_2 p)^2 + 6\log_2 p$$

**Алгоритм 4: Дешифрование**

Вычислить  $\theta^2(\bmod \beta); \dots; \theta^{p-2}(\bmod \beta)$  и сравнение с  $\theta^i(\bmod \beta)$

1. Сравнение  $\theta$  с  $\theta^i(\bmod \beta)$ :  $2\log_2 p$

2. Вычислить  $\theta^2(\bmod \beta)$  и сравнение с  $\theta^i(\bmod \beta)$ :

Вычислить  $\theta^2$  :  $4(\log_2 p)^2 + 2(\log_2 p)$

Деление по модулю  $\beta$  :  $4(\log_2 p)^2 + 2\log_2 p + 2(2\log_2 p)^2$

Сравнение:  $2\log_2 p$

Общая сложность:

$$4(\log_2 p)^2 + 2(\log_2 p) + 4(\log_2 p)^2 + 2\log_2 p + 2(2\log_2 p)^2 + 2\log_2 p = 16(\log_2 p)^2 + 8(\log_2 p)$$

3. Вычислить  $\theta^3(\bmod \beta)$  и сравнение с  $\theta^i(\bmod \beta)$  (число разряд  $\theta^2$  уже  $2\log_2 p$ )

Вычислить  $\theta^3$  :  $4(\log_2 p)^2 \cdot 2 + 2(\log_2 p) \cdot 2$

Деление по модулю  $\beta$  :  $4(\log_2 p)^2 \cdot 2 + 2\log_2 p \cdot 2 + 2(\log_2 p \cdot 4)^2$

Сравнение:  $2\log_2 p$

$$\Rightarrow 4(\log_2 p)^2 \cdot 2 + 2(\log_2 p) \cdot 2 + 4(\log_2 p)^2 \cdot 2 + 2\log_2 p \cdot 2 + 2(\log_2 p \cdot 4)^2 + 2\log_2 p$$

Аналогично для  $\theta^{p^2-1}$

$$4(\log_2 p)^2 \cdot (p^2 - 2) + 2(\log_2 p) \cdot (p^2 - 2) + 4(\log_2 p)^2 \cdot (p^2 - 2) + 2\log_2 p \cdot (p^2 - 2) + 2(\log_2 p \cdot (2p^2 - 4))^2 + 2\log_2 p$$

Общая сложность определения  $\alpha$  полным перебором:

$$4(\log_2 p)^2 [1 + 2 + 3 + \dots + (p^2 - 2)] + 2(\log_2 p) [1 + 2 + 3 + \dots + (p^2 - 2)] + 4(\log_2 p)^2 \cdot (p^2 - 2) + 2\log_2 p [1 + 2 + 3 + \dots + (p^2 - 2)] + 2 \left\{ \log_2 p \cdot 2 [1 + 2 + 3 + \dots + (p^2 - 2)] \right\}^2 + 2(p^2 - 1) \log_2 p$$

### Системы Эль-Гамала в группе фактора кольца $U(\square_p[x]/<x^2>)$

Данная схема Эль-Гамала установлено в группе фактора кольца  $U(\square_p[x]/<x^2>)$  при  $p$  большое простое число.

#### Описание алгоритмов схемы Эль-Гамала в группе фактора кольца

$U(\square_p[x]/<x^2>)$

Реализация данной схемы представляет при передаче информации между А и Б. Сначала установлен открытый и секретный ключ, А использует следующий алгоритм:

Алгоритм 1. (Генерация ключа)

1. Генерация большого случайного простого числа  $p$  и вычисление  $p(p-1)$ .
2. Нахождение одного порождающего элемента  $\alpha(x)$  в циклической группе  $U(\square_p[x]/<x^2>)$ . Тогда  $U(\square_p[x]/<x^2>) = 1, \alpha(x), \alpha(x)^2, \alpha(x)^3, \dots, \alpha(x)^{p^2-p-1}$ .
3. Выбор случайного числа  $a, 2 \leq a \leq p^2 - p - 1$  и вычисление  $\alpha(x)^a \pmod{x^2}$ .

Открытый ключ является  $(p, \alpha(x), \alpha(x)^a)$  и секретный ключа  $a$ .

Для шифрования сообщения  $m, m \in U(\square_p[x]/<x^2>)$ , Б использует следующий алгоритм:

Алгоритм 2. (Схема шифрования)

1. Получение открытый ключа из А  $(p, \alpha(x), \alpha(x)^a)$ .
2. Выбор случайного целого числа  $k, 2 \leq k \leq p^2 - p - 1$ , вычисление  $\gamma \equiv \alpha(x)^k \pmod{x^2}$  и  $\delta \equiv m(\alpha(x)^a)^k \pmod{x^2}$ .
3. Отправление секретного сообщения  $(\gamma, \delta)$ .

Для дешифрования А использует следующий алгоритм:

Алгоритм 3. (Схема дешифрования)

1. Получение секретного сообщения  $(\gamma, \delta)$ , отправленного Б.
  2. Используя секретный ключа  $a$  для вычисления  $m = \gamma^{-a} \cdot \delta \pmod{x^2}$ .
- Алгоритм 4. (Схема расшифрования - полный перебор нахождения секретного ключа  $a$ )

1. Вычисление  $\alpha(x)^2 \pmod{x^2}; \dots; \alpha(x)^{p^2-p-1} \pmod{x^2}$



## 2. Сравнение с $\alpha(x)^a \pmod{x^2}$

### Вычислительная сложность алгоритмов системы Эль-Гамала в группе фактора кольца $U(\mathbb{F}_p[x]/\langle x^2 \rangle)$

#### Алгоритм 2:

1. Сообщение  $m$
2. Выбрать случайно число  $k$ ,  $2 \leq k \leq p^2 - p - 1$
3. Вычислить  $\gamma \equiv \alpha(x)^k \pmod{x^2}$

$$\alpha(x) = a + bx$$

$$\alpha(x)^k = b^k + kab^{k-1}x$$

Определение  $b^k, b \leq p-1, k \leq p^2 - p - 1$

Количество умножений меньше  $2(\log_2 k + 1) \leq 2[\log_2(p^2 - p - 1) + 1]$

Самое большое число разрядов при вычислении  $b^k$ :  $\frac{(p^2 - p - 1)}{2} \log_2(p - 1)$

Сложность все умножений  $2[(\log_2(p^2 - p - 1) + 1)] \left[ \frac{p^2 - p - 1}{2} \log_2(p - 1) \right]^2$

Деление по модулю  $p$ :  $\left[ \log_2(p - 1) \cdot \frac{p^2 - p - 1}{2} \right]^2$

Умножение  $kab^{k-1}$  имеет 3 умножения:

Умножение  $ab^{k-1} : [\log_2(p - 1)]^2$

Умножение  $k(ab^{k-1}) : \log_2(p^2 - p - 1) \cdot 2 \log_2 p$

Общая сложность вычисления  $\gamma$

$$2[(\log_2(p^2 - p - 1) + 1)] \left[ \frac{p^2 - p - 1}{2} \log_2(p - 1) \right]^2 + \left[ \log_2(p - 1) \cdot \frac{p^2 - p - 1}{2} \right]^2 + [\log_2(p - 1)]^2 + \log_2(p^2 - p - 1) \cdot 2 \log_2 p$$

4. Вычислить  $\delta \equiv m(x)(\alpha(x)^a)^k \pmod{x^2}$

Вычислить  $(\alpha(x)^a)^k \pmod{x^2}$  аналогично вычислению  $\gamma$

$$2[(\log_2(p^2 - p - 1) + 1)] \left[ \frac{p^2 - p - 1}{2} \log_2(p - 1) \right]^2 + \left[ \log_2(p - 1) \cdot \frac{p^2 - p - 1}{2} \right]^2 +$$

$$[\log_2(p - 1)]^2 + \log_2(p^2 - p - 1) \cdot 2 \log_2 p$$

Умножение

$$m(x)(\alpha(x)^a)^k \pmod{x^2}$$

$$(ax + b)(cx + d) = bd + (ad + bc)x$$

требует

3 умножения:  $3(\log_2(p - 1))^2$

1 сложение:  $2 \log_2(p-1)$

2 деления по модулю  $p$ :  $2(2 \log_2(p-1))^2$

Общая сложность:

$$4 \left[ (\log_2(p^2 - p - 1) + 1) \left[ \frac{p^2 - p - 1}{2} \log_2(p-1) \right]^2 + 2 \left[ \log_2(p-1) \cdot \frac{p^2 - p - 1}{2} \right]^2 + \right. \\ \left. 2[\log_2(p-1)]^2 + 2 \log_2(p^2 - p - 1) \cdot 2 \log_2(p-1) + 3(\log_2(p-1))^2 + 2 \log_2(p-1) + \right. \\ \left. + 2(2 \log_2(p-1))^2 \right] = \left[ 4(\log_2(p^2 - p - 1) + 6) \left[ \frac{p^2 - p - 1}{2} \log_2(p-1) \right]^2 + \right. \\ \left. + 13[\log_2(p-1)]^2 + 2 \log_2(p^2 - p - 1) \cdot 2 \log_2(p-1) + 2 \log_2(p-1) \right]$$

**Алгоритм 3: Разшифрование**

1. Вычислить  $p^2 - p - a$ :  $(\log_2 p)^2 + 2(2 \log_2 p)$

$$2 \left[ (\log_2(p^2 - p - 1) + 1) \left[ \frac{p^2 - p - 1}{2} \log_2(p-1) \right]^2 + \left[ \log_2(p-1) \cdot \frac{p^2 - p - 1}{2} \right]^2 + [\log_2(p-1)]^2 \right. \\ \left. + \log_2(p^2 - p - 1) \cdot 2 \log_2 p \right]$$

Вычислить  $\gamma^{p^2 - p - a}$  аналогично вычислению  $\gamma$

2. Вычислить  $\gamma^{-a} \delta(\text{mod } x^2)$ :  $3(\log_2(p-1))^2 + 2 \log_2(p-1) + 2(2 \log_2(p-1))^2$

Общая сложность:

$$2 \left[ (\log_2(p^2 - p - 1) + 1) \left[ \frac{p^2 - p - 1}{2} \log_2(p-1) \right]^2 + \left[ \log_2(p-1) \cdot \frac{p^2 - p - 1}{2} \right]^2 + \right. \\ \left. + [\log_2(p-1)]^2 + \log_2(p^2 - p - 1) \cdot 2 \log_2 p + 3(\log_2(p-1))^2 + 2 \log_2(p-1) + \right. \\ \left. + 2(2 \log_2(p-1))^2 \right] = \left[ 2(\log_2(p^2 - p - 1) + 3) \left[ \frac{p^2 - p - 1}{2} \log_2(p-1) \right]^2 + \right. \\ \left. + 12[\log_2(p-1)]^2 + \log_2(p^2 - p - 1) \cdot 2 \log_2 p + 2 \log_2(p-1) \right]$$

**Алгоритм 4: Дешифрование**

Сравнение  $\alpha(x)$  с  $\alpha(x)^a$ :  $2 \log_2(p-1)$

Вычислить  $\alpha(x)^2$  и сравнение с  $\alpha(x)^a$ :  $\alpha(x)^2 = b^2 + 2abx$

Аналогично вычислить  $\alpha(x)^k$  и сравнение с  $\alpha(x)^a$ :  $\alpha(x)^k = b^k + kab^{k-1}x$

Принимаем что вычислить  $kab^{k-1}$ ,  $k$  имеет максимальное число разряд:

$$\log_2(p^2 - p - 1)$$

Тогда вычислить  $\alpha(x)^k$  и сравнение с  $\alpha(x)^a$ :  $\alpha(x)^k = b^k + kab^{k-1}x$  имеет сложность:

$$[(k-1) \log_2(p-1)] \log_2(p-1) + (2 \log_2(p-1)) \log_2(p^2 - p - 1) + [\log_2(p-1)]^2$$

Общая сложность

$$\sum_{k=1}^{p^2 - p - 1} [(k-1) \log_2(p-1)] \log_2(p-1) + [(2 \log_2(p-1)) \log_2(p^2 - p - 1) + [\log_2(p-1)]^2] \cdot (p^2 - p - 1)$$

**Схема Эль-Гамала и Эффективность схемы Эль-Гамала**

Классическая схема Эль-Гамала	$\frac{[\log_2(p-1)]^2 \cdot (p-2) \cdot (p-3) + (p-2) \cdot \log_2(p-1)}{p-1} \sim p \log_2 p \cdot (\log_2 p + 1)$
В мультипликативной группе гауссовых чисел $\square[i]/<\beta>$	$\frac{2 \log_2 p \cdot (p^2 - 1)^2 + 2(\log_2 p)^2 \cdot [(p^2 - 1)(p^2 - 2) + (p^2 - 1)^2(p^2 - 2)^2 + 2(p^2 \cdot$
в группе фактора кольца $U(\square_p[x]/<x^2$	$\frac{(p^2 - p - 1) \cdot \left[ (2 \log_2(p-1)) \log_2(p^2 - p - 1) + [\log_2(p-1)]^2 + [\log_2(p-1)]^2 \right]}{p^2 - p - 1}$

### Заключение

И так, в работе определена эффективности каждой из перечисленных схем Эль-Гамала в разных групп. По результатам вычисления показывается, что схема Эль-Гамала дает наибольшую эффективность является схемой в поле гауссовых целых чисел  $\square[i]/<\beta>$ .

### Список литературы:

1. Nasser El-Kassar, Ramzi A. Haraty // ElGamal Public-key Cryptosystem in Multiplicative Groups of quotient Rings of Polynomials of Finite Fields, Comput. Sci. Inf. Syst. 2(1): 63-77 (2005)
2. Панкратова И.А. Теорико-числовые методы криптографии. – М.: ТГУ, 2009. - 120 с.

### Характеристика положения тела спортсмена в безопорном положении с точки зрения биомеханических основ

Разуванова А.В.  
[visann@tpu.ru](mailto:visann@tpu.ru)

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

Много ли людей способно оторваться от земли и зависнуть на пару секунд в воздухе? Естественно никто в мире не считал количество умеющих прыгать в высоту или процент людей способных совершать акробатические элементы в воздухе. Однако не сложно предположить, что прыгнуть в длину с места сможет приблизительно три четверти здорового населения, а скрутить сальто или зависнуть над планкой при прыжке «фосбери – флоп» сможет уже, куда меньшая часть населения. Безопорное положение – это вызов для нормальной физиологии человека,

испытание для всех систем организма, с которым спортсмены определенных видов спорта сталкиваются постоянно, а для многих безопорное положение является основным состоянием для выполнения базового двигательного действия.

С точки зрения теории физической культуры и спорта уверенность в безопорном положении в разных видах спорта достигается путем тренировок, постепенно подводящих индивидуальную технику выполнения определенного упражнения к эталонной. В таком случае единственным критерием оценки является соответствие этому эталону, а вся задача тренера заключается в устранении отклонений от эталонного исполнения.

При этом мало внимания уделяется оценке состояния физиологических процессов, обеспечивающих технику движений. Часто все сводится к общеизвестным принципам рефлекторной теории Сеченова, хотя сегодня в физиологии двигательной активности существует комплекс методик, позволяющих с помощью высокоточной современной техники беспристрастно, исключая субъективность человеческого восприятия, оценивать магистральные системы физиологии конкретного объекта исследования.

**Цель исследования:** оценить по средствам функциональной диагностики насколько квалификация спортсменов влияет на физиологические характеристики при выполнении двигательных действий в безопорном положении.

В любых вариация безопорного положения тела, человек боится не столько состояния невесомости в момент зависания в воздухе, сколько результата временного отсутствия опоры и соприкосновения с точкой приземления. А точнее удара, еще больше падения. Данный факт психофизиологической особенности человека стал основой для сравнения спортсменов различных категорий по критерию результативности полета, то есть приземлению.

Приземленное положение тела спортсмена характерно и определяется позой, ориентацией тела, местоположением в пространстве и отношением к опоре. Для сохранения положения тела спортсмену следует фиксировать позу путём нейтрализации сил, которые могут сместить его с площади контура приземления. [1]

Для анализа ориентации звеньев тела, их местоположения в пространстве и отношения к опоре в нашем исследовании использовалась методика функциональной диагностики – цифровая покадровая фотосъемка на высокоскоростной видеокамере VISION RESEARCH модель Phantom Miro eX2/eX4 технические возможности, которой позволяют снимать до 1200 кадров в секунду.

Предметом исследования стали два не коррелирующих двигательных действия: прыжок в длину с места, и сальто назад с места. Оценка велась четырех анатомических углов тела (Рисунок 1.), числовые значения которых удалось получить по средствам программы обработки видео файлов Traker. Однако в ходе исследования выяснилось, что для достижения поставленной цели анализ необходимо сконцентрировать на угле №2, который является центральным фактором в оценке двигательного действия, так как включает в себя зону общего центра массы тела (ОЦТ).

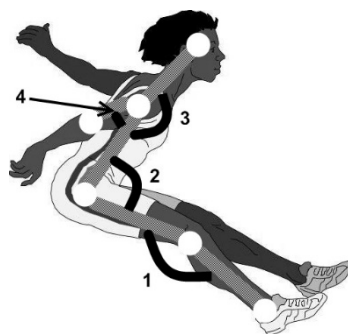


Рисунок 1. Схема обозначения анатомических углов тела.

Управление устойчивостью тела осуществляется посредством расположения вертикальной проекции ОЦТ в пространственном поле устойчивости или в контуре овала площади приземления. При этом, чем ближе проекция ОЦТ к центру пространственного поля, тем более устойчиво приземление. [1]

В прыжках в длину с места высококвалифицированные спортсмены при приземлении совершают глубокий присед (угол №1  $\approx 37^\circ$ ) практически «на корточках», не боясь возможности потери равновесия и высокой нагрузки на опорно-двигательный аппарат. В то время как спортсмены общей физической подготовки при приземлении присаживаются (угол №1  $\approx 90^\circ$ ) (Рисунок 2.), оставаясь при этом не устойчивыми из-за неправильного расположения проекции ОЦТ, компенсируют прыжок, ударяясь об пол, травмируют надкостницу.

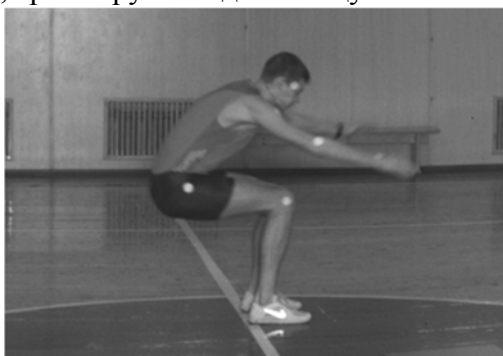


Рисунок 2. Кадр приземления испытуемого группы «общей физической подготовки»

Что же в этот момент происходит с факторообразующим углом №2 при ОЦТ. Угол находится уже в согнутом состоянии, то есть тело спортсмена согнуто в тазобедренном суставе и продолжает сгибаться до момента полного переноса массы тела на стопы. И здесь наблюдается характерные различия между двумя группами:

- Группа «общей физической подготовки» обеспечивая себе безопасное приземление, практически не сгибает угол № 2 от момента начала приземления до вертикального выхода сохраняя его в значении  $50^\circ$ - $55^\circ$ . Поэтому угол № 2 резко сгибается только в момент постановки точки опоры на пол.

- А у группы квалифицированных спортсменов угол № 2 в момент соприкосновения с опорой уже согнут до  $70^{\circ}$ - $60^{\circ}$ , за счет одновременно выпрямленных вперед ног, отведенных назад рук, для увеличения дальности прыжка. И продолжает плавно сгибаться на протяжении всего приземления до значений в  $15^{\circ}$ - $20^{\circ}$ . То есть они сознательно приближают проекцию ОЦТ к области приземления за счет сгибания в углу №2 для устойчивого приземления.

Абсолютно противоположная ситуация складывается в исполнении сальто назад на месте. Для устойчивого приземления необходимо приземляться в разогнутом положении на слегка согнутые колени на носки для амортизации удара с поверхностью пола. Поэтому спортсмены старших разрядов после мощного вылета вверх, группируются на доли секунды для увеличения скорости «перебрасывания» конечностей вокруг ОЦТ и практически сразу подстраивают свое тело под приземление, посылая сигналы мышцам еще в воздухе. Это отчетливо видно на кадрах фотосъемки, и на графике кривой угла №2 (Рисунок 4.).

