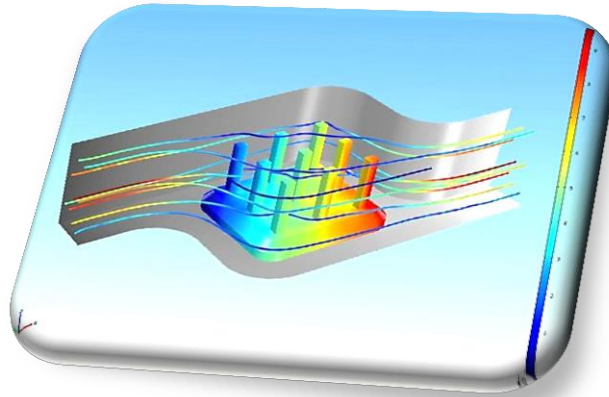


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---



## **НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ**

**Сборник трудов  
V Всероссийской научно-практической конференции студентов,  
аспирантов и молодых ученых  
«Неразрушающий контроль: электронное приборостроение,  
технологии, безопасность»**

**25– 29 мая 2015 г.**

**В двух томах  
Том 2**

**Томск-2015**



УДК 620.1  
ББК 30.3  
Н54

Н54        **Неразрушающий контроль:** сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность». В 2 т. Т. 2 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 484 с.

В сборнике представлен широкий круг исследований аспирантов, студентов и молодых учёных Томска и других городов России. Сборник посвящён теоретическим и практическим аспектам неразрушающего контроля.

**УДК 620.1**  
**ББК 30.3**

**Материалы предоставлены в авторской редакции**

© ФГАОУ ВПО НИ ТПУ, 2015  
© Обложка. Издательство Томского  
политехнического университета, 2015

## Секция 3: Проблемы космического приборостроения

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МАХОВИКА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

*Аюшеев М.С.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Костюченко Т.Г, к.т.н., доцент кафедры  
точного приборостроения*

Одной из важных задач космического приборостроения является быстрое и качественное создание систем ориентации, стабилизации и навигации, соответствующих требованиям технического задания, главным элементом которой является маховик.

Целью работы является проектирование параметрического маховика исполнительного органа системы ориентации малого космического аппарата с кинетическим моментом  $H = 0,2$  Нмс и максимальными размерами  $70 \times 70 \times 45$  мм.

Для расчета параметров маховика использовались следующие формулы:

момент инерции  $J = \frac{H}{\Omega}$ , где  $H$  – кинетический момент,  $\Omega$  – угловая скорость вращения[1];

момент инерции обода маховика:  $J_u = m \cdot R_u^2$ , где  $m$  – масса,  $R_u$  – радиус инерции[1];

масса:  $m = V \cdot \gamma$ ,  $V$  – объем,  $\gamma$  – удельная масса материала маховика[1];

объем:  $V = h \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2)$ , где  $h$  – высота обода маховика,  $R$  – наружный радиус обода маховика;  $r$  – внутренний радиус обода маховика[1];

момент инерции обода маховика:  $J_u = h \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot \gamma \cdot R_u^2$ , где  $\gamma$  – удельная масса материала маховика;  $\Omega$  – угловая скорость маховика;  $R$  – наружный радиус обода маховика;  $r$  – внутренний радиус обода маховика;  $h$  – высота обода маховика;  $R_u^2$  – радиус инерции;  $m$  – масса обода маховика [1].

Для первоначального построения 3D модели параметрического маховика и упрощения расчетов параметров маховика необходимо воспользоваться максимальными размерами маховика.

Для рассчитанных параметров маховика в системе T-Flex CAD была создана его параметрическая 3D модель, приведенная на рис. 1.

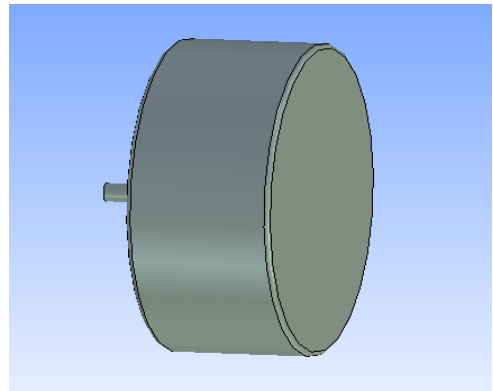
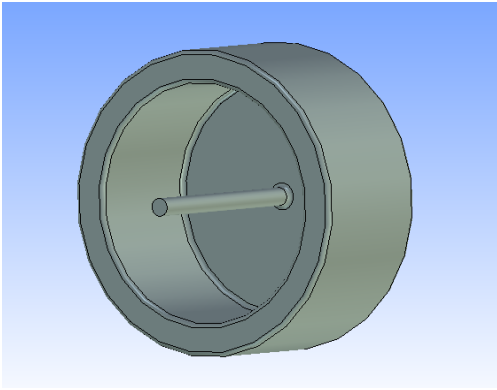


Рис. 1. Параметрическая 3D модель маховика

Внутренний радиус маховика рассчитывался по формуле :

$$r = R \cdot \sqrt[4]{1 - \frac{J}{\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot \pi \cdot h \cdot R^4}},$$

где  $\gamma$  - удельная масса материала маховика;  $R$  – наружный радиус обода маховика;  $r$  – внутренний радиус обода маховика;  $h$  – высота обода маховика;  $m$  – масса обода маховика;  $J$  – момент инерции.

Поскольку 3D модель маховика параметрическая, то при изменении наружного радиуса маховика модель полностью перестраивается, одновременно происходит пересчет параметров, зависящих от геометрических размеров маховика, в частности, внутреннего радиуса. При этом маховик обеспечивает кинетический момент, заданный в техническом задании.