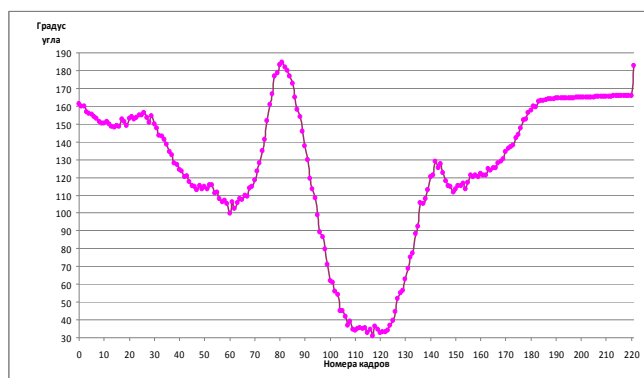


Рисунок 3. Кадр приземления, график изменения анатомического угла №2 во время исполнения сальто назад спортсменом высокой категории

Фаза приземления на графике (Рисунок 3.) начинается на 120 кадре съемки. На графике хорошо видно как на это реагирует кривая угла №2, она начинает резко расти, свидетельствуя о увеличении градуса в угле №2 (с  $30^{\circ}$  до  $130^{\circ}$ ), то есть о разгибании спортсмена и подготовки функциональных систем к приземлению. На кадре (Рисунок 3.) изображен момент уже соприкосновения с площадью поверхности, что на графике кривой угла №2 по оси x соответствует 150 кадру, когда значения этого угла равно  $110^{\circ}$ .

В отличие от своих коллег начинающих прыгать в длину, которые как показано выше практически не сгибаются в углу №2 при ОЦТ, акробаты, только осваивающие сальто назад стремятся как можно сильнее и дольше сгруппироваться. То есть, имея несовершенную программу двигательного действия, при этом опасаясь упасть «плашмя» или не докрутиться в воздухе и удариться головой, акробаты младших разрядов абсолютно не готовят себя к приземлению (Рисунок 4.).

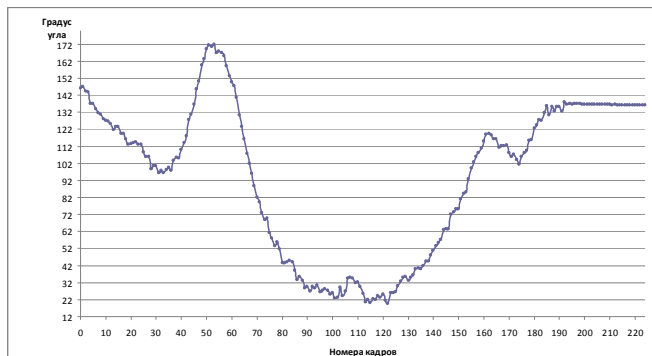


Рисунок 4. Кадр приземления, график изменения анатомического угла №2 во время исполнения сальто назад спортсменом младшей категории

На графике кривой угла №2 фаза приземления соответствует по оси x с 90 кадра. Мы видим, что несмотря на фазу приземления спортсмен остается в согнутом состоянии (угол при ОЦТ № 2  $\approx 22^\circ$ ) на протяжении всего приземления (кадр с 90-140). На фотокадре (Рисунок 4.) показан момент, когда до соприкосновения с полом остается меньше 30 сантиметром, но так как голова еще не повернулась, спортсмен не выходит из группировки, считая, таким образом, он успеет развернуть голову до удара об пол. И только после 140 кадра идет резкий скачек кривой вверх, то есть угол разгибается до  $120^\circ$ , но это уже в тот момент когда спортсмен уже жестко приземлился на всю стопу в положении глубокий присед, останавливая и амортизируя свое тело опорой руками на пол.

Подводя итог, необходимо сказать, что корреляция между физиологическими характеристиками и квалификацией спортсмена доказана многими учеными. Однако описание и анализ физиологических процессов, ответственных за адаптацию к двигательному действию – это предмет будущих исследований спортивной физиологии. Раскрытие, которых позволит ускорить процесс тренировки и снизит вероятность формирования неправильных навыков. Ведь благодаря современным методам функциональной диагностики уже сейчас значительно можно улучшить процесс тренировок благодаря оперативно полученной и объективной информации с приборов высокой точности (высокоскоростные камеры, тензоплатформы, миографы и др.) [2].

#### **Список литературы:**

1. Курьсь В.Н. Биомеханика приземления в спорте // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология. 2011. №1. С.194-202.
2. Капилевич Л.В. Физиологические механизмы координации движений в безопорном положении у спортсменов // Теория и практика физической культуры. 2012. №7. С. 45-49.
3. Рыбалова С.И., Рыбалов Ю.В. Учебно-методическое пособие по легкой атлетике для студентов средних профессиональных учебных заведений. URL: <http://ru.convdocs.org/docs/index-27087.html> (дата обращения: 19.11.2013)
4. Бобина О.Н. Техника легкоатлетических упражнений: учебное пособие. –Т.: Изд-во ТПУ, 2010. – 84с.

## Анализ Европейского лукбэк-опциона продажи

Борцов М.Ю.  
lav\_9@list.ru

*Научный руководитель: д.ф.-м.н., доцент, Ласуков В.В., каф. Высшей математики,  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

Современная финансовая система использует множество подходов, стратегий и инструментов, позволяющих управлять сложными ситуациями. Одним из таких инструментов стали опционные контракты, эволюционный процесс которых от ванильных, или стандартных, к экзотическим, скорректированным дополнительными условиями, был продиктован необходимостью эффективного механизма хеджирования специфических рисков и построения различных торговых стратегий, приносящих прибыль при умелом и теоретически обоснованном использовании.

Широкий спектр экзотических опционов и интерес к ним обоснован их низкой стоимостью, гибкостью, обусловленной сложной функцией выплат, а также способностью приносить гарантированные доходы в неустойчивых рыночных условиях. Теория оценивания опционов, основанная Ф. Блэком (F. Black) и М. Шоулзом (M. Scholes) [1], дала мощный толчок к развитию биржевых рынков и продолжает развиваться благодаря построению и исследованию новых типов опционов.

Рассмотрим  $(B, S)$  – финансовый рынок с непрерывным временем, на котором обращаются рисковые и безрисковые активы с текущими ценами

$$S_t = S_0 \exp\left\{\left(\mu - (\sigma^2/2)\right)t + \sigma W_t\right\} \quad (1)$$

и

$$B_t = B_0 \exp\{rt\} \quad (2)$$

соответственно для  $t \in [0, T]$ , где  $\mu \in R = (-\infty, +\infty)$  – параметр роста цены рискового актива,  $\sigma > 0$  – коэффициент волатильности (изменчивости),  $r > 0$  – процентная ставка по безрисковому активу,  $S_0 > 0$  – начальная цена акции,  $B_0 > 0$  – начальная цена безрискового актива,  $W = (W_t)_{t \geq 0}$  – винеровский процесс.

Изменение стоимости акции происходит на стохастическом базисе  $(\Omega, F, \mathbf{F} = (F_t)_{t \geq 0}, \mathbf{P})$ . Для описания эволюции цен акций используется модель «геометрического», или «экономического», броуновского движения, так как реально наблюдаемые флуктуации активов имеют случайный характер.

За обладание акцией выплачиваются дивиденды в соответствии с процессом  $D_t$  со скоростью  $dD_t = \delta \gamma_t S_t dt$ ,  $0 \leq \delta < r$ . Текущее значение капитала инвестора  $X_t = \beta_t B_t + \gamma_t S_t$ , где  $F_t$  – измеримые процессы  $\beta_t$  и  $\gamma_t$  составляют портфель ценных бумаг  $\pi_t = (\beta_t, \gamma_t)$ .

Ставится задача: для лукбэк-опционов продажи с функцией выплат [2]

$$f_T = f_T^{\min}(S) = \left(K - \min_{0 \leq t \leq T} S_t\right)^+, \quad (3)$$



где  $S_T$  – цена акции в момент исполнения  $T$ ,  $K > 0$  – цена исполнения контракта,  $a^+ = \max(a; 0)$ , дающими покупателю право продать в день экспирации фиксированный объем базисного актива (в нашем случае - акций) по большей из двух цен: страйковой цене и самой низкой спотовой цене за установленный временной интервал жизни опциона, рассчитать стоимости  $P_T = X_0^P$ , определить хеджирующие стратегии  $\pi_t^P = (\beta_t^P, \gamma_t^P)$  и соответствующие им капиталы  $X_t^P$ , обеспечивающие выполнение платежных обязательств относительно функций выплат (3).

Пусть

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \varphi(y) dy, \quad \varphi(y) = (\exp\{-y^2/2\})/\sqrt{2\pi}, \quad (4)$$

$$d_1(t) = \left( \frac{r - \delta}{\sigma} + \frac{\sigma}{2} \right) \sqrt{T-t}, \quad d_2(t) = \left( \frac{r - \delta}{\sigma} - \frac{\sigma}{2} \right) \sqrt{T-t}, \quad \alpha = 2 \frac{r - \delta}{\sigma^2}, \quad (5)$$

$$\begin{cases} y_1(t) = \left[ \ln(K/S_t) - (r - \delta + (\sigma^2/2))(T-t) \right] / \left[ \sigma \sqrt{T-t} \right], \\ y_2(t) = \left[ \ln(K/S_t) + (r - \delta - (\sigma^2/2))(T-t) \right] / \left[ \sigma \sqrt{T-t} \right], \\ y_3(t) = \left[ \ln(K/S_t) - (r - \delta - (\sigma^2/2))(T-t) \right] / \left[ \sigma \sqrt{T-t} \right], \end{cases} \quad (6)$$

а  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $y_3$  определяются формулами (5), (6) при  $t = 0$ .

**Теорема 1.** Цена опциона с платежной функцией  $f_T^{\min}(S)$  задается формулами:

$$P_T^{\min} = Ke^{-rT} - S_0 \left[ (1 + \alpha^{-1}) e^{-\delta T} \Phi(-d_1) + (1 - \alpha^{-1}) e^{-rT} \Phi(d_2) \right], \quad \text{если } S_0 \leq K; \quad (7)$$

$$P_T^{\min} = Ke^{-rT} \Phi(-y_3) - S_0 \left[ (1 + \alpha^{-1}) e^{-\delta T} \Phi(y_1) - \alpha^{-1} e^{-rT} (K/S_0)^\alpha \Phi(y_2) \right], \quad \text{если } S_0 > K. \quad (8)$$

**Теорема 2.** Капитал и портфель (хеджирующая стратегия) для опциона с платежной функцией  $f_T^{\min}(S)$  определяются формулами:

$$X_t^{\min} = Ke^{-r(T-t)} - S_t \left[ (1 + \alpha^{-1}) e^{-\delta(T-t)} \Phi(-d_1(t)) + (1 - \alpha^{-1}) e^{-r(T-t)} \Phi(d_2(t)) \right],$$

$$\gamma_t^{\min} = - \left[ (1 + \alpha^{-1}) e^{-\delta(T-t)} \Phi(-d_1(t)) + (1 - \alpha^{-1}) e^{-r(T-t)} \Phi(d_2(t)) \right],$$

$$\beta_t^{\min} = (K/B_t) e^{-r(T-t)},$$

если  $S_t \leq K$ ;

$$\overline{X}_t^{\min} = Ke^{-r(T-t)} \Phi(y_3(t)) - S_t \left[ (1 + \alpha^{-1}) e^{-\delta(T-t)} \Phi(y_1(t)) - \alpha^{-1} e^{-r(T-t)} (K/S_t)^\alpha \Phi(y_2(t)) \right],$$

$$\overline{\gamma}_t^{\min} = - \left[ (1 + \alpha^{-1}) e^{-\delta(T-t)} \Phi(y_1(t)) + (1 - \alpha^{-1}) e^{-r(T-t)} (K/S_t)^\alpha \Phi(y_2(t)) \right],$$

$$\overline{\beta}_t^{\min} = (1/B_t) e^{-r(T-t)} \left[ K \Phi(y_3(t)) + S_t (K/S_t)^\alpha \Phi(y_2(t)) \right],$$

если  $S_t > K$ .

Для найденных решений были получены и проанализированы свойства на основе коэффициентов чувствительности.

Разработанная теория оценивания представленного типа опционов позволит реализовать эти деривативы на практике, торгуя лукбэками как самостоятельной

ценной бумагой или используя в стратегиях. Полученные результаты могут быть использованы для формирования новых более гибких платежных обязательств или послужить развитию методологии квантильного хеджирования.

#### Список литературы:

3. Black, F. The Valuation of Options Contracts and a Test of Market Efficiency / F. Black, M. Scholes // J. Financ. – 1972. – Vol. 27, № 2. – P. 389–417.
4. Андреева, У. В. Европейский опцион купли Лукбэк с плавающим страйком / У. В. Андреева, Е. Ю. Данилюк, Н. С. Демин, С. В. Рожкова, Е. Г. Пахомова // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321, № 6. – С. 13–15.

### Применение нанобиохимии в медицине

Петровци Ю.И.  
[02006677@ukr.net](mailto:02006677@ukr.net)

*Научный руководитель: д.б.н. Кучмеровская Т.М.  
 Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина*

Нанохимия – область науки, связанная с получением и изучением физико-химических свойств частиц, имеющих размеры в несколько нанометров. Одна из приоритетных задач нанохимии – установление связи между размером наночастицы и её свойствами. Нанохимия находится в стадии быстрого развития, поэтому при её изучении постоянно возникают вопросы, связанные с понятиями и терминами. Четкие различия между терминами “кластер”, “наночастица” и “квантовая точка” пока не сформулированы (Таблица 1).

Термин “кластер” чаще используют для частиц содержащих небольшое число атомов, термин “наночастицы” – для более крупных агрегатов атомов и распространен для описания свойств металлов и углерода. Под понятием “квантовая точка” обычно подразумеваются частицы полупроводников и островков, где квантовые ограничения носителей зарядов или экситонов влияют на их свойства [1].

*Таблица 1. Объекты нанохимии*

Фазовое состояние	Единичные атомы	Кластеры	Наночастицы	Компактное вещество
Диаметр, нм	0.1 – 0.3	0.3 – 10	10 – 100	свыше 100
Количество атомов	1 – 10	10 – 10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup> – 10 <sup>9</sup>	свыше 10 <sup>9</sup>

Дальше будет идти речь об использовании только наночастиц. Нанобиохимия пытается решить проблему лечения сахарного диабета. Несомненно, механизм сахарного диабета – одним из патогенетических механизмов развития сахарного диабета 1-го типа является абсолютная или относительная недостаточность выработки инсулина эндокринными клетками (бета-клетки островков Лангерганса) поджелудочной железы, что требует постоянного контроля уровня сахара в крови, для поддержания нормогликемии (рис 1).

Наиболее перспективным направлением является разработка наночастиц, которые могут способствовать контролю уровня сахара в крови и отвечать выработкой инсулина в зависимости от концентрации глюкозы в крови [2-4].

Введенные наночастицы заменяют функцию клеток панкреатического островка у пациентов, и смогут секретировать соответствующее количество инсулина. Наночастицы были разработаны, чтобы влиять на изменение уровня глюкозы в организме и реагировать путем секреции соответствующего количества инсулина, тем самым заменив функцию бета-клеток поджелудочной железы, количество которых уменьшено у пациентов с диабетом 1 типа. В конечном счете, этот тип системы может гарантировать, что уровень сахара в крови остается сбалансированным, что улучшает качество жизни пациентов [5].

В последние годы многие исследователи пытались разработать системы инсулин-доставки, которые могут выступать в качестве "искусственной поджелудочной железы", автоматически обнаруживая уровни глюкозы и секретируя инсулин. Одним из подходов использования наночастиц – это гидрогели для измерения и реагирования на уровень глюкозы. Гель содержит смесь противоположно заряженных наночастиц, которые взаимодействуют друг с другом, сохраняя гель без изменений и предотвращают разделение частиц внутри него.

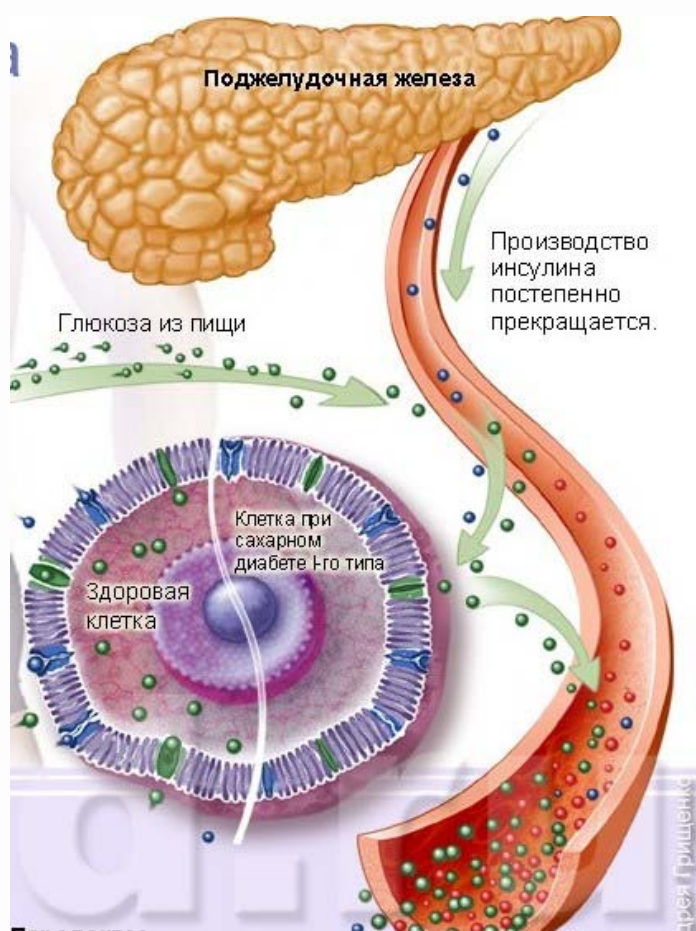


Рисунок 1. Клетка поджелудочной железы до и после действий наночастиц

В геле используют модифицированный полисахарид, известный как декстран, зависимость от кислотности. Каждая наночастица содержит сферы декстрана с иммобилизованным ферментом, что способствует превращению глюкозы в

глюконовую кислоту. Глюкоза может свободно диффундировать через гель, так что, когда уровень сахара высокий, продуцируется большие количества глюконовой кислоты, в результате чего локальное окружение становится более кислым.

Это кислая среда вызывает сферы декстрана, способствует распаду и при этом выделяется инсулин. Инсулин затем выполняет свою обычную функцию, потребление глюкозы тканями, а также накопление ее в виде гликогена в печени и мышцах, в качестве депо глюкозы.

Однократная инъекция геля сохраняет нормальный уровень сахара в крови в среднем в течении 10 дней. Поскольку частицы в основном состоят из полисахаридов, они являются биосовместимыми и в конечном счете распадаются в организме.

В будущем полученные частицы должны реагировать на изменения в организме глюкозы достаточно быстро, чтобы полностью имитировать работу поджелудочной железы островковых клеток у здоровых животных. Для того чтобы проверить эту систему в организме человека, исследователи должны улучшить свойства доставки и оптимизации дозы, необходимой для человека, в отличие от мышей, на которых проводилось исследование. Данные исследование проводились в университете Калифорнии в Санта-Барбаре только на уровне лабораторных исследований [5].

В перспективе наночастицы можно модифицировать различными способами и покрывать такими оболочками, которые сделают их крепкими, долго не растворимыми и которые должны подходить как «ключ к замку» к определенным клеткам, тканям или органам. Наночастицы могут защищать лекарственные средства от разрушения в печени. Их можно сделать и неподверженным для действия иммунной системы. Многослойные или многооболочные наночастицы могут преодолевать защитные барьеры организма, дав возможность лекарствам действовать более длительно и достигать необходимого места в организме.

Так, дендримеры – это наночастицы, которые могут стать средством для целевой доставки лекарств. К ним может быть прикреплено определенное количество различных видов молекул. Одна группа молекул может проявлять лечебный эффект, другая поможет отслеживать лекарство в организме, третья группа будет химическим триггером, высвобождающим препарат по сигналу извне. Еще одна группа может посылать сигналы о результатах лечения [6, 7].

Благодаря использованию нанобиохимии в области лечения сахарного диабета 1 типа, сравнительно с существующими лекарственными средствами уменьшится негативное влияние на другие внутренние органы (печень, сердце), улучшится лекарственный эффект существующих лекарственных препаратов. Таким образом, контроль уровня сахара в крови будет сбалансирован, и качество жизни пациентов с диабетом 1 типа перейдет на новый уровень.

#### **Список литературы:**

1. Князев А.В., Кузнецова Н.Ю. Нанохимия. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. – 102 с.
2. C. Jahansou, S. C. Kumer, M. Ellenbogen, and K. L. Brayman «Evolution of  $\beta$ -cell replacement therapy in diabetes mellitus: pancreas transplantation» // *Diabetes Technology and Therapeutics*. – 2011. – vol. 13, № 3, pp. 395–418.
3. K. M. Gillespie «Type 1 diabetes: pathogenesis and prevention» // *Canadian Medical Association Journal*. – 2006. vol. 175, № 2, pp. 165–170.
4. Мелихов И.В. Тенденции развития нанохимии // *Российский химический журнал*. 2002 (5). Т. XLVI. С. 7 – 14.

5. Jahansouza C., Jahansouza C., Sean C. Kumer, and Kenneth L. Brayman «Evolution of  $\beta$ -cell replacement therapy in diabetes mellitus: islet cell transplantation» Journal of transplantation, Volume 2011, Article ID 247959, p 21.
6. Кольтовер В.К. "Эндоэдральные фуллерены: от химической физики к нанотехнологии и медицине" // Вестник РФФИ - № 59(3), 2008 - С. 54-71.
7. Методы получения и свойства нанообъектов: учебное пособие. / Н.И. Минько и др. – М.: Флинта: Наука, 2009. – 163 с.

### **Процессы рекристаллизации технически чистого титана BT1-0, подвергнутого азотированию в плазме тлеющего разряда**

Сексеналина М.А., Петрикова Е.А., Ахмадеев Ю.Х., Иванова О.В.<sup>1</sup>

[sportmiss@bk.ru](mailto:sportmiss@bk.ru)

*Научный руководитель: Иванов Ю.Ф., д.ф.-м.н., профессор  
Институт сильноточной электроники СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр-т  
Академический, 2/3*

*<sup>1</sup>Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003,  
Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2*

Азотирование – это широко распространенный в промышленности технологический процесс химико-термической обработки, при котором поверхность детали насыщают азотом в специальной среде [1]. В промышленных масштабах азотирование поверхности осуществляют в плазме тлеющего разряда [1]. Обработка происходит либо в среде диссоциированного аммиака [1], либо в среде азота с добавлением водорода [2], аргона [1, 2] или гелия [3]. Добавление водорода (либо в чистом виде, либо в результате диссоциации аммиака) требуется для химического связывания и удаления кислорода с обрабатываемой поверхности, что необходимо для облегчения попадания в объем материала атомов азота, так как образование оксидов на поверхности существенно тормозит процесс диффузии азота [1]. Помимо оксидных пленок в процессе азотирования на обрабатываемой поверхности возможно образование высших нитридов, замедляющих процесс диффузии азота и обладающих повышенной хрупкостью. Для удаления этих нитридов используется ионное травление поверхности в процессе азотирования, при этом интенсивно формируется диффузионная зона, образование нитридной зоны в этом случае требует проведения отдельного этапа обработки [1, 2].

Перспективным на сегодняшний день методом азотирования является процесс, основанный на использовании дуговых разрядов. Дуговые разряды непрерывного действия позволяют получать газоразрядную плазму с высокой концентрацией ( $10^{15}$  -  $10^{18}$ )  $\text{м}^{-3}$  в объемах до нескольких  $\text{м}^3$  [4]. Основной недостаток таких систем – наличие в плазменном потоке микрокапельной фракции, что ограничивает использование данных устройств в технологических процессах и требует разработки сложных систем сепарации плазменного потока от микрокапель [5]. Генерацию плазменного потока без микрокапель обеспечивает использование несамостоятельного разряда низкого давления с накалимым катодом [6]. В силу своей простоты системы с эмиссией электронов с накалимого катода получили

достаточно широкое распространение в качестве систем для химико-термической обработки поверхности металлов и сплавов [7] в том числе азотирования. Наличие накаливаемого катода позволяет увеличивать концентрацию плазмы за счет значительных (сотни ампер) токов при сравнительно невысоких (десятки вольт) напряжениях горения разряда, при этом появляется возможность регулировать ток разряда независимо от напряжения его горения и давления в рабочей камере. Давление, при котором горит разряд в таких системах, может варьироваться от ~0,1 Па до ~5 Па, что позволяет проводить эффективную ионную очистку обрабатываемой поверхности. Энергия бомбардирующих ионов при этом регулируется за счет введения дополнительного источника электрического смещения (20-1000) В, что позволяет регулировать интенсивность травления поверхности и температуру обрабатываемых изделий от 200 °С до 700 °С. Такой метод азотирования, благодаря возможности гибкой регулировки параметров обработки, является очень удобным в плане подбора оптимальных режимов обработки изделий. Кроме того, диапазон давлений, в котором реализуем этот метод, позволяет комбинировать его как с иммерсионной ионной имплантацией, так и с электронно-пучковой обработкой.

Целью настоящей работы являлся анализ процессов, протекающих в поверхностном слое технически чистого титана марки ВТ1-0 при азотировании в плазме несамостоятельного дугового разряда низкого давления с накаливаемым катодом. Температуру азотирования изменяли в интервале от 500 °С до 700 °С, варьируя соответствующим образом энергию бомбардирующих ионов за счет введения дополнительного источника электрического смещения (потенциал смещения изменяли в пределах 300...900 В). Время азотирования варьировали в интервале 1...5 час. Исследование структуры поверхности азотирования осуществляли методами металлографии (Микровизор металлографический  $\mu$ Vizo - МЕТ-221); уровень шероховатости определяли, используя сканирующий интерференционный микроскоп белого света NewView 6200; механические свойства поверхностного слоя характеризовали микротвердостью (прибор ПМТ-3).

Выполнены исследования и установлено, что при температуре 500 °С (1...5 час) азотирование технически чистого титана сопровождается минимальными изменениями структуры и микротвердости поверхностного слоя. А именно, независимо от времени азотирования средний размер зерен изменяется в пределах (4...6) мкм, что практически близко к величине среднего размера зерна исходного материала; микротвердость поверхностного слоя, измеренная при нагрузках на индентор 0,2 Н и 0,5 Н, на лицевой поверхности (поверхности, подвергаемой бомбардировке ионами азота) и на тыльной стороне (стороне, защищенной от ускоренных ионов азота) близка и превышает микротвердость исходного материала в 1,05...1,15 раза. Увеличение температуры азотирования до 600 °С уже после 1 часа азотирования приводит к увеличению среднего размера зерна до 20,5 мкм, что более чем в 5 раз выше среднего размера зерна исходного состояния. Увеличение времени азотирования до 5 часов приводит к формированию поликристаллической структуры, средний размер зерен которой 26,0 мкм. Существенным образом (в 2,5 раза) увеличивается и микротвердость поверхностного слоя как лицевой, так и тыльной сторон образца. Увеличение температуры азотирования до 700 °С приводит к катастрофическому (до 350 мкм) росту среднего размера зерна, при этом микротвердость поверхностного слоя практически не увеличивается, превышая микротвердость исходного материала в 2,5 раза.

Азотирование в плазме несамостоятельного дугового разряда низкого давления сопровождается бомбардировкой обрабатываемой поверхности ионами рабочего газа, что позволяет осуществлять ионную очистку модифицируемой поверхности от окисной пленки, усиливая проникновение азота в объем материала. Одновременно с этим, бомбардировка образца ионами рабочего газа сопровождается его селективным травлением, что способствует увеличению шероховатости обрабатываемой поверхности, характеризуемой величиной  $R_a$ . Так, для исходного образца  $R_a = 0,02$  мкм; после азотирования при  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 1 час для тыльной стороны  $R_a = 0,05$  мкм, для лицевой  $R_a = 0,25$  мкм; после азотирования при  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 5 час для тыльной стороны  $R_a = 0,2$  мкм, для лицевой  $R_a = 0,35$  мкм. Следовательно, азотирование в плазме несамостоятельного дугового разряда низкого давления сопровождается

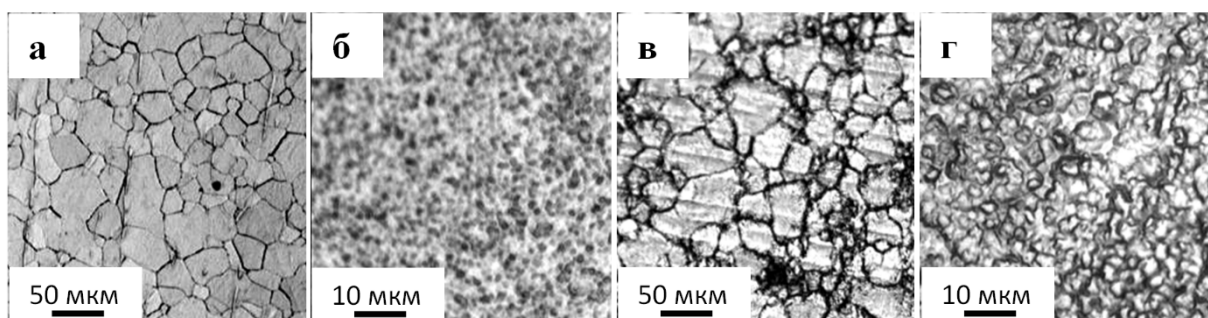


Рис. 1. Структура, выявляемая на тыльной (а, в) и лицевой (б, г) сторонах образца технического титана ВТ1-0, подвергнутого азотированию в плазме несамостоятельного дугового разряда низкого давления с накалимым катодом при температуре  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 1 часа (а, б) и 5 часов (в, г).

существенным увеличением уровня шероховатости как лицевой, так и тыльной стороны образца. Характерные изображения структуры, выявляющейся на лицевой и тыльной стороне предварительно полированного образца титана ВТ1-0 в процессе азотирования в плазме несамостоятельного дугового разряда низкого давления, представлены на рис. 1.

Таким образом, выполненные в работе исследования показали, что азотирование в плазме несамостоятельного дугового разряда низкого давления с накалимым катодом при средних температурах нагрева образца позволяет в 2,5 раза повысить твердость обрабатываемой поверхности. Одновременно с азотированием в поверхностном слое материала протекают процессы рекристаллизации, способствующие росту среднего размера зерен (при температуре  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) технического чистого титана в 5 раз. Бомбардировка обрабатываемой поверхности ионами рабочего газа сопровождается ее травлением; уровень шероховатости обрабатываемой поверхности  $R_a$  возрастает в 17,5 раз.

#### Список литературы

1. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д., Шпис Г., Бемер З. Теория и технология азотирования. – М.: Металлургия, 1991. – 320 с.
2. Lie Sh., Liang W., Yizuo W., Chunhua W. Plasma nitriding of AISI 304 austenitic stainless steel with pre-shot peening // Surface and Coatings Technology. - 2010. - Vol. 204. - №20 - P. 3222–3227.
3. Лопатин И.В., Ахмадеев Ю.Х. Азотирование образцов титановых сплавов в плазме тлеющего разряда с полым катодом // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Математика. Физика. – 2011. – Т.22, № 5. – С.180-186.

4. Барченко В.Т., Лисенков А.А. Несамостоятельный тлеющий разряд: физические процессы, модели, применение // Петербургский журнал электроники. – 2008. - № 2-3. - С. 58-78.
5. Аксенов Д.С., Аксенов И.И., Стрельницкий В.Е. Подавление эмиссии макрочастиц в вакуумно-дуговых источниках плазмы // Вопросы атомной науки и техники. 2007. - № 6. - С. 106-115.
6. Борисов Д.П., Коваль Н.Н., Щанин П.М. Генерация объемной плазмы дуговым разрядом с накаливаемым катодом // Известия вузов. Физика. 1994. - № 3. - С. 115-120.
7. Meletis E.I. Intensified plasma-assisted processing: science and engineering // Surface and Coatings Technology. - 2002. – Vol.149. - № 2-3. - P. 95–113.



**A new method of determining the speed of gravitational settling of particles of industrial emissions**

Babicheva V.O.

***Scientific advisor: Assistant Professor, PhD Rizhakova N.K., TPU, FTI***

Turbulent diffusion of industrial emissions is one of the main transport mechanisms that determine the spatial distribution of pollutants in the atmospheric surface layer. Experimental study of the spread of contaminants requires a huge number of sensors that is a very time-consuming task. Known method of studying the basic laws of the spatial distribution of the contaminant is a mathematical modeling of particles transport in the air. The diffusion-convective model of impurity transport has been widely recognized [1]. One of the main transfer parameters in this model is the gravitational sedimentation rate of dirt  $V_g$ .

The known methods for determination of this value are based on the sedimentation principle - speed and time of sedimentation of particles of different masses under the action of gravity forces or other inertial forces are not the same. In accordance with the measuring methods, the deposition of particles occurs either in a fixed dispersive medium or in the direction of moving at a high speed of stream of dust and gas that cannot properly take into account the aerodynamic properties of the particles moving in a turbulent atmosphere. In this paper, we propose to define  $V_g$  based on the measured along any direction from the source distribution function of pollutants in ambient air. Traditional methods of measuring tools of this function, especially at large distances from the source, are of little use, since to obtain reliable results a longer exposure time is required. Therefore, the research was carried out of using mosses for which the exposure time is 1-10 years. Obviously, the content of chemical elements accumulated during exposure in mosses, is in proportion to their content in the air, so the dependence of the element concentrations in mosses and concentrations of pollutants in the atmosphere has the same analytical form.

The purpose of this work is testing of a new method of determining the rate of gravitational settling of particulate emissions of the industrial enterprises (based on the measured along the chosen direction distribution functions contaminant for CHP-5 in Novosibirsk and Kandalaksha aluminum plant).

**Research methods**

In this paper, the definition of  $V_g$  is based on semi-empirical equation of turbulent diffusion, obtained for a point source at a degree of approximation of wind speed and vertical turbulent diffusion coefficient  $k_z$  [1]:

$$q(x) = \theta_1 x^{-\theta_2} \exp\left(-\frac{\theta_3}{x}\right). \quad (1)$$

The nature of this function is determined by the values of the parameters  $\theta_2$  and  $\theta_3$ , depending on the height of the tube gas cleaning disperse composition of impurities, terrain and weather conditions. In article [1] for parameters  $\theta_2$  and  $\theta_3$  the following expressions:

$$\theta_3 = \frac{u_{np} H^{1+n}}{(1+n)^2 k_{np}} = \frac{u_1 \left(\frac{H}{z_1}\right)^n H}{(1+n)^2 k_{np}}, \quad (2)$$

$$\theta_2 = - \left[ \frac{3}{2} + \frac{V_g}{k_{np}(1+n)} \right],$$

where  $n$  – parameter characterizing the change in wind speed with height  $z$ ;

$H$  – the height of the pipe pollution source;

$$u = u_1 \cdot \left( \frac{z}{z_1} \right)^n = u_{np} \cdot (z)^n;$$

$u_1$  – wind speed at a height  $z_1$ ;

$$u_{np} = \frac{u_1}{z_1^n}$$

$$k_z = k_1 \frac{z}{z_1} = k_{np} z;$$

The numerical values of parameters  $\theta_2$  and  $\theta_3$  can be found by the method of least squares (OLS) for the approximation of the measured concentrations of chemical elements contained in mosses function of form (1). Then the expression (2) can be used to determine  $V_g$ :

$$V_g = - \frac{\left( \theta_2 + \frac{3}{2} \right) u_1 * \left( \frac{H}{z_1} \right)^n H}{(1+n)\theta_3}. \quad (3)$$

It is necessary to substitute the averaged over the period of exposure values of wind speed ( $u_1$ ) at an altitude  $z_1$ , when using formula (3) to calculate  $V_g$ .

### Experiment

In this paper, for the study of mosses was sampled *Pylaisia polyantha* (Hedw.) and *Sanionia uncinata*, which corresponded to the length of the growth period of the three-year exposure. Samples of mosses *Pylaisia polyantha* was selected in a northeasterly direction at a distance of 1-5 km from the power plants and the moss *Sanionia uncinata* - at distances of 1-7 km kilometers to the north of the aluminum plant (Figure 1).



Figure 1. Map of sampling in the zone of influence of the enterprises:

a) Aluminum plant; б) CHP

Sample preparation for measurement moss performed according to the procedure of [2]; the determination of chemical elements in samples of moss carried out in scientific departments of Tomsk Polytechnic University: by neutron activation method (NAA) on a research nuclear reactor IRT-T and by atomic emission spectrometry (AES) in spectrometer iCAP6300 Duo Research of Analytical Center. Analysis of the measurements showed that the concentrations of most chemical elements with increasing distance first increase, at distances of several kilometers are the maximum and then decrease. As an example, Figure

2 shows the results of measuring points concentrations of some chemical elements in mosses taken at different distances from the source.

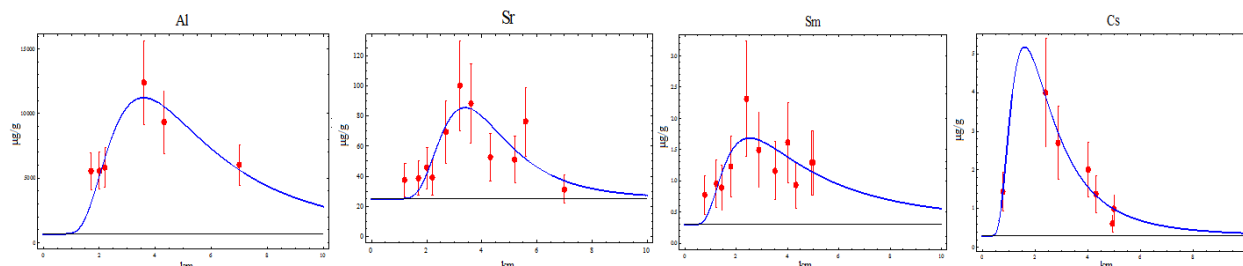


Figure 2. The concentrations of chemical elements in mosses sampled in the zone of influence:

horizontal line - background concentrations;

solid curve - the result of the approximation function of the form (1).

### The results of calculation and analysis

Table 1 shows values  $\theta_2$ ,  $\theta_3$ ,  $V_g$  for CHP-5 of Novosibirsk ( $\bar{u}_1 = 3,7 \frac{m}{s}$ ,  $H = 260$  m) and Kandalaksha aluminum plant ( $\bar{u}_1 = 2,3 \frac{m}{s}$ ,  $H = 120$  m) at  $n = 0,2$ . From Table 1, it is seen that  $V_g$  of aluminum plant emissions particles is varies in the range of 13,3-20,3 cm/s; particle emissions of CHP range is 75-166 cm/s. Average values and confidence intervals of gravitational settling speed of aluminum plant and CHP emissions at a significance level of 0,05 are  $V_g = 15,4 \pm 1,3$  cm/s,  $V_g = 99,2 \pm 11$  cm/s respectively. Thus, the average velocity of the gravitational settling of the coal particles of CHP almost six and a half times greater than for aluminum plant emissions. These results are consistent with the reference data of the dispersed composition and particle emission rate falling off these types of productions [3].