Изменяя значение наружного радиуса, скорость вращения маховика и высоту обода маховика, можно добиться минимума массы маховика, что очень важно для приборов космического назначения.

На рисунке 2 показаны копии экрана редактора переменных при двух значениях наружного радиуса маховика, где видно изменение параметров маховика.

Имя	Выражение	Значение	Комментарий
Группа:			
x	a*1.06	37.1	
y	a*1.4545	50.9075	
c	a*0.2424	8.484	
л	-a*0.909	-31.815	
д	a*0.2727	9.5445	
б	$(a*0.001*(1+(J/(0.5*3.14*7800*(n*0.001)*(a*0.001)^4)))^{0.5}*1000$	23.616097	внутренний радиус
a	35	35	наружный радиус ...
w	6000	6000	Обороты в минуту
h	-л	31.815	
W	$w^2*3.14/60$	628	Рад/с
J	H/W	0.000318	Момент инерции ...
H	0.2	0.2	Кинетический мо...

Имя	Выражение	Значение	Комментарий
Группа:			
к	a*1.06	36.04	
у	a*1.4545	49.453	
с	a*0.2424	8.2416	
л	-a*0.909	-30.906	
д	a*0.2727	9.2718	
б	$(a*0.001*(1+(J/(0.5*3.14*7800*(n*0.001)*(a*0.001)^4)))^{0.5}*1000$	20.690426	внутренний радиус
a	34	34	наружный радиус ...
w	6000	6000	Обороты в минуту
h	-л	30.906	
W	$w^2*3.14/60$	628	Рад/с
J	H/W	0.000318	Момент инерции ...
H	0.2	0.2	Кинетический мо...

Рис. 2. Расчет внутреннего радиуса маховика при двух значениях наружного радиуса (34 и 35 мм) в редакторе переменных

Применение современных средств автоматизированного проектирования позволяет быстро и эффективно проектировать элементы конструкций космических аппаратов.

### Список информационных источников

1. Дмитриев В.С., Костюченко Т.Г., Гладышев Г.Н. Электромеханические исполнительные органы систем ориентации космических аппаратов. Часть 1: Учебное пособие, 2013.-208с.
2. Каргу Л.И. Система угловой стабилизации космических аппаратов. М:Машиностроение, 1973.-176с.



3. Раушенбах Б.В., Токарь Е.Н. Управление ориентацией космических аппаратов. М.: Наука, 1994.-600с.

## **РАЗРАБОТКА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА «СТРАТОСАТ» ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНО — ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ В СТРАТОСФЕРЕ**

*Бетенекова Н.В.*

*Томский политехнический университет г. Томск*

*Научный руководитель: Борицов В.Н., д.т.н., профессор кафедры  
точного приборостроения*

В 1930 году, швейцарским учёным Пикаром, был сконструирован и построен первый в мире стратостат – летательный аппарат, использующий для полёта подъёмную силу заключённого в оболочке газа и предназначенный для полётов в стратосферу (на высоту 11- 30 километров). В 1931 году, Пикар осуществил первый полёт в стратосферу. С этого периода времени, активно начинается использование стратостатов и других летательных аппаратов, имеющих такой же принцип подъёма, для проведения научно- исследовательских экспериментов в условиях стратосферы.

Сейчас, среди групп энтузиастов и студентов, конструирование и запуск стратостатов является очень популярным занятием. В 2015 году, появилась идея, запустить стратостат, собранный и сконструированный при поддержке Томского Политехнического университета. Главным отличием данного летательного аппарата, от уже использующихся, является применение в качестве полезной нагрузки прототипа спутника формата Cubesat. Именно поэтому, данный летательный аппарат получил название “Стратосат” (Stratosat от англ. Stratosphere- стратосфера и satellite- спутник).

Данный стратосат разрабатывается в научно - исследовательских целях. Областью применения изделия является получение научно - практической информации о характеристиках стратосферы и производства аэросъёмки.

Стратосат рассчитан на выполнение работ в условиях стратосферы:

- 1.Высота: от 11 до 30 км
- 2.Давление: от 1 до 100 кПа
- 3.Температура: от -40 до +40 °С
- <sup>4</sup>Плотность: от 1.2 до 0.01 кг/м<sup>3</sup>

В качестве бортового компьютера летательного аппарата используется модульная конструкция, основой которой является отладочная плата Arduino Pro Mini на базе микроконтроллера ATmega-328P (рис. 1).

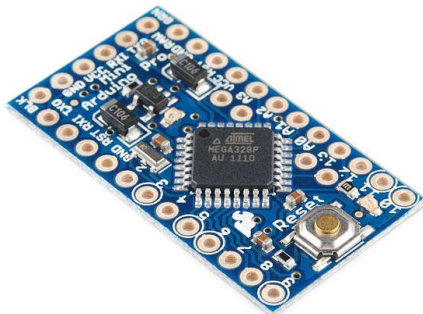


Рис. 1. Arduino Pro Mini

Для стабилизации напряжения питания используется регулируемый стабилизатор питания, который позволяет повышать напряжение 3,7 В с аккумуляторов до необходимых микроконтроллеру и датчикам 5В (рис. 2).



Рис. 2. Стабилизатор питания XL6009E1

Одним из основных предназначений стратосата является измерение атмосферных параметров давления и температуры в стратосфере, для этих целей в данном устройстве используется несколько датчиков: барометрический датчик давления и датчик температуры - BMP 180 (рис. 3).

Для получения информации о положении стратосата в пространстве используются три датчика: трёх осевой акселерометр, трёх осевой гироскоп и трёх осевой магнитометр - MPU 9250 (рис. 4).