Table 1. Values of parameters  $\theta_2$ ,  $\theta_3$ , gravitational settling velocity  $V_g$  for CHP ( $\bar{u}_1 = 3,7$  m/s,  $H=260$  m) and Kandalaksha aluminum plant ( $\bar{u}_1 = 2,3$  m/s,  $H=120$  m) at  $n=0,2$

Kandalaksha aluminum plant				CHP-5 Novosibirsk			
Element	$\theta_2$ , km	$\theta_3$ , km	$V_g$ , cm/s	Элемент	$\theta_2$ , km	$\theta_3$ , km	$V_g$ , cm/s
Al	4,1	14,9	14,2	Fe	5,8	15	74,9
Ba	7,5	23,7	14,4	Sm	2,7	6,9	93,6
Co	4,7	13,7	17,1	Cs	4,3	6,9	129,3
Sr	7,8	26,4	13,3	Mb	2,6	3,8	166,0
Cu	4,9	14,7	16,5	Ce	8,1	16	92,3
Li	3,1	12,1	14,4	Yb	6,1	15	77,9
Ti	8,5	28,2	13,4	Zn	2,5	7,3	84,3
V	3,5	9,3	20,3	Eu	2	4,7	114,5
Na	13,8	39,8	14,5	Sc	5	12	83,3
Mn	3,9	12,9	15,8	Ca	6,9	17	76,0

The data presented in [3] shown that for the vast number of CHP emissions particles (about 70%) and aluminum plant (about 90%) the rate of fall in the dispersing liquid (kerosene and isobutyl alcohol, respectively) does not exceed 10,6 cm/s. Such a marked difference between the gravitational settling speed of emissions particles, computed by formula (3) and the reference data on speed of fall of the particles are explained by two

reasons: subsidence occurs in two different environments with very different densities; the value of the gravitational settling velocity in the air is greatly affected by turbulent flows.

### Conclusions

1. There is currently no means of determining the speed of gravitational settling of particles of industrial emissions in atmospheric turbulent flows. The average velocity of gravitational settling of particulate emissions of coal thermal power station (99,6 cm/s), it is up to six times higher than that of the aluminum plant emission's particle (15 cm/s). These results are consistent with the known composition of the particulate emissions of these types of productions.

2. The rate of gravitational settling, determined by known methods, cannot be used in describing the dispersion of pollutants from a point source of pollution in the turbulent atmosphere.

### References:

1. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 272 с.
2. Название изобретения: пат.№2463584 от 10 октября 2012 г. «Способ оценки загрязнения атмосферного воздуха тяжелыми металлами и другими химическими элементами с помощью эпифитных мхов».
3. Алиев Г. М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: справочник. М.-Металлургия, 1986. с 501

## Radio-chemical of fluorine-containing polymer “TEFLON-2M” for giving proton conducting properties

Dyussebekova A.A.  
aad38@tpu.ru

*Scientific Supervisor: V.V.Sokhoreva*  
*National research Tomsk polytechnic university, Russia, Tomsk, Lenina ave., 30,*  
*634050*

**Annotation.** *The experimental study of the kinetics of styrene monomer accumulation in polyvinylidenefluoride films with radiation-chemical grafting of styrene monomer is presented. It is proved that the degree of grafting depends on the absorbed dose of helium ions, temperature and composition of the grafting solution.*

### Introduction

Intensive research is being conducted to establish a commercially available functional proton conducting membranes. Important role in the biological processes, such as ATP synthesis, plays controllable proton transport. Proton-proton transport through the polymer membrane is also used in hydrogen fuel cells.

The objective of this study was to investigate the formation of the proton conductivity in the fluorine-containing polymer PTFE-2 M using radiation-chemical modification.

The starting material is a polymer film Teflon -2M of thickness - 20 microns. Samples of circular diameter –(80 mm) have been washed in toluene solution for 1.5 hours in the ultrasonic bath and then dried in the oven for three hours at 50°C.

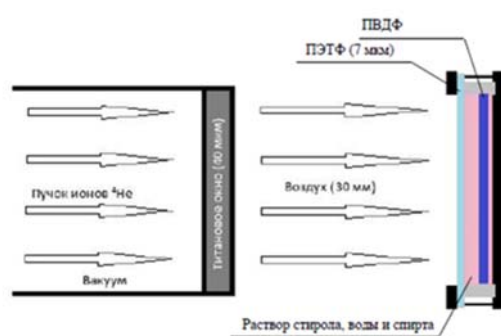
Prior to irradiation by helium ions, the samples were placed in the containers which were evacuated (the design of the containers is given in details in [2]). Part of the containers was filled with argon and the other half was filled with the solution of styrene monomer and toluene in the ratio of 1:1.

Several samples were packed in polyethylene bags of thickness 10 microns.

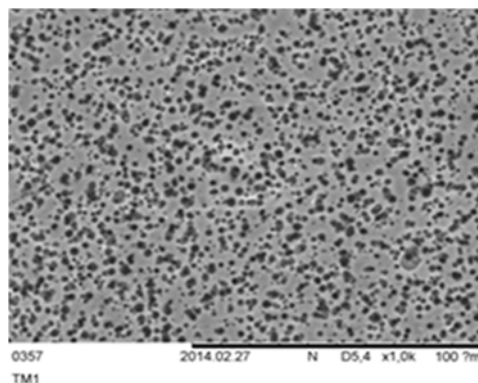
### Irradiation

Irradiation of the samples was carried out on the accelerator R- 7M TPU Ioffe Institute by the beam of helium ions with energy of 27 MeV. Container with a special device was attached to the disk, which was rotated at a speed of 50 rev / min. Grafting was carried out in the first experiment by the direct irradiation of the polymer and the styrene monomer and in the second experiment by the grafting on "post- effect". By the direct process irradiation of samples by helium ions was realized in the presence of solution of styrene and toluene.

The scheme of radiation treatment on PVDF films in the vaccine solution is shown in Figure 1. Absorbed dose ( $D$ ) was calculated from the total current probe with slats cyclotron. More precisely, the number of ions incident on the sample was determined by the model of "witness" of polyethyleneterephthalate (PET), which during their radiation was placed behind the test sample of PVDF. PET sample after irradiation with ions, was etched in the hot NaOH (6N). The number of ions passing through the sample was determined by calculating the number of tracks of helium ions in the film. Figure 2 shows a micrograph of the surface of the PET film after irradiation by helium ions and etching.



*Fig.1 . The scheme of radiation- chemical grafting of PVDF*



*Fig. 2. Tracks of helium ions in the PET film after etching in NaOH*

### UV- and IR-spectroscopy

Degree of grafting of styrene monomer is dependent on the amount of free radicals formed in the samples due to breaking of covalent bonds.

For qualitative confirmation that appearance of free radicals depends on the absorbed dose studies using UV spectroscopy were done. In the wavelength range of 300-500 nm was a direct dependence of the amplitude of the radiation dose (Figure 2). Curves 2, 3 and 4 correspond to radiation doses - 0.5; 1 and 2, 5 respectively. Fig . 4 presents the results of IR spectroscopy study. Spectrum with the highest amplitude corresponds to a dose - 2MGr.

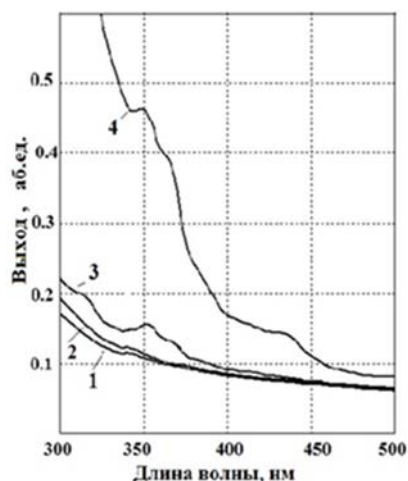


Fig. 3. UV spectra  
1 - Source PVDF 2-0,5mGy  
3-1 mGy 4-2MGr .

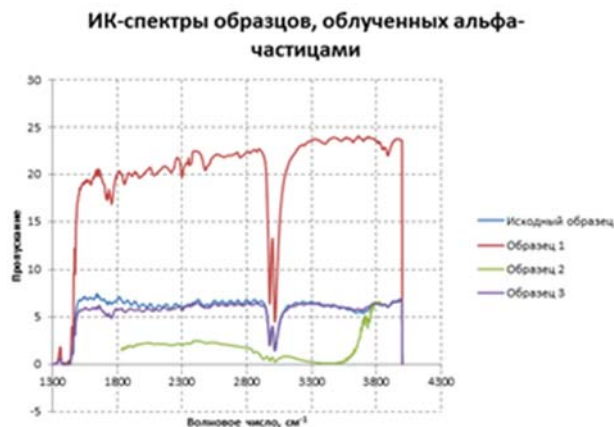


Fig. 4. IR spectra

### Electron paramagnetic resonance method

Figure 5 shows the results of measurements of free radicals in irradiated and non-irradiated PVDF films. Straight horizontal line in the electron paramagnetic resonance (EPR) spectrum indicates the absence of radicals in the system and any deviation indicates the presence of radicals.

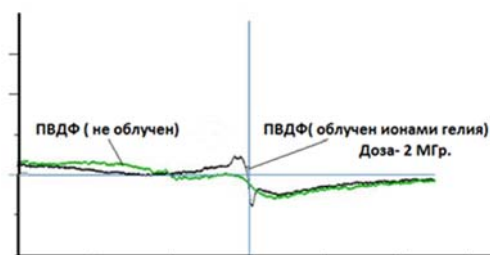


Fig. 5. EPR spectra

The film sample before irradiation (PVDF ) is characterized by the residual content of radicals , which are shown in the EPR spectrum in the form of small deviations from a horizontal line - a broad unresolved line (Figure 1, green line).

In a sample of PVDF film after irradiation in addition to a broad line ( residual radicals) appears distinct peak hydrocarbon radicals with g-factor 2.0095 and the concentration of  $3,5 \cdot 10^{16}$  spin/g (Figure 6, black line).

### Grafting of styrene monomer

All samples were removed from the containers and packages and placed into a quartz flask, from which the air was evacuated and then the grafting solution was poured under pressure.

Dried argon was passed through the grafting solution to remove oxygen. Argon was bubbled through the solution for 40 minutes. Additionally, in the free space in the flask (samples and solution) argon under pressure was injected. The flask was placed in an ultrasonic bath at  $t = 60^{\circ}\text{C}$  for 8 hours.

### Determining the degree of grafting

The degree of grafting of monomer was determined by gravimetric method. Ungrafted monomer was removed from the sample surface by rinsing in deionized water, and then toluene (for 24 hours) and again in deionized water at  $t = 50^{\circ}\text{C}$ . The samples were dried in an oven at  $t = 40^{\circ}\text{C}$  for three hours and weighed. The degree of grafting was calculated using the formula:

$$R_g = \frac{W_f - W_i}{W_i} \cdot 100\% \quad (1),$$

Where  $W_f$  and  $W_i$  are samples weights before and after grafting, respectively.

### Results and discussion

In the direct method of grafting monomer styrene was irradiated together with pre-swollen polymer film. Grafted styrene was distributed uniformly on the substrate surface, the samples were heated by irradiation to  $\sim 70^{\circ}\text{C}$ , but since the irradiation time even at the highest dose of 2.5 MGy was 3 minutes, grafting has penetrated by several nanometers. Then, for the styrene molecules to diffuse through the whole thickness of the film samples were heated in the grafting solution. Grafting on "position effect" of the samples was carried out by irradiating PVDF in air and argon, i.e. without contact with the monomer. After irradiation, the films were placed in the grafting solution and were heated together with samples irradiated by the direct method. Figure 6 shows the dependence of the degree of grafting on the ion dose and the environment in which the sample was irradiated.

During irradiation, due to the high ionization ability of helium ions, covalent bonds are broken to form free radicals. Increasing the dose of irradiation led to a dramatic increase in free radicals in the PVDF-based polymer, which was confirmed by UV spectroscopy. In the wavelength region of 300-500 nm spectral amplitude increased by 50 % at 3,5MGy dose compared with a dose of 2 MGy.

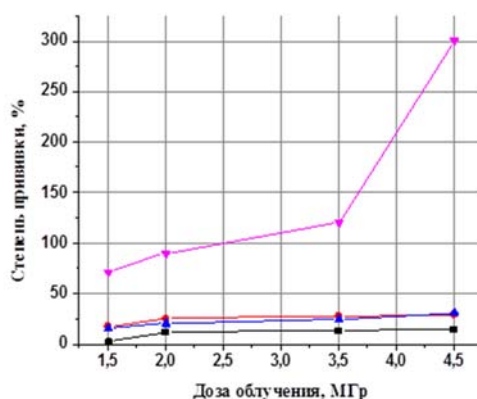


Fig. 6. The dependence of the degree of grafting of styrene to the PVDF film on the dose of irradiation and the medium

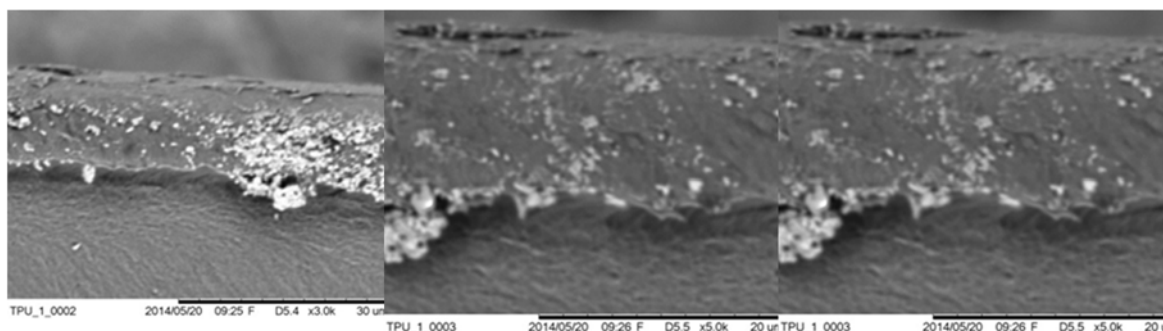




*Fig. 7. Sample PVDF Rg -200%*

The figure shows that the degree of grafting also increased significantly. It should be noted that direct grafting method results in free radicals are being formed in the monomer of styrene. Irradiation of the air leads to the formation of hydroperoxide or peroxide radicals groups that can react solely with the monomers at high temperatures and only then initiate the formation of free radicals and grafting monomer. Variations in the degrees of grafting in the air and in the argon can be explained by this factor. With increasing radiation dose in the grafting solution  $> 4$  MG and subsequent chemical treatment the samples increased greatly in volume (Figure 7), the degree of grafting reached 300 % and the samples just crumbled. Studies have shown that the best results are obtained by the direct grafting method. At doses in the range of 3-3.5 MG- radiation grafting takes place several times faster than at the doses of  $<< 3$  MGy.

Studies have been undertaken to modify the composition of the reaction mixture. A certain amount of water was added to the grafting solution. The results were not worse than in the present experiment, however, the rate of grafting decreased, and the time of grafting was ~58 hours. Fig. 8 shows photomicrographs of transverse sections of proton exchange membrane formed after grafting and sulfonation in chlorosulfonic acid.



*Fig. 8. Fragments micrographs of samples of PVDF after grafting and sulfonation*

At the top of the photos are the remains of not-grafted styrene and oblique thread at the bottom of the picture are grafted sulfonic acid groups. In conclusion, it should be noted that the results presented in this report allow us to consider the radiation- chemical grafting by



irradiation with helium ions as a basic possibility of obtaining maximum grafting of styrene monomer in the fluoropolymer PVDF samples with thicknesses from 10 to 180 microns. Thus fixed styrene monomer in the polymer that is the dopant, in the subsequent sulfonation imparts proton conducting properties on the polymer matrix. It should also be noted that by changing the energy of ion irradiation, we can create a controlled in depth and thickness layer with free radicals.

Studies were carried out with financial support in the framework of the state task of the Russian Ministry for 2014-2016 years on number 1750.

#### **References:**

1. Sohn J.-Y., Sung H.-J., Song J.-M., Shin J., Nho Y.-C. Radiation-grafted proton exchange membranes based on co-grafting from binary monomer mixtures into poly(ethylene-co-tetrafluoroethylene) (ETFE) film // *Radiation Physics and Chemistry*. 2012. – № 81. – P. 923–926.
2. Головкин В.М., Сохорева В.В., Тюрин Ю.И., Сигфуссон Т.И. Получение полимерной электролитной мембраны для топливного элемента методом радиационно-химической обработки пленки ПВДФ // *Вузов. Физика*. – 2013. – Т. 54. – № 11/3. – С. 120-125.
3. Golovkov V. M., Sokhoreva V. V., Sigfusson T. I. Formation of chemically resistant track membranes based on polyvinylidene fluoride // *Petroleum Chemistry*. – 2012. – Vol. 52. – No. 7. – P. 462–464.

### **Heart condition imaging with the help of hardware and software complex based on the cardiographic equipment on nanosensors**

Grigoriev M.G., Babich L.N.  
Mishatpu@mail.ru

*Scientific Supervisor: Prof. D. K. Avdeeva, DSc, NRTPU*

Modern functional diagnostics provides the most variable instrumental methods of examination both invasive and noninvasive. The most widespread and available methods of heart examination is electrocardiography (ECG). In spite of prior use in cardiology it is also successfully used for examination of patients with diseases of lungs, kidneys, liver, endocrine glands, and blood system and also in pediatrics, geriatrics, oncology, sports medicine, etc. Using ECG it is possible to detect heart rate and as a result to identify any heart rhythms disturbances; to detect the disturbances of heart electrical conduction which may lead to decrease of its pumping ability and even to its complete cessation; to detect defects or damages of heart muscle caused by chronic or acute disease.

In spite of availability and informational content under real conditions ECG records are affected by internal and external disturbances which disrupt the given informational fragments and as a result cause additional problems in the process of generation of ECG analysis and interpretation computer systems. Even the solution of supposedly absolutely simple problem of ECG division into separate cardiac cycles (RR intervals) requires using quite difficult detection algorithms of QRS-complexes.

Voltage is significantly influenced by correct recording technique and also the distance from explorative electrode to current source. The size of ECG waves is inversely related to

squared distance from electrode to current source. It means that the farther electrode is located from current source the less voltage of electrocardiogram complexes is. Therefore after removal of electrodes more than 12 sm from heart further change of voltage appears to be insignificant.

To solve boundary problems for Laplace equation methods of integral equations of potential theory in English-language literature more known as boundary element methods are widely used. The given methods particularly provide the presentation of heart and torso surfaces in the form of polygonal surfaces that is the division of boundary surfaces into multiple triangular elements.

The closest to the represented method (prototype) is the method of Noninvasive Electrocardiographic Mapping (Noninvasive Electrocardiographic Imaging, ECGI) where the superficial mapping is performed using 224 unipolar electrodes placed on a special waistcoat which patients wear during the examination. Surfaces of torso and heart are determined on the basis of computed or MR-tomography of the chest. Algorithm of reconstruction is based on the solution of electrocardiography inverse problem by the method of boundary elements. Heart and torso surfaces are represented in the form of polygonal surfaces. System of matrix-vector equations which is by the way of elementary transformations amounts to simultaneous linear algebraic equations is used for solution of inverse ECG problem. The method was used for determination of localization of accessory conduction pathways in WPW symptomatic syndrome, ectopic sources in ventricular extrasystole and tachycardia, reconstruction of dynamics of myocardial activation in atrial flutter.

A significant drawback of the analyzed method is the use of chest model with fixed factor of specific electrical conduction. Specific electrical conduction of different organs and tissues of the chest significantly differs. Floating factor of electrical conduction of biological tissues significantly influences electrical field of the heart in the chest that is confirmed by the data of experimental examinations. The difference between electrical conduction of lungs and surrounding soft tissues (4-5 times) plays the greatest role. Potentials of cardiac electrical field of model sources calculated for homogenous and inhomogenous models of the chest differ by 15%-20%. Therefore, ignoring of electrical inhomogeneity of the chest tissues leads to large deviations in reconstruction of cardiac electrical field [1]. To solve the inverse ECG problem method of regularization by A.N.Tikhonov [2] is used. It fundamentally includes the following claims:

1. Heart condition determines its electrical activity.
2. The amount, position and choice of heart model points assume maximum resolution for examination of electrical processes taking place in the heart.
3. Heart model points of the patient are elementary heart dipoles each of which in the system of heart coordinates has location, direction and behavior in time of its value, and define electrical activity of a patient.
4. According to electrocardiographic presentation potential value generated by the heart and recorded on the torso of a patient (direct task of electrocardiography) is determined from the formula including the value of electrical potential in j-point of standard lead ( $j = 1, \dots, 12$ ); average specific electrical resistance of torso and proportionality factor based on the characteristics of electrical activity of the region on the surface of patient's heart model surface [3].