Рис. 3 –BMP 180



Рис. 4 –MPU 9250

Связь между летательным аппаратом и наземным приемным устройством осуществляется с помощью GPS и GSM датчиков. С GPS данные о местоположении передаются в формате текстового сообщения с помощью встроенного в бортовой компьютер микроконтроллера, через GSM-датчик по каналу мобильной связи. Приемником в данном случае выступает мобильный телефон или компьютер, при наличии подключенной ранее функции «Виртуальный номер».

Аэросъемка в летательном аппарате производится цифровым фотоаппаратом под управлением микрокомпьютера Arduino в автоматическом режиме.

За основу для изготовления конструкции корпуса стратосата, взят корпус спутника формата Cubesat 1U (one unit). Проведенные статический (оценка прочности разработанной конструкции по допускаемым напряжениям) и частотный (проверка наличия резонансных частот в рабочем частотном диапазоне изделия) анализы свидетельствуют о соответствии корпуса стандартам изделий космического назначения.



Рис. 5. Спутник формата Cubesat 1U

Помимо корпуса формата Cubesat 1U для летательного аппарата «Стратосат» спроектирован альтернативный вариант модели корпуса в программной среде трехмерного моделирования T-Flex (рис. 6).

Изготовление данной модели предполагается осуществлять с помощью 3D принтера из углепластика. Преимущества: малый вес, высокая прочность, отличная работа на растяжение.

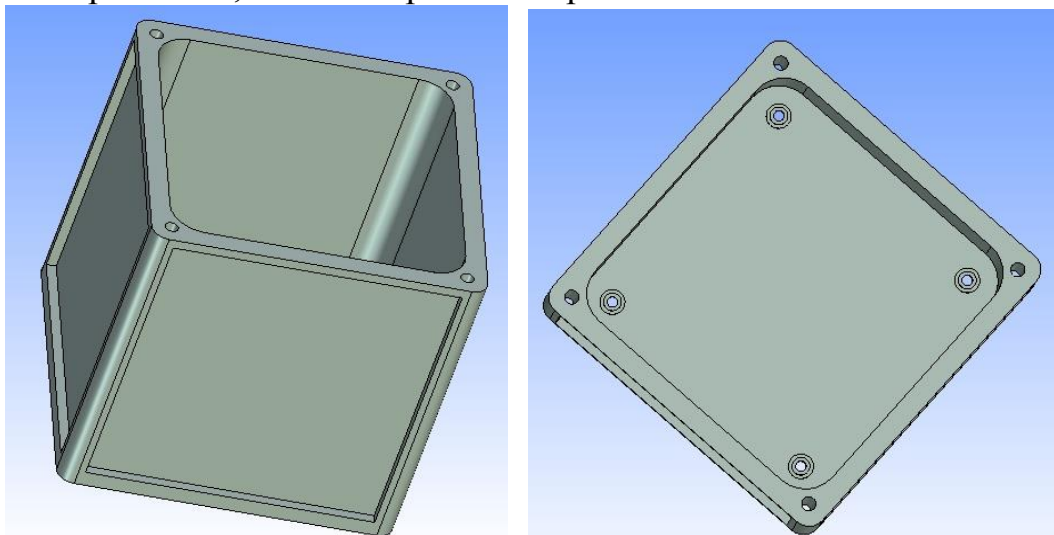


Рис. 6. Конструкция корпуса, в программе T-Flex

Для подъема стратосата на необходимую высоту, используется метеорологический шар наполненный гелием. Причина выбора данного метода — высокие показатели подъемной силы и надежности метеорологического шара.

После проведения исследований в стратосфере летательный аппарат осуществляет спуск с парашютом. В данном стратостате, парашют будет крепиться между шаром и полезной нагрузкой.

Уже сейчас, можно сказать, что данная конструкция не уступает многим стратостатам, которые были разработаны и запущены группами энтузиастов. Поэтому в ближайшее время, планируется сборка и запуск разработанного стратосата.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СПУТНИКА ФОРМАТА CUBESAT С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ T-FLEX CAD**

*Битуева М.И.*

*Томский политехнический университет, г. Томск,  
Научный руководитель: Костюченко Т.Г., к.т.н., доцент  
кафедры точного приборостроения*

В 2016 г. в ТПУ предполагается запуск университетского малого космического аппарата (МКА). В настоящее время ведется работа по проектированию аппарата. В рамках этой работы проводится исследование различных вариантов корпуса МКА, в частности, формата CubeSat, варианты 1U, 2U, 3U.

CubeSat — формат малых (сверхмалых) космических аппаратов для исследования космоса. Спутники CubeSat обычно имеют объем до 1 литра и массу, не превышающую 1.33 кг или немного больше [1]. Относительная легкость создания и небольшая стоимость сделала такие спутники доступными для массового производства.

Проектированием и созданием спутников формата CubeSat в большинстве своем занимаются университеты, но кроме них, еще и крупные компании, например, Boeing, а также частные компании, любительские объединения и даже школы.

На рисунках 1 - 3 представлены примеры 3D модели вариантов корпусов, рассматриваемых для университетского спутника.

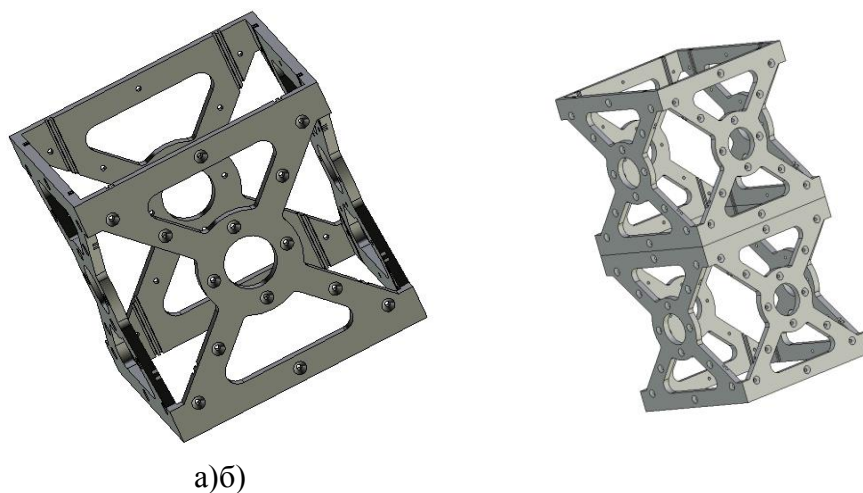


Рис. 1. Конструкция спутника CubeSat размером:  
а) 1U; б) 2U

В процессе проектирования изделий космического назначения часто необходимо оценить как наиболее значимые физико-математические свойства деталей и узлов, так и изделия в целом. Например, необходимо оценить прочность деталей при заданных нагрузениях или максимальные деформации корпуса изделия. В настоящий момент для решения этих вопросов используется метод конечных элементов [2].

T-FLEX Анализ – это интегрированная с T-FLEX CAD среда конечно-элементных расчётов. Используя T-FLEX Анализ,

пользователь системы T-FLEX CAD имеет возможность осуществлять математическое моделирование распространённых физических явлений и решать важные практические задачи, возникающие в повседневной практике проектирования. Все расчёты ведутся с применением метода конечных элементов (МКЭ). При этом между трёхмерной моделью изделия и расчётной конечно-элементной моделью поддерживается ассоциативная связь. Параметрические изменения исходной твердотельной модели автоматически переносятся на сеточную конечно-элементную модель [3].

Конечно-элементное моделирование поведения проектируемого объекта можно рассмотреть на примере T-Flex Анализ для двух видов анализа: статического и частотного.

Основная цель статического прочностного анализа конструкций заключается в оценке напряжённого состояния конструкции, находящейся под действием не изменяющихся во времени (статических) силовых воздействий. Эта оценка напряжённого состояния выполняется обычно с целью проверки принятых конструкторских решений на условие прочности [4].

Основными результатами статических расчётов являются:

- поля перемещений конструкции в расчётных точках конечно-элементной сетки;
- поля относительных деформаций;
- поля компонентов напряжений;
- энергия деформаций;
- узловые усилия;
- поля распределения коэффициента запаса по напряжениям по объёму конструкции;

Этих данных обычно достаточно для прогнозирования поведения конструкции и принятия решений для оптимизации геометрической формы изделия с целью обеспечения основных условий прочности изделий.

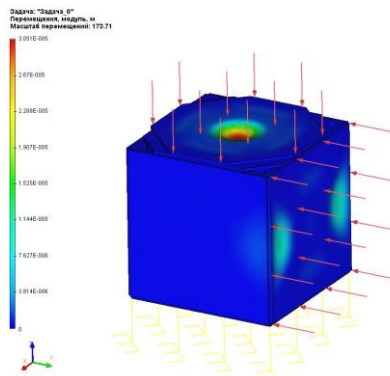


Рис. 2. Пример результатов статического анализа корпуса 1U

Модуль частотного анализа предназначен для расчёта собственных (резонансных) частот колебаний конструкций и соответствующих им форм колебаний. Задача расчёта собственных частот и соответствующих им форм колебаний возникает во многих практических случаях анализа динамического поведения конструкции под действием переменных нагрузок.

Результатами частотного анализа являются:

- частота собственных колебаний (Гц) – соответствует ожидаемой резонансной частоте конструкции. Теоретически количество собственных частот для любого тела бесконечно. В результатах отображаются только частоты выбранных форм собственных колебаний.

- форма собственных колебаний, соответствующая данной частоте. Форма колебаний показывает, какие относительные деформации (перемещения) будет испытывать конструкция, в случае возникновения резонанса несоответствующей собственной частоте. Эти формы колебаний, после завершения расчёта, представляют собой относительные амплитуды колебаний. Анализируя эти формы, можно сделать заключение о характере резонансных перемещений, но не об их физической амплитуде [5].

В задаче частотного анализа роль граничных условий выполняют только закрепления. Задание закреплений является обязательным условием выполнения корректного частотного расчёта. Суммарно наложенные на перемещение тела ограничения должны удовлетворять следующему условию:

Для обеспечения частотного анализа модель должна иметь закрепление, исключающее её свободное перемещение в пространстве, как твёрдого тела. Невыполнение этого условия приведёт к неверным результатам конечно-элементного моделирования или срыву вычислительного процесса.

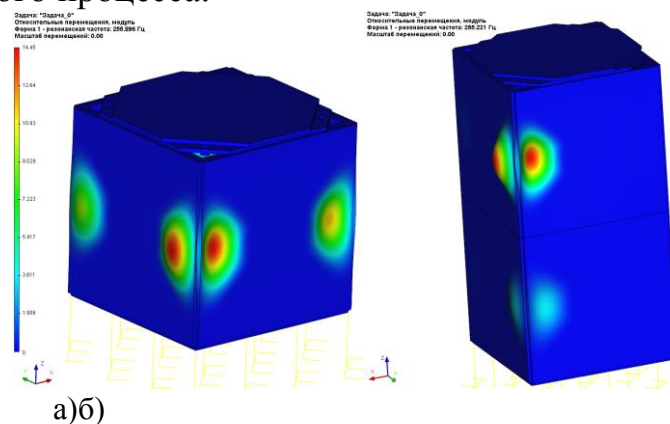


Рис. 3. Пример результатов частотного анализа корпусов:  
а) 1U; б) 2U

### **Список информационных источников**

1. CubeSat Design Specification Rev. 12. California State Polytechnic University

2. Костюченко Т.Г. САПР в приборостроении: учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2009. - 156 с.