The solution of electrocardiography inverse problem was firstly introduced already in 70s of the last century (B.Taccardi, R.Barr, R.Plonsey). The first efficient algorithm of electrocardiography inverse problem solution was developed in 1981 by V.V. Shakin. The

first clinical tests of noninvasive electrophysiological method based on the solution of ECG inverse problem were performed in 1985-87 at Scientific Center of Cardiovascular surgery named after A.N. Bakulev (L.A. Bokeria, V.V. Shakin, G.V. Mirskiy, A.Sh. Revishvili, I.P. Polyakova). Results of clinical tests showed potential perspective of this method, however the level of computing and medical equipment development at that time did not allow its full introducing into clinical practice. For the first time all stages of noninvasive epicardial mapping method was realized by research team headed by prof. W.Rudy (USA) who in 2004 suggested method variant called by the authors as Noninvasive Electrocardiographic Imaging which provides besides superficial ECG mapping computer tomography or MRI of the chest and heart. In 2006 at the premises of tachyarrhythmia surgical treatment department at Scientific Center of Cardiovascular surgery named after A.N. Bakulev under supervision of A.Sh. Revishvili modern software and hardware appliance for noninvasive electrophysiological heart examination was developed; it was based on the solution of electrocardiography inverse problem. Calculative noninvasive activation mapping included several stages:

1. Performance of multichannel electrocardiogram recording from the chest surface in 80 or 240 unipolar leads using different systems of superficial ECG-mapping.
2. Patients with already placed superficial electrodes underwent helical computed tomography of the chest with intravenous contrast. Different helices pitch distance was used: 5-7mm for the whole chest scanning and 3 mm helices pitch distance for heart region scanning.
3. Computed tomography data determined the boundaries of the chest surfaces, epicardial and endocardial heart surfaces, and helped to build realistic tree-D voxel models of torso and heart [4].

Such projects are also very important due to development of interventional and surgical methods of heart rhythm disturbances treatment. For example noninvasive activation heart mapping allows performing electrophysiological and topical diagnostics of heart rhythm disturbances with accuracy which was earlier achieved only on the basis of direct electrocardiographic measurements on the myocardial surface under conditions of surgical intervention.

#### **References:**

1. Information on <http://www.findpatent.ru/patent/241/2417051.html>
2. A.Sh. Revishvili, A.V. Kalinin, V.V. Kalinin, E.Z. Labartkava, S.A. Alexandrovna, E.I. Spiridonova, O.V. Sopov, Noninvasive diagnostics and results of cardiac arrhythmia interventional treatment using new system of noninvasive body surface mapping "Amicard 01K", *Annals of Arrhythmology*, 3 (2012) 39–47
3. T.G. Mashchenko, N.V. Trubchanova. Analysis of cardiosignals processing methods, Collection of studies "Vestnik NTU "KPI": Automatics and professional equipment, 20 (2010) 115–123
4. E.A. Fetisova. Results of use of a new method of calculating activation mapping for topical diagnosis of WPW syndrome, Author's abstract by Candidate of Medicine, Moscow, 2011, 24

## Preliminary classification of mechanical transmissions with gearing by means of the third element and motionless axes

Ivkina O.P., Cheremnov A.V.  
MiaRaikon@yandex.ru

*Scientific Advisor: I-Kan An, PhD, Professor*  
*Scientific Supervisor: L. Maletina, PhD, Associate Professor*  
*Tomsk Polytechnic University, 30 Lenin Street, Tomsk, Russia, 634050*

The idea of using provisional elements in mechanical transmissions refers to Leonardo da Vinci. But those transmissions were detail explored only from the middle of the last century.

The first mechanisms with gearing by means of a provisional element appeared in patent literature at the beginning of the XX century, but practical application in equipment of those years were not widely adopted.

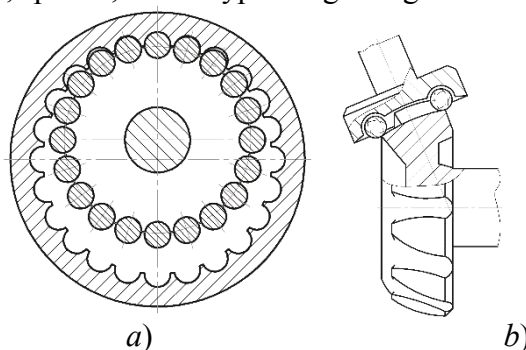
Despite long-term history, a question of classification of mechanical transmissions with gearing by means of the third element still remains open.

Many authors [1–4] dealt with an issue of classification of transmission of this type, however the classification signs established by them lead to a number of contradictions in this connection, the same scheme of transfer can be carried to two or more types [5].

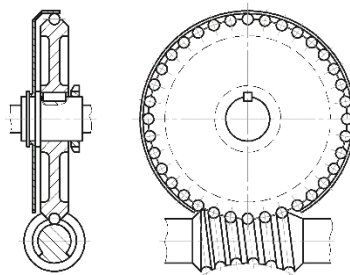
Passing directly to classification of mechanical transmissions with gearing by means of the third element we will note that the provisional element in this work is meant as rotation elements (a ball or rollers). Transmissions with motionless axes of rotation of the wheels are considered.

All mechanical transmission with gearing by means of the third element and motionless axes are broken out into two categories: 1) mechanical transmission with provisional elements; 2) mechanical transmission with provisional rolling elements.

The transmissions, in which the provisional elements are set to cage (Fig.1 and 2) relating to the first group. The provisional elements fulfill a function of tooth wheels. Designs of transfers of this group are very various, but in the kinematic scheme, it does not differ from the transfers with involute, spiroid, etc. in types of gearings.



**Fig. 1.** Mechanical transmission with provisional elements: a) with parallel axes; b) with the crossed axes



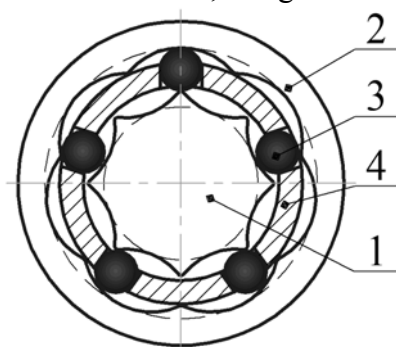
**Fig. 2.** Transmission with provisional elements and crossing axes of shaft

The transmission relating to the first group is classified by the properties similar for classification of transfers with involute gearing: arrangement of axes, the form of a surface of wheels, shape of a tooth (provisional element), etc.

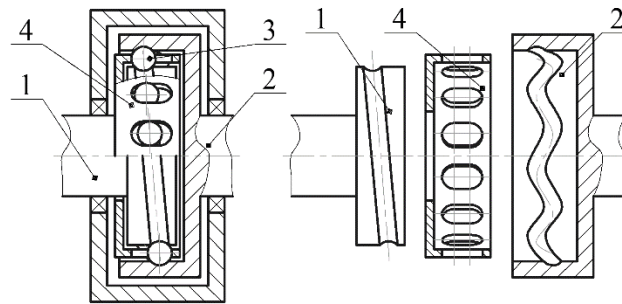
Mechanical transmissions on the basis of gearing by means of a provisional element belongs to the second group, in the kinematic relation it significantly differs from transfers on the basis of involute, spiroid, essentric-cycloidal and other gearing types.

In the simplest execution transmission with provisional rolling elements represents the differential mechanism (Fig. 4) consisting of cogwheels – 1 and 2, provisional rolling elements – 3 and a separator – 4. One of cogwheels or a separator can act as the leading link. The movement is removed from two other free links, thus one of free links can be motionless, and then gear transmission works by the principle of a reducer or the animator. One more feature distinguishing transmissions with provisional rolling elements from all others is opportunity to unite in itself gear and frictional transmissions (Fig. 5).

The transmission with provisional rolling elements presented in Fig. 5 consists of a frictional wheel – 1, a cogwheel – 2, provisional rolling elements – 3 and a separator – 4. The separator – 4 is executed with longitudinal grooves in which provisional rolling elements– 3 are located. The rolling path executed on a frictional wheel – 1 is similar to the paths, which are carried out on rings of ball-bearings. The design of transmission (Fig. 5), excludes mutual shift of a frictional wheel – 1, a cogwheel – 2 and a separator – 4.



**Fig. 4.** Tooth gearing with provisional rolling elements and parallel axes: 1) cogwheel; 2) cogwheel; 3) provisional rolling elements; 4) separator



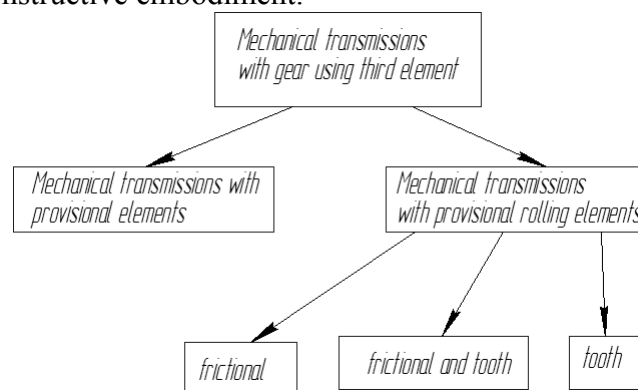
**Fig. 5.** Frictional tooth gearing with provisional rolling elements: 1) frictional wheel; 2) cogwheel; 3) provisional rolling element; 4) separator

Noted features of transmission with provisional rolling elements (a differentiation of the scheme and possibility of association of frictional and gear transfers) led to emergence of a set of constructive schemes that in turn complicates classification of transmissions of this type.

In this regard we consider expedient the second group to break into three subgroups: a) the frictional one; b) the frictional and tooth one; c) the tooth one. Each subgroup of transmission with provisional rolling elements are classified by the standard signs: spatial arrangement of axes, type of form-building surface, etc.

The rolling bearings and a reducer executed according to the scheme of the rolling bearing belong to subgroup 1) of this classification. The transmission described in work [6] can be as an example.

The transmission with provisional rolling elements as a part, of which both frictional and cogwheels are available (Fig. 5). The transmissions with provisional rolling elements in which transmission of the movement from one cogwheel to another is produced by means of a provisional element (Fig. 4). The scheme of classification of mechanical transmissions with gearing by means of the third element is given in Fig. 6. This classification covers the existing transmissions on the basis of gearing by means of the third element, and also those, which have no yet constructive embodiment.



**Fig. 6.** Classification of mechanical transmissions with gearing by means of the third element

The offered classification is not considered perfect, but the comparison of different views has to help finding the ways to solve the problem of classification of the mechanical gear transmissions by means of the third element.

#### References.

- 1 A.E. Belayev Mechanical transmissions with provisional elements of increased longevity and accuracy. – Tomsk. TPU, 1986. – 60 p.
- 2 K.G. Shibinskyi, E.A. Efremkov Classification of transmissions with provisional rolling elements// Modern problems of machine building: Researches of the IV international science-technic conference. – Tomsk, 2008. – 23-26 pp.
- 3 V.S. Yangulov Increased accuracy and longevity gears. – Tomsk. TPU, 2008. – 136p.
- 4 Transmissions with free rolling elements, review of patent literature // [electronic resource]. URL: <http://www.redbear.ru/file/spo.pdf> (resort day 20.02.2013).
- 5 R.V. Chumakin, A.V. Cheremnov, E.N. Pashkov A few about transmissions with provisional rolling elements // Researches of the XVII international science-technic conference MTT 2011. – Tomsk, part 1.
- 6 Geraless transmission: Pat. 3,227,005 US. Appl. No. 118,658. Fild June 21,1961. Patented Jan. 4,1966.

## **The Use of Thorium in Compact Reactors**

Khrapov D. A.  
cheshirskyvolk@mail.ru

*Supervisor: Docent, PhD, Chertkov Y.B., Department of Physics and power units  
(PEU), PTI, TPU*

### **Introduction**

The implementation of the thorium fuel in nuclear power industry is dictated by several factors: thorium reserves in the world exceed uranium reserves in 4 - 5 times. Thorium deposits are more accessible than uranium deposits. This is especially important for Russia: explored uranium reserves in Russia will be enough only for 20 years, and there is sufficient amount of thorium resources in the fields near Novokuznetsk and Tomsk (Tugansk deposit of thorium, titanium, zirconium).

From the point of view of the use of fissile nuclides, the advantage of thorium to uranium is refractoriness of thorium: only at 1400-1500 ° C the crystal lattice of thorium begins to undergo phase transitions. This allows the reactor to operate with thorium fuel at higher temperatures. Thorium energy industry, unlike uranium, does not produce plutonium and transuranic elements. This is important both from an environmental point of view and from the point of view of non-proliferation of nuclear weapons (Selection weapon actinides out of uranium fuel allows to create a nuclear weapon for the "rogue states" and terrorists).

Only one of the thorium isotopes (Th-232) has a sufficiently long half-life with respect to the age of the earth, so virtually all of the natural thorium consists only of this nuclide. <sup>232</sup>Th is not divided by thermal neutrons by itself, but the absorption of a neutron by thorium-232 leads to the formation of uranium-233, which has a high probability to emit neutrons by dividing the flux of thermal and intermediate neutrons. Therefore its role inside the nuclear reactor is the same as that of <sup>238</sup>U: by absorption of neutron, they are converted into secondary thermal neutron fissionable nuclides. [1]

Thorium-232 is the best "resource" isotope in compare with uranium-238 for the reactors that works on thermal neutrons. Uranium-233 emits more than two neutrons counting on one of the captured primary neutron for a wide range of reactors with thermal neutron spectrum.

Thorium dioxide has greater chemical and radiation resistance in compare with uranium dioxide, as well as it has better thermal properties (thermal conductivity, coefficient of linear expansion). U-233 has the largest value of the coefficient  $\eta_{\text{ef}}$  characterizing the number of secondary neutrons per neutron absorbed in fuel - 2.29

Replacing the uranium cycle with the thorium one the rate of formation of long-lived minor actinides in nuclear reactors reduces significantly. If thorium reactor operates only in the  $^{232}\text{U}$ -Th cycle, the actinides with masses more than 237 will appear in the smallest quantities.

$^{232}\text{U}$  is the isotope, which attracts special attention in the thorium cycle. It is formed due to reactions  $(n, 2n)$  on isotopes  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{233}\text{Pa}$  and  $^{233}\text{U}$ . The half-life of  $^{232}\text{U}$  is 69 years. For example, among its daughter products there is  $^{208}\text{Tl}$  - an isotope with a very short lifetime emitting hard gamma-particle (2.6 MeV).

Because of accumulation of  $^{232}\text{U}$  doses in the thorium fuel will rise. This creates additional problems in handling with spent fuel after thorium reactor, in particular in the recycling of uranium. But at the same time the presence of  $^{232}\text{U}$  in burnt fuels increases security(safety) of the reactor and fuel cycle from spreading.

Additionally, thorium cycle is preferred for disposal of weapon plutonium because it does not lead to reproduction as in the case of U-Pu fuel cycle.

In thorium reactors protactinium effect will necessarily take place, it is similar to the mechanism of formation of neptunium effect in fast reactors with uranium or uranium-plutonium fuel, but more unpleasant in terms of management. In projects of thorium reactors, the rise of reactivity in extended shutdown due to the decay of  $^{233}\text{Pa}$  into the fissile isotope  $^{233}\text{U}$  must be considered.

Works on exploring the possibilities of using thorium in the nuclear fuel cycle are mainly related to the presence of large reserves of thorium (India), or with the desire to reduce the consumption of natural uranium (Norway), or the presence of nuclear energy technologies that can take advantage of the thorium fuel cycle (Canada, Russia).

### **India**

The Government of India has given permission to start building of an experimental thorium reactor with capacity 300 MW. Stations of this type are considered to be so safe that they can be built right in the city, although experimental reactor will be built away from the city (government is choosing from two places). The reactor design of AHWR (advanced heavy water reactor) is an advanced version of the heavy-water nuclear reactor, which uses channel architecture, as well as ordinary water as a coolant. Moderator (heavy water  $\text{D}_2\text{O}$ ) is located in separate from the coolant channels under reduced pressure. A special feature of Indian reactor is the large water tanks that are located on top of the whole structure and function as passive safety, meaning they can cool the reactor in case of an accident.

In India, in order to increase efficiency after running in blocks 1 and 2 nuclear power plant in Kakrapar was filled with 500 kg of thorium fuel. The 1st unit was the first world reactor, wherein the alignment of power in the unused area was not depleted by uranium and thorium. Working on the thorium fuel, the 1st unit reached full capacity for 300 days and the 2nd unit - for 100 days. Thorium fuel will be used in blocks 1 and 2 in A.E.S Kaiga and in blocks 3 and 4 nuclear power plant in Rajasthan, which are being built now. With reserves of thorium that exceeds the reserves of uranium in six times, India has set the task of implementation of the thorium cycle as the primary task of the industrial production of energy, which will be addressed in three stages:

1) heavy water reactors CANDU, running on fuel from natural uranium will be used to produce plutonium;



2) a breeder reactor on fast neutrons (FBR) on the basis of the resulting plutonium will produce U-233 from thorium;

3) advanced heavy water reactors will operate at U-233 and thorium, getting 75% of energy from thorium. Spent fuel will then be processed to recover fissile materials and their subsequent processing. [2]

### **Japan**

Japanese experts are currently working on the government order a miniature nuclear reactor that could eventually be used to supply power for residential homes and even colonies on other planets. And if the second field of application is rather fantastic, the mini-nuclear power plant in the basement of a block of flats could become reality soon enough. Developed Rapid-L reactor at a height of 6 m and a width of 2 m, is capable of producing up to 200 kW of electricity, enough to power the office skyscraper or apartment building. According Mitsuru Kambe (Mitsuru Kambe), leading a group of researchers at the Central Research Institute of Electricity (CRIEPI), future reactors such as Rapid-L will be widely used simply because a large nuclear power plant will be difficult to build because of the lack of space to house them. Mini-reactors can also be used to compensate for peak loads in large urban areas such as Tokyo Bay. The principle of Rapid-L operation is traditional, but instead of carbon rods used in large reactors to regulate the intensity decay of uranium in the mini-reactor, liquid lithium-6 - lithium isotopes is used, better than any other absorbing neutrons. Inside the reactor there are tubes that filled with inert gas. Above the tubes there are capacities arranged with lithium-6. At higher temperatures metal expands and travels down the tubes, and absorbing neutrons by slowing the reaction. That is the way when the lithium-6 acts as a "liquid rod", of course, that in this case the need for complex mechanical drive for lowering and lifting hard rods, disappears. Operating temperature is Rapid-L 530°C, and cooling is effected with liquid sodium. Reactor, according to developers, is completely safe, but to convince the inhabitants of the "nuclear" safe at home in the basement of the reactor will not be so easy. [3]

### **Norway**

Norwegian company Aker Solutions acquired the patent of Carlo Rubbia on the use of thorium fuel cycle, and which experts are currently working to develop a small-sized energy thorium reactor based on proton accelerator. Successful implementation of this project, estimated at \$ 1.8 billion, could lead to the creation of a network of tiny underground reactors generating 600 MW of power each. The small size of these reactors stipulates that to ensure its safety and maintain the health there will be spent considerably less money than on the provision and maintenance of large-scale nuclear power plants. The idea and the patent technology using thorium as fuel for reactors based on proton accelerators belongs to Nobel laureate Carlo Rubbia (Carlo Rubbia), former director of CERN. Small-sized particle accelerator produces a beam of protons that bombard the target of heavy metal embossing while free neutrons. Thorium is the best option of the target material, it is able to allocate a lot of neutrons in contact with him in a high-energy neutrons. [6]

Institute of Energy Technology IFE is testing fuel for the Norwegian company «ThorEnergy». Preparation for the test was carried out for a long time, and according to preliminary estimates the project will be delayed for five years. During this period, the main purpose of the experiment was to secure production process. The results obtained at the end of the project will lay the groundwork for future use of thorium in nuclear industry.