3. T-Flex анализ// Пособие по работе с системой. – АО «Топ Системы», Москва, 2009, Редакция 6.

4. Костюченко Т.Г. T-Flex Анализ. Статические прочностные расчеты конструкций. Методические указания по выполнению лабораторного практикума. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. - 31 с.

5. Костюченко Т.Г. T-Flex Анализ. Расчет собственных частот и форм колебаний конструкций. Методические указания по выполнению лабораторного практикума. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. - 21 с.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА В КОСМИЧЕСКОМ ПРИБОРОСТРОЕНИИ**

*Бояхчян А.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Гормаков А.Н., к.т.н., доцент кафедры  
точного приборостроения*

В настоящее время почти во всех областях измерения и анализа механических колебаний используются акселерометры. Одним из областей применения является космическое приборостроение, в частности акселерометры используются в системах инерциальной навигации для определения ускорения объекта и его угловых скоростей. Одними из таких акселерометров являются акселерометры, основанные на пьезокерамике. Преимущество пьезоэлектрических акселерометров в том, что они отличаются от других датчиков широкими рабочими частотным и динамическим диапазонами, линейными характеристиками, прочной конструкцией и долговременной стабильностью параметров [1].

Идеальным считался бы акселерометр с высокой чувствительностью, широким рабочим частотным диапазоном и минимальной массой. К сожалению, требование высокой



чувствительности противоречит требованию малой собственной массы и возможно широкого частотного диапазона. По этой причине разрабатывается и выпускается богатый ассортимент акселерометров, содержащий как универсальные датчики общего назначения, так и специальные акселерометры, рассчитанные на эксплуатацию в определенных областях и условиях окружающей среды [2]. Пример конструкции пьезоэлектрического акселерометра фирмы Брюль и Кьер показан на рисунке 1.

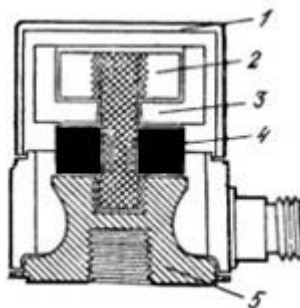


Рис. 1. Пьезоэлектрический акселерометр, работающий на сжатие  
1 - кожух; 2 - гайка; 3 - масса; 4 - пьезоэлектрический элемент; 5 - основание

Пьезоэлемент пьезоакселерометров сконструирован таким образом, что при возбуждении механическими колебаниями масса, которая закреплена в корпусе акселерометра, воздействует на него силой, пропорциональной ускорению механических колебаний.

В данной работе рассмотрен вариант работы акселерометра на сжатие, при таком виде сжатия, масса воздействует силой сжатия на пьезоэлектрический элемент.

Подобные акселерометры обладают следующими преимуществами:

- Довольно высокая резонансная частота, так как при работе на сжатие она соответствует очень большой жесткости пьезоэлектрического элемента;
- Высокая прочность;
- Чувствительность к напряжениям, возникающим в основании;
- Чувствительность к пьезоэлектрическим эффектам, что требует использование средств для компенсации или изоляции в неблагоприятных условиях эксплуатации датчика.

В таблице 1 представлены основные виды пьезокерамики и их характеристики, которые используются для пьезоакселерометров. При разработке пьезоакселерометра первостепенной задачей является выбор пьезоматериала (данный материал обладает пьезоэлектрическими свойствами) для чувствительного элемента, который чаще всего

представляет собой систему «инерционная масса - упругий элемент». В зависимости от конструкции пьезоакселерометра из пьезометриала изготавливается как весь чувствительный элемент, так и отдельные его части, чаще всего упругий элемент [3].

При выборе пьезоматериала следует учитывать температуру среды, в которой будет работать датчик, значения пьезоэлектрических коэффициентов  $d$  и  $g$ , диэлектрической проницаемости  $\epsilon$ , модуля упругости  $E$  и плотности  $\delta$ .

Таблица 1. Основные виды пьезокерамики и их характеристики

Пьезоэлектрик	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Скорость звука $c$ , м/с	Диэлектрическая проницаемость, $\epsilon$	Пьезомодуль $d$	Механическая добротность, $Q_m$
Кварц	2,6	5,47	4,5	2,31	$>10^4$
Дигридофосфат аммония	1,8	3,25	15,3	24	$>10^2$
Сульфат лития	2,05	4,7	10,3	16,3	$>10^2$
Сегнетова соль	1,77	3,1	350	275	-
Сульфоидид сурьмы	5,2	1,5	2200	150	20
Ниобат лития	4,64	5,8	28,6	600	$<10^5$
Титанат бария ТБ-1	5,3	4,6	1500	45	400
Титанат бария-кальция ТБК-3	5,4	4,2	1180	100	450
Титана-цирконат свинца ЦТС-19	7,45	3,6	1725	100	50

Дальнейшая работа заключается в разработке акселерометра работающего на пьезокерамике, соответствующего следующим параметрам:

- Порог чувствительности: от  $10^{-5}g$  до  $10^{-4}$
- Диапазон рабочих температур от  $-55^\circ C$  до  $+70 (125)^\circ C$
- Погрешности: основная погрешность не более  $\pm 5\%$ ;
- Габариты: не более  $26 \times 26 \times 26$  мм

### Список информационных источников

1. Ж. Аш Датчики измерительных систем. Книга 2. систем. – Изд.: Москва «Мир», 1992. – 424 с.