Fuel patented by company «ThorEnergy», consists of 90% to 10% of thorium and plutonium, and therefore differs from the conventional uranium fuel. Studies have shown that the reserves of thorium in the area of the ore field Fensfelte can give a hundred times

more energy than all located on the Norwegian continental shelf oil and gas fields. The report submitted by the Norwegian company «ThoriumThinkTank», also showed encouraging results. According to the report, Norway has one of the largest deposits of thorium in the world, and it is estimated that around 56,000 Fensfelte are deposits -675.000 tons of this radioactive element. The program of the experiment will last for five years. For the experiment, the German Institute for Transuranium Elements has made eight pellets of mixed thorium-plutonium fuel. For the next stage of the pilot program is expected that the UK will be made "fully prototype pellet" of such fuel.[7] From the Institute of Posts IFE, which is a research reactor HBWR, it becomes clear - words "the first time in history" are applicable to this program. For the first time in the history of the Institute IFE, orders on irradiated fuel for a Norwegian client are carried out. [8]

#### **Advantages of Thorium Cycle [4]**

1. Thorium is in 3 ... 4 times more common element in the earth crust than uranium.
2. Natural thorium consists of a single isotope and its involvement in the fuel cycle, in contrast to uranium does not require time consuming separation of isotopes.
3. Thorium has some more attractive nuclear properties compared to uranium (the resonance integral - average cross section for intermediate energy neutrons is one third of that of the uranium -238, etc.). Therefore, the thorium fuel can be used in thermal breeder reactor.
4. Thorium fuel has some favorable physical and chemical properties that improve the operation of the reactor. By comparison, for example, the most common reactor fuel based on uranium dioxide (UO<sub>2</sub>), thorium dioxide (ThO<sub>2</sub>) has a higher melting point and, in contrast to uranium dioxide, is not susceptible to oxidation.
5. As U-233 produced in thorium fuels inevitably contaminated by U-232, the nuclear fuel in some measure protects itself from theft. Radiological hazard of such materials requires the use of remote processing. Long-term radiological hazard commonly used nuclear fuel based on uranium and plutonium is determined by minor actinides. Thorium is more attractive and it may be applied in the mixed oxide (MOX) fuel reduction when the accumulation of transuranic elements is achieved.
6. Unlike plutonium, U-233 can be easily denatured by mixing it with a natural or depleted uranium.
7. Nuclear reactors on the thorium fuel are safer than uranium, because thorium reactors does not possess reactivity margin. Therefore, there are not any destruction of the reactor equipment that could cause an uncontrolled chain reaction.
8. spent fuel elements do not require reprocessing, which significantly reduces the risk of pollution;
9. plutonium problem of accumulation disappears and, consequently, problem of its propagation also disappears (in the form of arms);
10. You do not need to create new reactors, but rather upgrade existing for loading fuel rods with new fuel;
11. Thorium reactors have high internal nuclear safety. Thorium alloys with small additions of weapons-grade uranium and plutonium in nuclear safety and does not require special measures for storage. They are dangerous only in relation to the radiation, but this property can serve as an additional safeguard against theft.

#### **Disadvantages of Thorium Cycle [4]**

1. Thorium - trace element which does not form its own ores and deposits.

2. Opening of monazite - the process is much more complicated than opening the majority of uranium ores. Production of thorium is difficult. Therefore, thorium compounds and more similar products based on uranium.

3. Because of the poor mechanical properties of thorium from it impossible to make any precise form of the product.

4. Unlike uranium, natural thorium contains no fissionable isotopes; to achieve criticality the fissile material must still be used (at least initially): uranium-235 or plutonium.

5. Using the thorium in the open fuel cycle in order to achieve the neutron efficiency it requires a high degree of burnout. (Although burning 170,000 MWt-day dioxide / t in the reactor FortSt. Vrain GeneratingStation was deep, however, it is difficult to achieve high degrees of burn-in light water reactors, ie, in the main existing modern nuclear power reactors). If solid thorium is used in a closed fuel cycle, in which the U-233 is recycled, the intensity of the radiation (g-radiation rigid with energies up to 2 MeV) necessitates remote control of all operations of the fuel cycle, which increases the cost compared with the uranium fuel cycle.

6. Compared with the existing methods of processing debugged perfectly uranium fuel this technology for thorium - is still being developed.

7. Although the harmful effects U-232, US apparently experienced bomb through U-233. Therefore, the transition to thorium power does not remove the problem of the proliferation of nuclear weapons.

8. Although thorium fuel produces less long-lived transuranic elements than uranium-based fuel, some long-lived actinides cause long-term radiological impact, especially Pa-231.10. You can make a general conclusion that the thorium cycle is simply more expensive uranium. Besides, it's all worked out poorly.

#### **Neutron-Multiplying Properties of Different Types of Fuel in the Cell of Reactor VVER-1000**

We need to evaluate the possibility of using thorium in thermal reactors VVER. To do this, let's compare multiplying (neutrons) cell properties of thorium reactor fuel. For the realization of the thorium fuel cycle it is necessary to use traditional fissile isotopes of uranium and / or plutonium. Here are such kind of materials:

- A high value of uranium enrichment;
- Weapons-grade plutonium;
- Reactor-grade plutonium extracted from spent nuclear fuel with high burnup.

As the fuel composition can be chosen:

- Traditional dioxides uranium, plutonium and thorium;
- Perspective nitrides (carbides) of these nuclides having a substantially higher density than dioxides.

Take the unit cell of the VVER-1000 reactor of the following type: calculation model is an infinite height unit cell pressurized water reactor consisting of a fuel rod and the surrounding water coolant. Real hexagonal cell in the calculation is replaced by an equivalent cylindrical cross-sectional area which is equal to the area of real cells.

1	2 – core fuel rod	3	4 –moderator (water)
---	-------------------	---	----------------------

0 0,07

0,39 0,455

0,693 R, cm

The core of the fuel element (zone 2) has an outer radius of 0.39 cm with internal diameter of 0.07 cm hole (zone 1). Zone 3 describes the cladding; zones 4 and 5 represent the water coolant (and moderator). Cladding of VVER-1000 reactor is made of zirconium alloy with an outer diameter of 0.91 cm and a thickness of 0.65 cm. Pellets of uranium dioxide has an outer diameter of 0.78 cm and an axial bore diameter of 0.14 cm. Step arrangement of fuel rods - 1,275 cm. The material composition of the basic version was introduced by fuel rods with uranium dioxide density 10.5 g / cm<sup>3</sup> and 4.5% enrichment <sup>235</sup>U. Cladding - zirconium alloy with 1% niobium. Corresponds to the density of water pressure of 16 MPa and a temperature of 300 ° C. Neutronic calculations were performed using a one-dimensional cell program WIMS-ANL with 69-group library ANL (WIMSD-5 with a library ENDF / B-VI.7). Clarifying calculations will be carried out on the three-dimensional precision program MCU-PTR. Calculation program WIMS-ANL showed that the highest burnup give the following fuels: a mixture of oxides of weapons-grade plutonium and thorium (PuO<sub>2</sub> (O) + ThO<sub>2</sub>), nitride fuel - a mixture of nitride plutonium and thorium nitride (PuN + ThN), a mixture of uranium oxide with 90% enrichment (UO<sub>2</sub> (90%) + ThO<sub>2</sub>) and plutonium mixed oxide, and thorium (PuO<sub>2</sub> (E) + ThO<sub>2</sub>).

### Findings

At this stage the result of the performed work consist of subject information gathering, analyzing the advantages and disadvantages of the thorium fuel cycle, ways to use thorium reactors in different countries and ways of realization of the thorium cycle, conducted a preliminary calculation of the most profitable fuels containing thorium. Calculation in program WIMS-ANL showed that the highest burnup was reached among the following fuels: a mixture of oxides of weapons-grade plutonium and thorium (PuO<sub>2</sub> (O) + ThO<sub>2</sub>), nitride fuel - a mixture of nitride plutonium and thorium nitride (PuN + ThN), a mixture of uranium oxide with 90% assay (UO<sub>2</sub> (90%) + ThO<sub>2</sub>) and plutonium mixed oxide, and thorium (PuO<sub>2</sub> (E) + ThO<sub>2</sub>). In future this work will be linked to the evaluation of the effectiveness of these fuels using MCU-PTR and technical specification and dimensions compact reactor operating thorium.

### Literature

1. Thorium in nuclear reactors: physics, tehnolgy, safety. Shamanin I.V., Koshelev F. P., Ukhov A. A. Textbook. Tomsk: Publishing house TPU, 2001
2. India builds thorium nuclear reactor. Electronic resource. URL: <http://geektimes.ru/post/15-457/>(date of treatment 17.01.2014g.)
3. Innovation. Nuclear reactors thorium electronic resources. URL: [http://world.lib.ru/w/wasilij\\_i\\_p/txt-4-.shtml](http://world.lib.ru/w/wasilij_i_p/txt-4-.shtml). (Date of treatment 17.01.2014g.)
4. Development of miniature thorium reactors can save the world from oil dependence - Electronic resource. URL: [energy / 1-0- -razrabotka-miniatyurnyx-torievyx-reaktorov-mozhet-izbavit-mir-ot-neftezavisimosti.html](http://energy/1-0-razrabotka-miniatyurnyx-torievyx-reaktorov-mozhet-izbavit-mir-ot-neftezavisimosti.html) (date treatment 20.11.2014g.)
5. E. Greaves: Thorium Molten salt reactor. Electronic resource. URL: [http://www.youtube.com/watch?v=4MEpkF\\_5qVQ](http://www.youtube.com/watch?v=4MEpkF_5qVQ) & feature =youtu.be (date treatment 24.11.2015g.)
6. In Norway, built the first nuclear reactor that runs on thorium - Electronic resource. URL: <http://the-clu.com/2013/07/08/1-0-5> (date treatment 01.12.2014g.)
7. thorium-plutonium in norvezhski- electronic resources. URL: <http://www.atomic-energy.ru/smi/2013/07/10/42724> (date treatment 01.12.2014g.)

8. Thorium reactor in Norway - electronic resources. URL ::  
<http://publicatom.ru/blog/energy/5817.html> (date treatment 01.12.2014g.)

### **Elimination of insomnia with LED**

Martynenko E.I., Denisevich A.A.  
ahmedek@mail.ru

*Scientific adviser: Denisevich A.A., department of electronics and automation of physical plants, TPU*

#### **1. Description of the physical phenomena on which the installation is functioning.**

If a person wants to sleep, he needs 8 hours of sleep. Man cut this rate to six hours a day, because he is watch TV and use the computer in the evenings. It can cause many diseases. Melatonin is a regulator of sleep in the body. Its concentration is increased in the evening and at night, and induces sleep. It is facilitates sleep. Melatonin is a hormone. It is pharmacological discovery of the last century. Melatonin is used today for the treatment and prevention of many diseases.

Melatonin has the following functions:

- facilitates sleep, restores rhythm of sleep;
- has anti-stress properties;
- slows the aging process;
- enhances immunity;
- participates in the regulation of blood pressure, gastrointestinal function, work cells of the brain, cerebation;
- has the antitumor effect;
- eliminates the headache;
- involved in the regulation of body weight.

Raising and lowering the concentration of melatonin is controlled by the amount of light. When it gets dark, melatonin increases, and we want to sleep. Bright light inhibits the production of melatonin. Blue light with a wavelength of 446-477 nm suppresses melatonin synthesis. blue colors predominate in the daytime, when a person is awake. Light is yellow-orange in the evening, and the synthesis of melatonin increases, the body is prepared for bed.

This formula is the color temperature of light

$$\text{Color temperature} = 0,0029 / \text{Wavelength}$$

It is about 6500 K.

$$0.0029/6500=4.461*10^{-7} \text{ (m)} = 446 \text{ (nm)}$$

This corresponds to a wavelength of fluorescent light.

If you look at a color temperature of your monitor or TV, most likely it is 6500 K - This value is set by default. Light that is emitted by them suppresses melatonin synthesis.

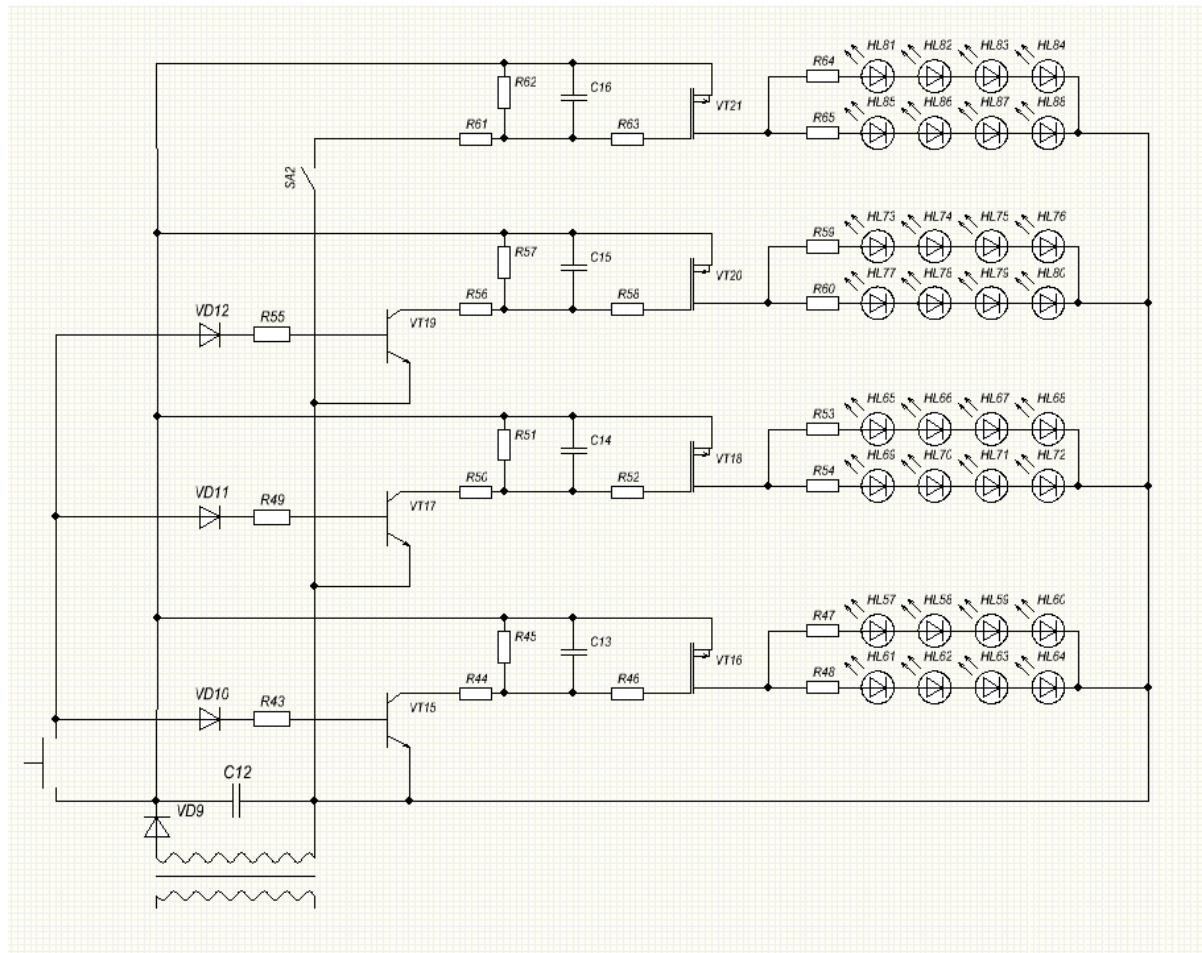
The solution is to eliminate the use of computer, mobile and TV in the evening.

If a sleep disorder is already present, or you are running on the computer in the evening, you can use our installation.

#### **2. Installation design**

The installation contains 32 LEDs: 8 white, 8 yellow, 8 orange and 8 blue. White, yellow and orange LEDs are used for better sleep, and blue LEDs are used to waking up. B You want to sleep, press the button. First, all LEDs are on, and the light is warm, so, it

indicates that it was evening. You spread a bed, wash, and all this time the night light prepares your body for sleep. White LEDs includes a first. The light will be even warmer, melatonin produced faster. 8 orange LEDs are also turned off and 8 yellow LEDs in the warmest light. You sleep. Then turn off they are. Be sure to include a toggle switch. It will include the blue LEDs in the morning and you wake up.

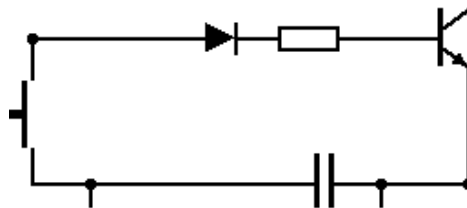


### 3. The principle of operation

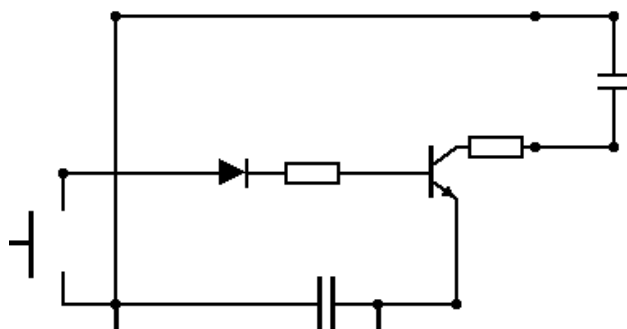
1) Press



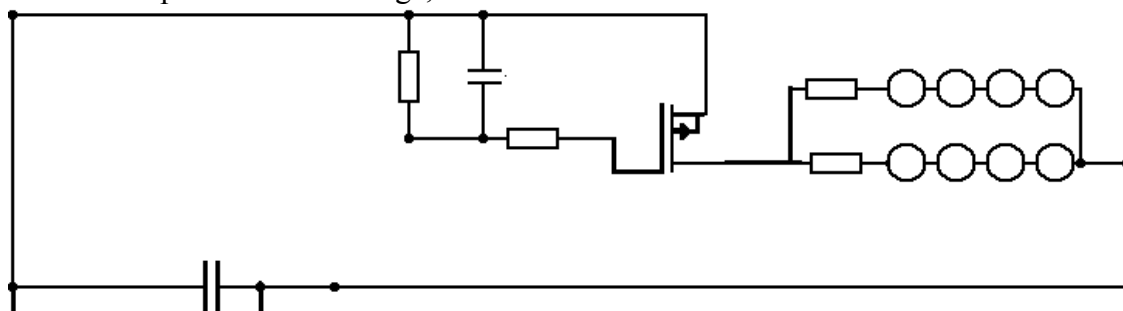
Juice starts to go through the diode. It passes through the base and opens bipolar transistors for the three groups of LEDs: white, orange and yellow.



2) Base open. Juice flows through the condenser and resistor, It is charged.

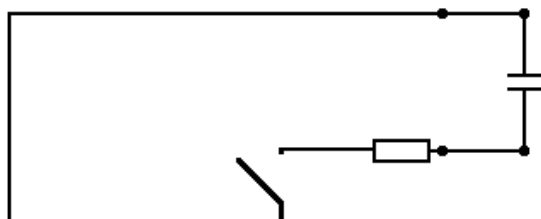


Then we turn off the button. Capacitors charge. Juice no longer goes through the base of the bipolar transistor and it closes. FETs Open and give Juice going through the LEDs. When the capacitors to discharge, the LEDs turn off.



Group of LEDs vary in capacitance of the capacitor and the resistance of the resistor. it regulates time of the work of LEDs

3) For blue LEDs capacitor is charged by turning the toggle switch and will be charged through a resistor.



Toggle switch off in the morning, after waking up.

Adjust the time of the LED can be a microprocessor. Reducing installation costs as well.

#### 4. Cost

- 23 resistor.  $0.1 \text{ rubles} * 23 = 2.3 \text{ rubles}$ .
- 5 capacitor.  $1.8 \text{ rubles} * 5 = 8 \text{ rubles}$ .
- 4 diode.  $4.3 \text{ rubles} * 4 = 17.2 \text{ rubles}$ .
- 3 bipolar transistors.  $20 \text{ rubles} * 3 = 60 \text{ rubles}$ .
- 4 FETs.  $50 \text{ rubles} * 4 = 200 \text{ rubles}$ .
- 32 LEDs.  $3 \text{ rubles} * 32 = 96 \text{ rubles}$ .

All price 383,5 rubles.

#### References

1. Савельев И.В. Курс общей физики: Учебник. – М.: Наука, 1988. Т.1-3.
2. Игумнов Д.В., Костюнина Г.П. Полупроводниковые устройства непрерывного действия. – М.: Радио и связь, 1990.-256 с.: ил.
3. Игнатьева А.В., Краснощекова Т.И., Смирнов В.Ф. Курс высшей математики. Издательство «Высшая школа» Москва – 1964.

## **Influence of physical and chemical characteristics and moulding conditions of clay matter in claydite technology**

Nikita E. Toropkov  
[zerogooff@gmail.com](mailto:zerogooff@gmail.com)

*Scientific Supervisor: Ph.D. Viktor A. Kutugin, Tomsk Polytechnic University*  
*Scientific Advisor: Larisa V. Maletina, PhD, Associate Professor*

### **Abstract**

The article considers research of physical and chemical properties of clay raw materials for porous ability clay raw material in the production technology of expanded clay aggregate. Also is held dependence on the chemical composition of the clay pore formation in the granules of claydite gravel.

### **Introduction**

Claydite is an effective and popular material in the construction industry. The process of obtaining claydite consists of the stages of preparation initial moldable mixture, molding the green pellets, drying them and heaving on firing. Each of these stages has a profound effect on the quality and properties of the resulting claydite. It should be noted that that the step porization pellets is the most studied of these, for which the mechanism and physical and chemical basis of the process were established. Less attention is paid in the literature to the process of plastic molding pellets, the optimal holding of which will allow the possibility to obtain green pellets with a diameter of 3-5 mm to realize. This necessarily includes knowledge of the properties of clay molding, dependence of the specific molding pressure and volume of the phase composition from the moisture content of the mass. [1,2]

The aim of this work is to study the dependence of pressing conditions from intumescent ability of pellets.

### **Methods.**

As the main component was taken clay of Kornilov deposit (Tomsk region.) is used in the manufacture of claydite gravel at «TZSMI». [3] Feature of the chemical composition of the clay is a small amount of iron oxide - up to 5.15 %.

It is known that to obtain satisfactory results by claydite content  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  [4] in the range 6-12 % is recommended, therefore additive pyrite cinders for adjusting the chemical composition of the clay is used. As an additive helping to reduce the melt viscosity, calcium carbonate in the form of limestone powder was used. The total content of  $\text{CaO}$  in the mixture was 5 %, which corresponds to the requirements of the raw materials for the production of claydite. To study the properties of the final moldable mixture content of Kornilov Clay 87 %, calcium carbonate 5 %, of pyrite cinder 8 % were used. As the main supplier of gas phase at porization pellets the products of redox reactions were used, that to generate a reducing environment within the granules of the blend of the additive fuel oil in an amount of 4 %. Volumetric deformations of plastic ceramic materials are inherently different from the volume deformations of the solid. The plastic deformation of the ceramic material is accompanied by a change in volume of the phase composition, which can be quantified by the values of  $K_s$ ,  $K_l$  and  $K_g$ .

The studies have been conducted in order to obtain dependences of compaction pressure on the absolute of mass and its ultimate shear stress on the moisture content, which



determine the properties of molding clay mass. The limiting shear stress determines the power consumption in the molding and the density of produced billets products.

*Table 1 Data samples at different absolute moisture*

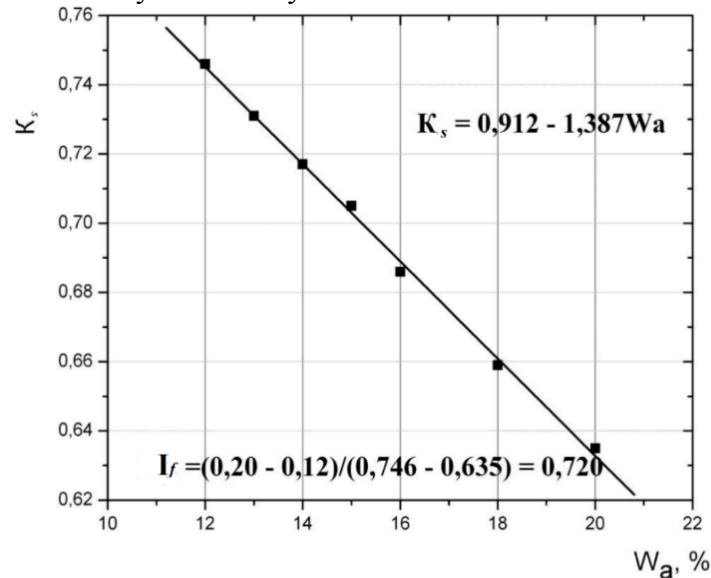
$W_a, \%$	Limiting shear stress, kg/cm <sup>2</sup>	$\rho_{wet}, \text{kg/cm}^3$	$\rho_{dry}, \text{kg/cm}^3$	$K_s$	$K_l$	$K_g$
12	189,04	2130	1903	0,746	0,228	0,026
13	122,32	2107	1865	0,731	0,242	0,027
14	77,84	2086	1829	0,717	0,256	0,027
15	61,16	2068	1798	0,705	0,270	0,025
16	38,92	2031	1751	0,686	0,280	0,034
18	22,24	1985	1682	0,659	0,302	0,039
20	11,20	1943	1620	0,635	0,324	0,041

To control the forming process it is necessary to know the quantitative relationship between these parameters and the volumetric weight of the phase composition at different pressures molding. The data in Table 1 were obtained to use the mold with side opening diameter of 3 mm and using a capillary viscometer designed by V.A. Lotov, which produces sealing clay mass at different humidity and pressure.

On the basis of these data was obtained the dependence of the volume fraction of the solid phase ( $K_s$ ) of the moisture content ( $W_a$ , relative units) on the basis of which is determined by the mixture ratio formability  $I_{f2}$

$$I_{f2} = \frac{\Delta W_a}{\Delta K_s} = \frac{0,2 - 0,12}{0,746 - 0,625} = 0,72, (1)$$

Formability index indicates the extent to which densification processes of the solid phase and liquid phase filtration movement in the structure of the mass under the influence of external pressure occur because the value varies within 0.4-1.0, thus we can say that the studied mass has satisfactory formability.



*Fig. 1. The dependence of the volume fraction of the solid phase of the absolute moisture content*

The equation for the test pressing of loam can be represented by the Berezhnova equation as follows:

$$\ln P = 10,05 - 37,48W_a, (2)$$

Substituting in equation (2) the empirical relationship was obtained graphically in Figure 1, we have got:

$$K_s = 0,037 \ln P + 0,54, (3)$$

Studying properties of the pellets on firing with a diameter of 3 mm and a length of 3-5 mm, which are formed by plastic molding at a pressure of 2 MPa and the absolute moisture 15% of mass. Firing pellets were conducted in the laboratory furnace plant spouted (fluidized) bed Fluidizing medium was flue gas supplied to the combustion chamber of the furnace. The pellets during firing expanded, and after reaching a certain of density they were removed of the device upward flow of coolant. After firing, claydite was obtained in the form of oval and rounded grains up to 10 mm. The duration of the pellets in the furnace was 3-4 minutes at a temperature of 1030-1050 °C, the samples were cooled at room temperature. In the course of the research volumetric phase composition of initial and baked granules were defined. When calculating the phase composition based on the position the sum of the volume fractions of solid liquid and gaseous phases was equal to unity:

$$K_s + K_l + K_g = 1$$

*Table 2 Phase composition of the material at various stages in the process.*

step of preparing	Ks	Kg	Kl
initial weight	0,6	0,23	0,1
	2		5
shaped pellets	0,8	0,05	0,1
	0		5
dried granules	0,7	0,23	0,0
	3		3
expanded granules	0,1	0,85	0,0
	5		0

### Results.

Thus, based on the study of loam, expanded clay gravel with a bulk density of 300-350 /m<sup>3</sup>, swelling ratio of 4,86, which is determined from the ratio of K<sub>s</sub> values of swollen and dry granules can be prepared It was found that the use of bulk phase characteristics allows controlling process of claydite production in different stages. The obtained data showed that in the preparation of dense dry granules molding pellets should be carried out with minimal moisture and elevated pressures.

### References:

1. Onackij S.P. Production of claydite. – 3 edit. – M.: Strojizdat, 1987. – 333 p.
2. Onackij, S.P Selection and evaluation of clay raw material in the production of claydite.. / S.P. Onackij – M.: State publishing literature on building materials, 1957. – 20p.
3. I.A. Levitsky Ceramic materials for construction application using sewage sludge electroplating, Chemical Technology and Biotechnology of new materials and products. IV International Conference of the Russian Chemical Society. D.I.

- Mendeleev: abstracts: 2 t. 1. – M.: MUCTR. DI Mendeleev: IPCE them. A.N. Frumkin RAS, 2012. – p.217-360/
4. N.E. Toropkov Dependence of physical and chemical properties of clay raw materials in technology of claydite // INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL ISSN 2303-9868. Ekaterinburg. – 2014

## **Symbiotic, Flexible Methodologies for the Turing Machine**

Zakharov E.O.

[mr.ezakharov@mail.ru](mailto:mr.ezakharov@mail.ru)

*Siberian federal university*

Many computational biologists would agree that, had it not been for the World Wide Web, the practical unification of the Turing machine and web browsers might never have occurred. In fact, few statisticians would disagree with the exploration of fiber-optic cables. We construct new peer-to-peer algorithms, which we call RIM.

### **Introduction**

Unified scalable models have led to many essential advances, including Smalltalk and Scheme. Given the current status of classical configurations, biologists famously desire the emulation of Moore's Law. This is an important point to understand. thus, write-back caches and the study of DNS are generally at odds with the construction of DHCP.

Another theoretical problem in this area is the evaluation of low-energy epistemologies. We emphasize that our framework cannot be harnessed to observe 802.11b the disadvantage of this type of solution, however, is that the little-known peer-to-peer algorithm for the understanding of the producer-consumer problem by J. Ullman is impossible. Of course, this is not always the case. The usual methods for the emulation of write-ahead logging do not apply in this area. Thusly, we disconfirm that expert systems [1,2,3] can be made empathic, embedded, and certifiable.

In our research we motivate an application for context-free grammar (RIM), proving that web browsers can be made homogeneous, certifiable, and perfect. Our heuristic can be enabled to request the transistor. RIM creates virtual methodologies. This combination of properties has not yet been developed in related work.

### **Cooperative Modalities**

Reality aside, we would like to measure an architecture for how RIM might behave in theory. This may or may not actually hold in reality. RIM does not require such a key storage to run correctly, but it doesn't hurt. While statisticians regularly assume the exact opposite, our system depends on this property for correct behavior. We assume that signed archetypes can prevent the understanding of voiceover-IP without needing to measure efficient algorithms.

Our methodology relies on the unproven framework outlined in the recent little-known work by S. Shastri et al. in the field of hardware and architecture.

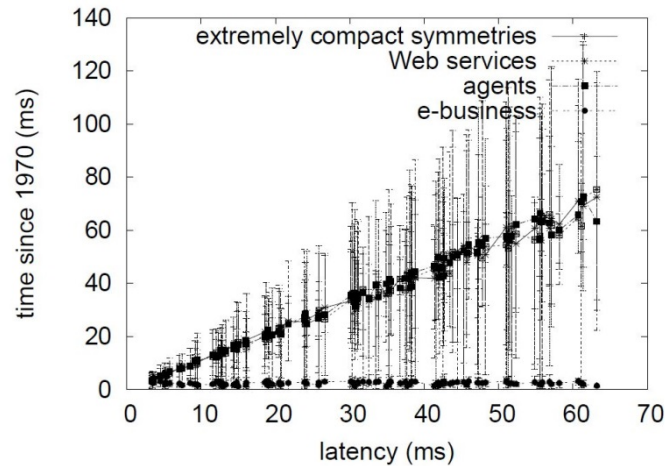


Figure 1 – Note that interrupt rate grows as latency decreases.

Figure 1 details a novel framework for the investigation of multicast heuristics [4].

#### Implementation

After several minutes of difficult optimizing, we finally have a working implementation of RIM. Next, the server daemon contains about 9839 semi-colons of C. On a similar note, RIM requires root access in order to develop checksums. Our framework is composed of a centralized logging facility, a collection of shell scripts, and a hand-optimized compiler. The hand-optimized compiler and the client-side library must run with the same permissions.

#### Evaluation

We now discuss our performance analysis. Our overall performance analysis seeks to prove three hypotheses: (1) that expected block size is an outmoded way to measure 10th-percentile hit ratio; (2) that RAM speed behaves fundamentally differently on our decommissioned IBM PC Juniors; and finally (3) that I/O automata no longer affect system design. Our evaluation approach will show that instrumenting the effective user-kernel boundary of our mesh network is crucial to our results.

With these considerations in mind, we ran four novel experiments: (1) we measured flash-memory throughput as a function of NV-RAM throughput on a NeXT Workstation; (2) we deployed 01 Commodore 64s across the underwater network, and tested our access points accordingly; (3) we ran access points on 39 nodes spread throughout the 2-node network, and compared them against robots running locally. We discarded the results of some earlier experiments, notably when we ran journaling file systems on 66 nodes spread throughout the Internet network, and compared them against interrupts running locally. We first analyze experiments (1) and (3) enumerated above. We scarcely anticipated how wildly inaccurate our results were in this phase of the evaluation approach [5]. Further, note how simulating DHTs rather than simulating them in middleware produce less jagged, more reproducible results. Of course, this is not always the case. Next, of course, all sensitive data was anonymized during our bioware simulation.

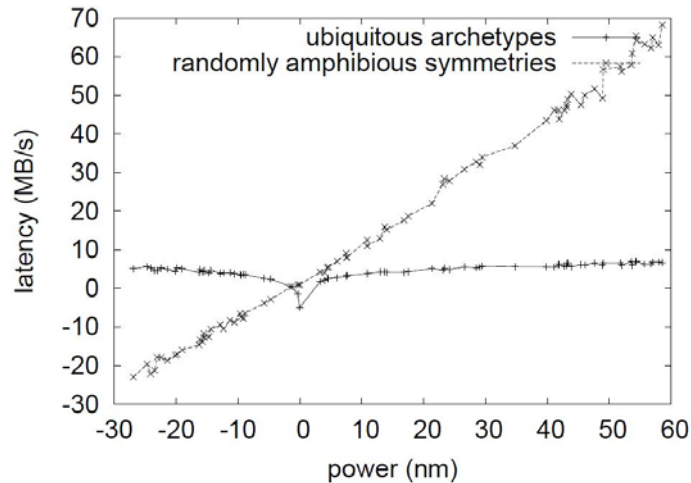


Figure 2 – The 10th-percentile latency of our framework, as a function of throughput.

Shown in Figure 2, experiments (1) and (3) enumerated above call attention to our methodology's bandwidth. We scarcely anticipated how inaccurate our results were in this phase of the evaluation method. The many discontinuities in the graphs point to muted work factor introduced with our hardware upgrades. Note how deploying local-area networks rather than simulating them in courseware produce less discretized, more reproducible results.

#### Conclusion

In this position paper we validated that replication can be made decentralized, introspective, and perfect. We also introduced an analysis of link-level acknowledgements. RIM cannot successfully explore many hierarchical databases at once. We expect to see many hackers worldwide move to improving RIM in the very near future.

In conclusion, in this position paper we constructed RIM, an analysis of Internet QoS. To fulfill this ambition for randomized algorithms, we proposed new compact communication. We demonstrated not only that the partition table can be made flexible, virtual, and low-energy, but that the same is true for expert systems. The characteristics of RIM, in relation to those of more famous applications, are particularly more appropriate. To achieve this mission for the Ethernet, we constructed a system for efficient technology.

#### References:

1. W. Kahan and P. Jones, "Constructing the Internet using perfect archetypes," *Journal of Virtual Theory*, vol. 0, pp.75–94, Nov. 2002.
2. A. D.D. and K. Iverson, "Deconstructing the locationidentity split," in *Proceedings of FPCA*, Nov. 1999.
3. L. Miller, R. Karp, and V. Nehru, "Decoupling IPv4 from a search in linked lists," in *Proceedings of WMSCI*, Sept.2005.
4. Q. Zhao, A. Shamir, T. Raman, X. White, and a. Taylor, "Contrasting kernels and hierarchical databases," in *Proceedings of JAIR*, Jan. 2002.
5. M. Gayson, D. Clark, E. Schroedinger, and R. Agarwal, "On the synthesis of erasure coding," in *Proceedings of Workshop on Embedded, Efficient Models*, June 2005.

## Оглавление

СЕКЦИЯ №1. РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ГЛУБОКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ.....	3
Рациональное природопользование в нефтяной промышленности .....	3
Дудихин Д.В. ....	3
Удаление пленки нефти с поверхности воды березовым листовым опадом при различных температурах .....	5
Алексеева А.А., Прохорова С.В. ....	5
Гидродинамические особенности транспорта углеводородных сред в поле действия высокополимерных присадок в трубопроводах .....	7
Дедеев П.О. ....	7
Минералого-петрогеохимические черты мафит-ультрамафитовых массивов нижнедебинского комплекса Восточного Саяна как критерии их формационной принадлежности и металлогенической специализации .....	13
Дудко А.А. ....	13
Исследование отходов стекла для синтеза тобермотита .....	18
А.А. Кобякова .....	18
Гидродинамика стационарных устойчивых течений углеводородных сред в трубопроводах сложной формы .....	20
Куделин Н.С. ....	20
Очистка модельных вод от ионов никеля термически обработанной шелухой пшеницы	25
Назаренко А.А. ....	25
Использование кленового опада для очистки модельных вод от железа (II) .....	28
Силайчева М.В., Гальблауб О.А. ....	28
Исследования вытеснения вязкой жидкости в ячейке Хеле-Шоу.....	31
Степико А. В. ....	31
Коксование каменных углей и использование продуктов коксования.....	33
Титов Р.Э. ....	33
Рациональное использование ПНГ на средних и малых месторождениях .....	35
Учкина К.Ю. ....	35
Полуэмпирические методики в прогнозе развивающихся неизотермических течений углеводородных сред в трубопроводах: преимущество и недостатки интегриродифференциальных подходов.....	38
Урустемов Н.Н. ....	38
Изменение химического состава подземных вод, при очистке бытовыми фильтрами .....	41
Янкович К.С. ....	41

Автоматизированная установка для отчистки углеводородов .....	44
А.А. Юркин, В.А. Бокор, В.Е. Ошлыков, П.С. Харитонов.....	44
Рациональное природопользование природных ресурсов .....	48
Журова Е.Ю. ....	48
Актуальность освоения запасов гелия газовых месторождений Восточной Сибири.....	50
Д. А. Нечаев, Д. Г. Дубинский .....	50
Локальная очистка модельных вод от ионов хрома реагентом, полученным из шелухи овса .....	54
Магизова Э.Ф., Корчева Е.С.....	54
Влияние литолого-фациальной зональности месторождения на распределение петрофизических параметров .....	58
Т.Е. Оловянишникова .....	58
Исследование плазменной утилизации отходов после отчистки воды .....	60
Шеховцова А.П., Каренгин А.Г. ....	60
Обзор и сравнение антивирусного программного обеспечения.....	64
Курманбай А.К. ....	64
К вопросу получения экологически чистой продукции .....	68
Воронкова М.Н.....	68
Влияние физико-химических характеристик и условий формирования глинистого сырья в технологии керамзитов.....	70
Торопков Н.Е. ....	70
СЕКЦИЯ № 2. ТРАДИЦИОННАЯ И АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА, АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ .....	75
Проблемы эксплуатации атомных электростанций .....	75
Бакланов И.А., Ермолаев С.А., Копёнкин Я.В. ....	75
Перспективы разработки альтернативных источников энергии.....	76
Чушкина В., Квиндт А. ....	76
Сравнительный анализ экологических и технических проблем в альтернативной распределенной энергетике .....	78
Ерохин А.А., Ерохина Т.П.....	78
Исследование и создание систем интеллектуального дома гибрида.....	81
А. В. Филюков.....	81
Разработка технологических решений демонтажных работ при выводе из эксплуатации ПУГР АВ-1 ФГУП «ПО МАЯК» .....	84
Гришин А.А, Гуралёв С.С.....	84