2. Каталог продукции фирмы «Брюль и Кьер». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.istcgroup.com/pdf/bruel%20catalog.pdf>, свободный.

3. Бояхчян А. А., Шашев Д. В. Пьезоэлектрический акселерометр в космическом приборостроении. Сборник научных трудов III Всероссийского форума школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 413 с.

4. В. Шарапов, М. Мусиенко, Е. Шарапова Пьезоэлектрические датчики. – Изд.: Москва «Техносфера», 2006. – 637 с.

## ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ МИКРОДВИГАТЕЛЯ-МАХОВИКА

*Буй Дык Бьен*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Мартемьянов В.М., к.т.н., доцент кафедры  
точного приборостроения*

В работе представлены алгоритмы обработки полученных данных с запоминающего осциллографа для построения зависимости скорости вращения ротора двигателя от времени при использовании оптодатчика в качестве чувствительного элемента. В данном случае, оптодатчик при совершении одного оборота ротора двигателя дает один сигнал в виде низкого уровня напряжения. Скорость вращения ротора (об/с) определяется путем определения интервала времени между двумя соседними нулевыми значениями сигнала (рис. 1).

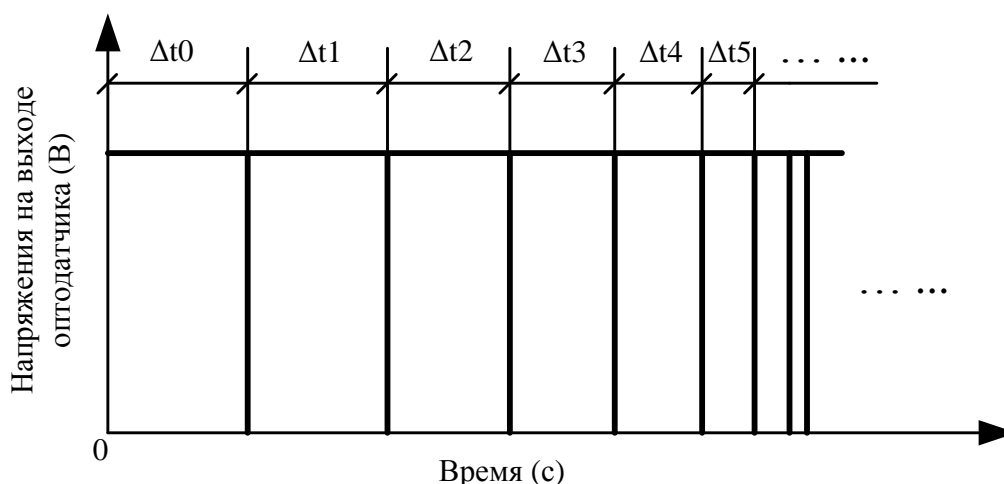


Рис. 1. Напряжение на выходе оптодатчика.  
Скорость вращения ротора определяется по формуле:

$$\omega_i = \frac{1}{\Delta t_i}, (\text{об/с}) \quad (1)$$

После записи сигналов с оптодатчика в определенном интервале времени (этот интервал подбирается так, чтобы был захвачен весь переходный процесс запуска двигателя), запоминающий осциллограф дает результаты в виде рисунка экрана и таблицы чисел. При этом интервал между двумя соседними моментами записи слишком маленький, порядка долей секунды, поэтому за весь переходный процесс, запоминающий осциллограф зафиксировал более тысяч значений напряжения на выходе оптодатчика и соответственно их моменты времени записи.

Для ускорения процесса выборки нулевых значений напряжения и их моментов времени записи в таблице чисел, выданной запоминающим осциллографом, и также определения скорости вращения ротора по формуле (1), построения ее зависимости от времени, были разработаны в среде программирования Matlab алгоритмы обработки данных, которые представлены на рис. 2.

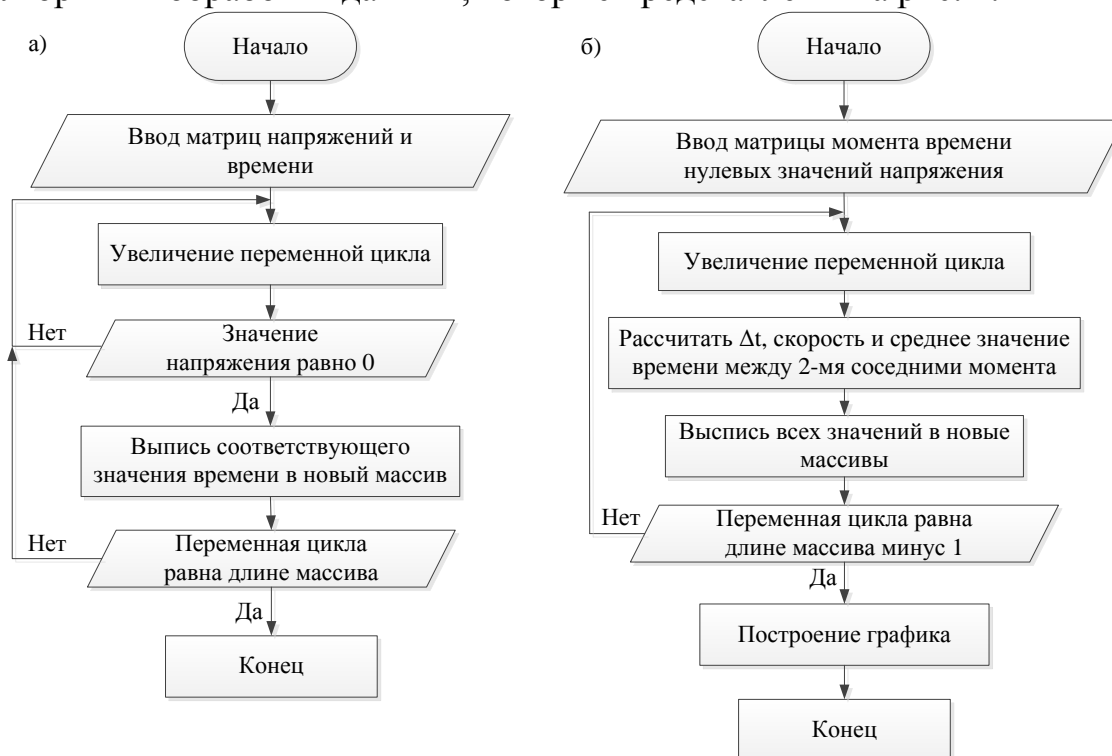


Рис. 2. Алгоритмы обработки данных с осциллографа.  
 а – отбор момента времени, когда напряжение оптодатчика равно нулю;  
 б – определение скорости вращения и построение графика

Алгоритмы работают следующим образом: с массивов значений напряжения и моментов времени подбираются все значения моментов

времени, у которых напряжение равно нулю и выписываются в новый массив; затем происходит цикл определения разности времен, на основе которой рассчитывается скорость вращения ротора по формуле (1) и среднего значения между двумя соседними моментами времени. Все полученные данные записываются в новые массивы. После совершения цикла происходит построение графика зависимости скорости вращения ротора двигателя от времени. В качестве примера представлены график напряжения, полученного с оптодатчика и график зависимости скорости вращения ротора двигателя от времени в течении 2,5с.

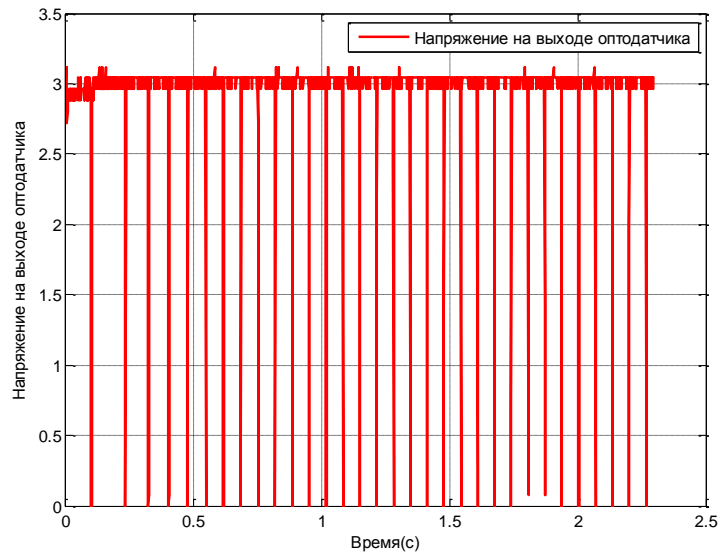


Рис. 3. Напряжение на выходе оптодатчика.

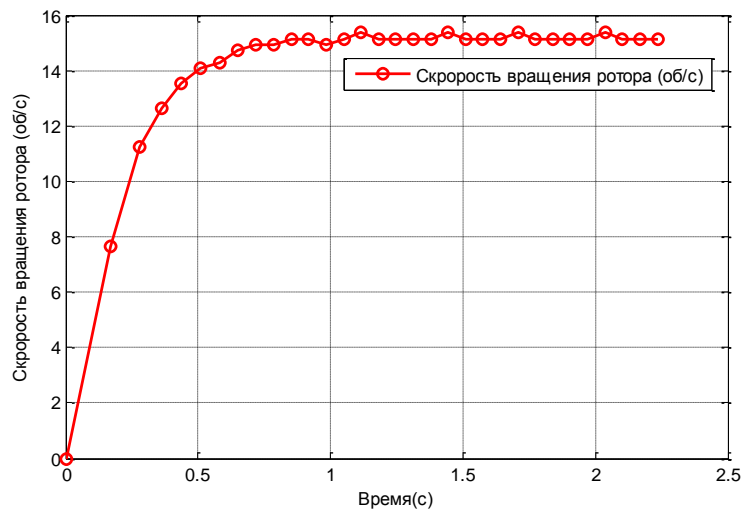


Рис. 4. Зависимость скорости вращения ротора двигателя от времени.

Программа была написана на языке «С» с использованием программного продукта Matlab.

### Список информационных источников

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mathworks.com/>
2. Дьяконов В. П. MATLAB. Полный самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 768 с.: ил.
3. Руководство по эксплуатации цифрового осциллографа серии TDS2000C и TDS1000C-EDU.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ МЕТОДОМ МОДАЛЬНОГО АНАЛИЗА

*Горда И. О.*

*Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Дмитриев В.С., д.т.н., профессор  
кафедры точного приборостроения*

Успех научно-исследовательских работ, проводимых в космическом пространстве, во многом зависит от технических и эксплуатационных характеристик систем ориентации и стабилизации. Поэтому возникает необходимость в простых, надежных и точных, работающих в течение долгого времени с минимальными затратами энергии системах ориентации и стабилизации космического аппарата.

На сегодняшний день большой научно-практический интерес представляет разработка пассивных и комбинированных систем ориентации и стабилизации, основанных на использовании вращения, сил гравитационного и магнитного полей, аэродинамических сил и сил светового давления. Такие системы характеризуются неограниченным ресурсом работы, простотой и надежностью.