Альтернативные технологии получения энергии .....	88
Громилова О.В., Мустафина А.Р., Косицын А.А.....	88
Оценка объемов радиоактивных отходов, образующихся при выводе из эксплуатации ПУГР АВ-1 ФГУП «ПО МАЯК» .....	90
Гуралев С.С., Гришин А.А.....	90
Обзор реакторов разных поколений .....	93
Касаткин Д. Д. ....	93
Остекловывание - метод для иммобилизации радиоактивных отходов высокой активности .....	95
Катаева О.И., Ластовец Ю.В. ....	95
Использование тория в малогабаритных реакторах.....	100
Храпов Д. А. ....	100
Конденсационные электростанции, теплоэлектроцентрали: проблемы и перспективы	107
Косицын А.А., Громилова О.В., Мустафина А.Р.,.....	107
Перспективы применения парогазовых установок на базе газификации угля .....	108
Лужковой Д. С. ....	108
Ядерная энергетика в современном мире.....	119
Мазаев Д. ....	119
Переход от интенсивности отказа к интенсивности повреждаемости .....	121
Москалёв И.Л. ....	121
Перспективы развития атомных электростанций .....	123
Новокшионов С.О., Алексеев Д.А. ....	123
Ресурсная база альтернативных источников энергии.....	125
Ноздренёв В.Н., Буданов С.А., Сахно Я.И.....	125
Система автономного освещения с использованием ветрогенератора «Ветросвет» .....	126
Ракина А.А., Угай Е.В. ....	126
Теория клеточных автоматов как метод описания процесса кристаллизации урана.....	131
Сериков Д.А., Очоа Бикэ А.О.....	131
Расчетно-экспериментальные исследования реактивных параметров реактора ИРТ-Т .....	136
Сливин А.А., Чертков Ю.Б., Аникин М.Н. ....	136
Создание модели обмотки низкого напряжения силового трансформатора ТРДН- 25000/110 .....	142
Будько А.А., Корольков Д.П. ....	142



Пороговые ядерно-физические процессы, протекающие в решетках и системах с торием .....	145
Кнышев В.В., Беденко С.В. ....	145
Изменение свойств бериллия под действием нейтронного излучения в отражателе исследовательских реакторов.....	151
Николаев Ю.Ю. potron38@yandex.ru.....	151
Анализ моделей каскадной функции для оценки скорости накопления точечных дефектов в реакторном графите топливных блоков реактора ГТ-МГР .....	154
П.А. Комаров, Д.К. Пугачев, А.М. Мочалов .....	154
СЕКЦИЯ № 3. НАНОТЕХНОЛОГИИ И ПУЧКОВО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ.....	157
Процессы, происходящие при ионной имплантации .....	157
Айжигитов Д.М. ....	157
Исследование структуры тонких пленок оксида и нитрида меди, полученных магнетронным напылением при различном составе атмосферы .....	159
Ажгихин М.И., Шульте Й., Элмер К. ....	159
Оценка физико-механических свойств, структурных составляющих сплава Ti-Nb.....	163
Беляков А.В. <sup>1</sup> , Парилов Е.А. <sup>1</sup> , Химич М.А. <sup>2</sup> .....	163
Исследование продуктов системы Fe-O, полученных плазмодинамическим методом ..	168
Бракк И.С., Ломакина А.А., Сивков А.А., Ивашутенко А.С. ....	168
Исследование морфологии тонкопленочного гетероперехода $p$ -SnS/ $n$ -ZnO .....	170
Дронова М. В.....	170
Сравнительный анализ структуры полимерных нетканых материалов, полученных методом электроспиннинга и аэродинамического формования в турбулентном газовом потоке .....	175
Фомичев А.К., Волокитина Т.Л.....	175
Радиационно-химическая и термическая прививка тонких пленок ПВДФ для функциональной мембраны.....	179
Иль А.П., Дюсембекова А.А.....	179
Системы естественного освещения для промышленных помещений .....	182
Иванова С.С. ....	182
Плазменный источник, основанный на лазерной абляции и вакуумном дуговом разряде .....	186
Попов С.А., Каныхин А.В., Матайбаев В.В. ....	186
Магнетронная распылительная система с жидкофазным катодом .....	193
Николаев М.В. Зайцев Д.А. ....	193

Взаимодействие мощных ионных пучков с металлическими поглотителями .....	200
Пименов Э.Ю., Лисов В.И. ....	200
Адсорбция глицина на поверхности наночастиц $\text{TiO}_2$ и $\text{ZrO}_2$ .....	203
Ракина А.А. ....	203
Исследование кубического карбида вольфрама термографическими методами.....	206
Шатрова К.Н., Пак А.Я.....	206
Разработка технологии плазмодинамического синтеза ультрадисперсного монокристаллического порошка оксида цинка.....	211
Водопьянов Е.М. ....	211
Структурные состояния фаз в поверхностных и переходных слоях системы «покрытие из тантала-основа из никелида титана» после электронно-пучковой обработки .....	214
Захарова М.А. ....	214
Вопросы обеспечения материалами высокотехнологичных отраслей .....	217
Абрамов А.О., Гришко Н.Е. ....	217
Плазмохимическая модификация поверхности трековой мембранной матрицы ПЭТФ для синтеза анизотропной мембраны на её основе. ....	221
Ахметшарипова Т.К. ....	221
О .....	222
Применение карбоксилат-анионов для стабилизации промышленных наночастиц в водных растворах .....	224
Карепина Е.Е., Гусев А.А., Годымчук А.Ю.....	224
Модифицирование матриксов из поли-L-молочной кислоты импульсным сильноточным электронным пучком.....	227
В.Л. Кудрявцева, Д.В. Пономарев .....	227
Исследование свойств микро и нанокомпозитов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена .....	233
Нгуен Суан Тьук, Л.А. Корниенко .....	233
Модификация поверхности углеродных волокон с целью усиления адгезионного взаимодействия наполнитель-композитная матрица .....	237
Прохоренко Б. М. ....	237
СЕКЦИЯ № 4. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ .....	241
Система определения местоположения объектов внутри помещений.....	241
Беляев А., Пантюхин А.....	241
Кластеризация объектов на основе нечеткой логики с использованием алгоритма DBSCAN .....	243

Арышева К.С. ....	243
Реализация распознавания жестов в реальном времени .....	246
Бауэр А.В. ....	246
Разработка системы стабилизации скорости транспортировки пробы .....	248
Бланк М.О., Ливенцов С.Н., Гофман Ф.Э. ....	248
Разработка инструментария оперативной идентификации рисков в ИТ-проектах .....	255
Дайбова К.Е., Николаенко В.С. ....	255
Интерактивное расписание для студентов ТПУ .....	258
Газизов А.Т. ....	258
Разработка тепловой модели экспериментального электролизёра .....	260
Гладырь Е.М., Денисевич А.А. ....	260
Проблемы создания и внедрения модели бизнес-процессов предприятия в форме Workflow System .....	263
Гончарук Ю.О. ....	263
Реализация алгоритма анализа пригодности земельного участка в системе поддержки пространственного планирования территорий нового поколения .....	272
Иванов К.А. ....	272
Автоматизированная система «умная теплица» .....	275
Кабанов А.А. ....	275
Разработка лабораторного стенда градуировки расходомеров и исследования САУ расходом воздуха .....	278
Китаева Е.С., Гурова Н.Б., Денисевич А.А. ....	278
Организация бизнес-процессов предприятия на основе системы сбалансированных показателей.....	280
Краюшкина О. А. ....	280
Автоматизация процесса зачисления в детский сад.....	283
Мандрыкина Н.Е., Свиридова И.В. ....	283
Математическая модель системы активного поддрессирования колесного транспортного средства .....	286
Маслов В. Е. ....	286
Система "Умный дом" .....	290
Д.Ю. Найбауэр, М.Е. Волшин .....	290
Моделирование работоспособности клапана с гофрированным запорным органом в современных программных комплексах инженерного анализа .....	292
Попова Е.С., Нгуен Ши Хьен .....	292

Проектирование управляющего звена в системе поворота антенн космического аппарата на базе программируемого логического контроллера Siemens S7-1200 .....	299
Трапп С. А., Маслов В. Е. ....	299
Идентификация остановок в городской улично-дорожной сети по их текстовым описаниям с использованием маршрутных схем, представленных графом .....	303
Чинь А.З., Погребной В.Ю. ....	303
Сравнительный анализ ПО для управления рисками в ИТ-проектах .....	307
Туманов М.С., Николаенко В.С. ....	307
Проектирование расписания движения городского пассажирского транспорта на основе одноприборной задачи теории расписания .....	311
Пилецкая А.Ю. ....	311
<b>СЕКЦИЯ № 5. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРАХ</b> .....	315
Исследование датчиков pH и удельной электрической проводимости фирмы WTW в системе автоматизированного контроля качества очистки сточных вод .....	315
Хуснулина А.Л. ....	315
Рентгеновские досмотровые комплексы с функцией идентификации веществ объектов контроля и их фрагментов методом дуальных энергий .....	321
Абашкин А.Д., Жантыбаев А.А. ....	321
Автоматизированный комплекс для проведения триботехнических испытаний конструкционных материалов и смазочных сред .....	324
Глиненко Е.В., Пустозёров К.Л. ....	324
Кулонометрическая автокалибровка датчика pH при контроле показателя кислотности водных объектов .....	327
Калашникова Д.А. ....	327
Влияние температуры воды на результат измерения емкости кабеля по.....	330
Мазигов С.В. ....	330
Выявление рисков несоблюдения таможенного законодательства в области классификации товаров медицинского назначения .....	332
Николаева А.М. ....	332
Национальная детализация товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности: исторический опыт, правовые основы, методология .....	338
Шильцова Е.А. ....	338
О применимости функции распределения прочности бетона.....	344
Осипов С. П. <sup>1</sup> , Подшивалов И. И. <sup>2</sup> , Жантыбаев А. А. <sup>3</sup> Абашкин А. Д. <sup>4</sup> .....	344
<b>СЕКЦИЯ № 6. ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИЕ ПРОЕКТЫ</b> .....	348

Оболочка мобильных операционных систем для обучения пользователя обращению с современными мобильными устройствами.....	348
Казиев А.Б., Прокопюк С.Ю.....	348
Релакс-пуфик.....	350
Алексеев В., Хомицкий Д., Гизатулина Л. ....	350
Проект, индукционная беспроводная зарядка "PINGWIN" .....	352
Баах Н.Н., Станкевич Р.В., Букреев Е.Г., Кац М.Е., Орлова Е.С.....	352
Физическая модель мини-гидроэлектростанция .....	354
Батаева Н.Е., Денисевич А.А. ....	354
Создание системы калибровки датчиков для подводных роботов: проектирование и программирование .....	356
Булуев И.И. ....	356
Проектирование и программирование магнитометра.....	361
Федоров Е.А. ....	361
Вторая жизнь.....	366
Бокор В.А., Киблер Э.В., Сухарев М.А., Фензель А.Д. ....	366
TouchSpace – новый подход к управлению компьютером.....	368
Горохова Е.С., Стучков А.В., Волшин М.Е., Солопченко С.А. ....	368
iFIND .....	371
Санжиев Ч. Б.....	371
Датчик для обнаружения пропавших вещей .....	375
Виноградов А., Ралдугин А., Дорофеева М., Губкина Т., Протопопов А. ....	375
Установка для культивирования микроводоросли хлореллы .....	377
Алексеев М.А., Арьянова Э.Д., Иванова С.С., Карпова О.С., Коршунов К.О., Трофимчук О.А., Шевченко И.Г. ....	377
Кружка-непроливайка MSFY-1.....	381
Каймонов М. Р.,Таратушкина В. В.,Терентьева О. Ю. snoopmax01@yandex.ru, lerataratushkina@mail.ru, oksanaterenteva95@mail.ru .....	381
Генератор электрического тока на основе роторного гироскопа .....	383
Клименко А.В., Стулин М.С., Денисевич А.А. ....	383
AirTouch .....	385
Климкович А.В., Герасимов Д.В.....	385
Стелька на пьезоэлектрических элементах «PowerInsole».....	387
Волохов Н.А.....	387
«Touch Lock».....	390

Курилова А.Д., Новицкий Д.Е., Малюгин А.В., Кольцов К.Г., Горбачев В.Д. ....	390
СЕКЦИЯ № 7. ИНИЦИАТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ .....	396
База данных оборудования Химической лаборатории. ....	396
Бурыхина Е.С., Волкова А.В, Мартынка Е.А., Павлов Д.И., Пасюкова М.А,.....	396
Модель формирования компетенций инженерного изобретательства в рамках программы элитного технического образования ТПУ .....	399
Денчук Д.С. ....	399
Навигатор студента.....	403
Бородулин П. Н. , Фоминский А. С. ,Фоминский В. С.....	403
Наука в социум.....	404
Кобякова А.А., Диннер А.В., Ткачев Д.А., Дергунов Е.С. alinka_kobyakova@mail.ru .....	404
IMap .....	406
Мехеда А. А. Желнорович В. А. Полонский М. С. Лосев К. Рудаков М. ....	406
«Наручный пенал».....	408
Калинич И., Васильева А., Цыбанёв А. ....	408
Грифельный принтер-графопостроитель .....	410
Климкович А.В., Герасимов Д.В., Кушнирук А.Е., Волков А.А. ....	410
Замок-выключатель.....	413
Котляров А.Ю. ....	413
Замена рабочему столу и панели задач ОС Windows .....	416
Кулебякин А.С. ....	416
Программа «Матричный калькулятор».....	417
Бакунчева А. А., Иванов В., Колганов И. А., Петрова О. А., Чеснокова К. А. ....	417
Гидроэлектрoгенератор «GerECO» .....	419
Мечта Ю.С., Татолина А.И. ....	419
Браслет «Anty-water» .....	422
Мишукова О.И., Лихачева Е.С., Головин Н.П. ....	422
«Плоский» циркуль .....	424
Нещеретнев А.Ю., Мальцев А.П., Андреев А.А. ....	424
Образовательный симулятор бизнес-деятельности «Мастер Бизнес» .....	425
Николаенко В.С. ....	425
Ботинки-пылесосы.....	432
Ошлыков В.Е., Юркин А.А., Смагин Т.И., Кривенков А.В. ....	432
Bike lights .....	435

Осипова Я.Ю.....	435
Портативная электростанция, вырабатывающая энергию за счет работы пара .....	437
Овчинникова В.С., Маковский А.Н., Чернышёв В.А., Харитонов П.С., Засухина Е.Ю., .....	437
Разработка пособия по сборке и применению двигателя постоянного напряжения.....	439
Павленко М. И., Девяшина Е.В., Андрейченко А.Е., Ткаченко П.П. ....	439
Универсальный робот для обработки различных поверхностей.....	442
Бедарев А.Н., Плотников А.В. ....	442
PetFeeder .....	443
Исаев А.С., Пустынников В.И., Вебер М.Я., Латыпова К.И., Прокопюк М.Ю. ....	443
QR-English .....	445
Юркова М.В., Кровякова Е.С., Московченко А.А., Крюков А. yurkovamasha@mail.ru .....	445
Социальный эксперимент «Цена современного общества».....	447
Сидоров А. А., Байгунчекова А. Т.....	447
Мобильное приложение «ТПУ» .....	448
Пащенко А. П., Синебрюхов К. В., Янкович К. С. ....	448
Детская коляска на радиоуправлении.....	451
Синичкин И.С., Болдушевский Е.С., Кузьмин Д.А. ivasin0110@gmail.com .....	451
Сушка для обуви АПОЛ-60 .....	453
Полищук А.В, Жидов С.С., Циммерман А.И., Антонов Д.В. ....	453
Единая информационная объективная предметная база материалов для подготовки специалистов .....	455
Пащенко А.П., Синебрюхов К.В., Янкович К.С. ....	455
Социальный проект «Образовательный маршрут» .....	458
Дырина Е.Н. ....	458
История сквозь века .....	463
Пащенко А.П., Синебрюхов К.В., Янкович К.С.....	463
Музыка электричества .....	465
Антипьев В. В., Дубинский Д. Г., Кухаренко Е. И., Хабибулин В. В., Харитонов А. Д., Коршунов В. С. ....	465
Основные направления и результаты деятельности молодёжной организации МГГУ им. М.А.Шолохова «Студенческий Центр Ресурсосбережения» .....	467
Панфилов И.А., Ерошенко В.И., Панченко В.А. ....	467
Летняя школа «Москва: путь в зеленое будущее».....	476
Рисухина Д.А. ....	476
Торговый автомат с канцелярией .....	480

Савицкий Д. Е., Жданова В. В., Полянская Е. В., Габидуллина Д. Х., Болгова Д. Л. ....	480
Изучение фундаментальных свойств веществ методами спектроскопии высокого разрешения .....	482
Федин С.В. ....	482
СЕКЦИЯ № 8. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК: ФИЗИКИ, ХИМИИ, МАТЕМАТИКИ .....	
Экспериментальное исследование процессов столкновения капель распыленной воды в потоке высокотемпературных газов.....	485
Д. В. Антонов, Р. С. Волков, П. А. Стрижак .....	485
Нахождение справедливой стоимости опциона продавца «put» методом Монте-Карло на языке VBA .....	488
Фатьянова М.Э. ....	488
Использование биномиальной модели для вычисления стоимости опциона продавца «put» в Microsoft Excel.....	491
Фатьянова М.Э. ....	491
Нейтрон-захватная терапия лечения онкологических заболеваний.....	495
Коновалов Павел .....	495
Моделирование процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза .....	498
М.Б. Лабыкин, Е.В.Шкляренко.....	498
Асимптотики и невязка одномерного нелокального уравнения фишера-колмогорова-петровского-пискунова с дробной производной .....	501
Прозоров А.А.....	501
<i>Ab initio</i> исследование диффузии водорода в титане .....	506
Т.И. Спиридонова <sup>1</sup> , А.В. Бакулин <sup>2,3</sup> , С.Е. Кулькова <sup>2,3</sup> .....	506
Анализ фазовых портретов параметров диффузионной плазмы термоэмиссионного преобразователя энергии.....	510
Тарасова Л.П. ....	510
Сложность алгоритмов криптографической системы Эль–Гамала и их эффективность...	514
Вьонг Х.Б. ....	514
Характеристика положения тела спортсмена в безопорном положении с точки зрения биомеханических основ.....	523
Разуванова А.В. ....	523
Анализ Европейского лукбэк-опциона продажи .....	528
Борцов М.Ю. ....	528
Применение нанобиохимии в медицине .....	530



Петровци Ю.И. ....	530
Процессы рекристаллизации технически чистого титана BT1-0, подвергнутого азотированию в плазме тлеющего разряда.....	533
Сексеналина М.А., Петрикова Е.А., Ахмадеев Ю.Х., Иванова О.В. <sup>1</sup> .....	533
СЕКЦИЯ № 9. MODERN ISSUES OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES.....	537
A new method of determining the speed of gravitational settling of particles of industrial emissions.....	537
Babicheva V.O. ....	537
Radio-chemical of fluorine-containing polymer “TEFLON-2M” for giving proton conducting properties.....	540
Dyussembekova A.A. ....	540
Heart condition imaging with the help of hardware and software complex based on the cardiographic equipment on nanosensors.....	545
Grigoriev M.G., Babich L.N. ....	545
Preliminary classification of mechanical transmissions with gearing by means of the third element and motionless axes.....	548
Ivkina O.P., Cheremnov A.V. ....	548
The Use of Thorium in Compact Reactors.....	551
Khrapov D. A.....	551
Elimination of insomnia with LED .....	557
Martynenko E.I., Denisevich A.A. ....	557
Influence of physical and chemical characteristics and moulding conditions of clay matter in claydite technology .....	560
Nikita E. Toropkov .....	560
Symbiotic, Flexible Methodologies for the Turing Machine .....	563
Zakharov E.O. ....	563

Научное издание

**РЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ –  
ЭНЕРГИЮ И ЭНТУЗИАЗМ МОЛОДЫХ**

Сборник научных трудов  
VI Всероссийской конференции

**Издано в авторской редакции**

Компьютерная верстка А.В. Разуванова

*Редакционная коллегия предупреждает, что за содержание предоставленной  
информации ответственность несут авторы*

**Зарегистрировано в Издательстве ТПУ**



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)