Для того чтобы использовать на спутнике пассивную систему ориентации, необходимо разработать некоторые элементы конструкции, такие, как гравитационная штанга.

В процессе эксплуатации на гравитационную штангу действуют различные факторы, такие как:

- силовые и тепловые поля;
- невесомость и глубокий вакуум;

• другие факторы, действующие на космический аппарат в пространстве.

Для того чтобы выдержать все нагрузки, космический аппарат и его отдельные части должны быть хорошо протестированы и проанализированы в процессе разработки.

Одним из методов анализа является механический анализ элементов конструкции космический аппарат.

В работе была разработана конструкция гравитационной штанги для сверхмалого космического аппарата, а также проведено ее исследование.

Были рассмотрены отечественные и зарубежные разработки по данной теме. За основу взята конструкция штанги, предложенная авторами Кирилюк А.И. и Кирилюк В.А. Конструкция гравитационной штанги представлена на рисунке 1.

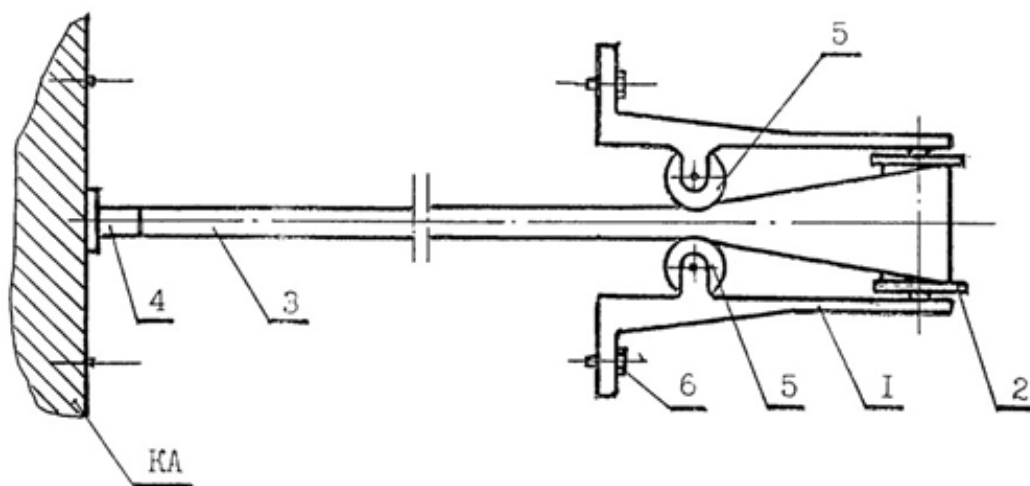


Рис. 1. Конструкция гравитационной штанги.

На рисунке позициями указаны:

- 1 – кронштейн-груз в виде двух стенок;
- 2 – катушка с возможностью свободного вращения;
- 3 – стержень, намотанный на катушку, представленный в виде заневоленной ленты, прикрепленной одним концом к катушке, а другим концом сформированный в стержень круглого сечения;
- 4 – держатель, прикрепленный к корпусу космического аппарата;
- 5 – ролики, охватывающие стержень и удерживающие кронштейн-груз от вращения относительно стержня;
- 6 – устройство фиксации, удерживающее кронштейн-груз в исходном положении.

Гравитационная штанга была просчитана на растяжение и сжатие, кручение, изгиб. Результаты таковы, что выбранный материал ленты (бериллиевая медь) и сама конструкция выдерживают нагрузки.

### **Список информационных источников**

1. Патент РФ №2128608. Способ формирования гравитационного устройства и гравитационное устройство/ Авторы Кирилюк А.И, Кирилюк В.А. – заявлено 09.04.2001; опубл. 20.02.2004.

2. М. Ю. Овчинников. Системы ориентации спутников: от Лагранжа до Королева. Соросовский образовательный журнал, №12, 1999

3. Белецкий В.В. Движение искусственного спутника относительно центра масс. М. Наука, 1966. 2. Бра Д.Б. Принципы работы пассивных систем стабилизации и основные направления исследования. – В кн.: Современное состояние механики космического полета. М. Наука, 1969

## **ЕМКОСТНЫЕ НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ**

*Дамдинов Б. О.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Мартемьянов В. М., к.т.н., доцент  
кафедры точного приборостроения*

В двадцать первом веке технологии в жизни человека играют большую роль. Технологии и нанотехнологии являются фундаментом и основой многих промышленных объектов. Область применения технологий огромна, и она разделяется на несколько областей. Самой популярной и огромной областью является импульсная энергетика. Эта область интересна применением оборудования больших мощностей, которые имеют большой спрос не только в импульсной энергетике, но и в других областях. В импульсной энергетике большое внимание уделяется использованию различных видов накопителей энергии. Которые в свою очередь делятся на различные виды, а именно емкостные и индуктивные накопители энергии, и электрохимические генераторы [1]. Но основное внимание уделяется емкостным накопителям энергии (ЕН). Основным достоинством, которых является простота осуществления коммутаций при заряде и разряде батареи конденсаторов и возможность строгого дозирования накопленной энергии посредством стабилизации уровня зарядного напряжения [1].



Данное преимущество дает возможность использовать емкостные накопители в установках, где электрический разряд осуществляется в жидкости. Но в основном в импульсной энергетике емкостные накопители используются в установках для термоядерных исследований, для импульсных ускорителей плазмы, а также в устройствах для импульсно-дуговой и микроплазменной сварки. Еще одно широкое применение емкостные накопители получили в генераторах импульсных напряжений, предназначенных для испытаний импульсной прочности изоляции. Емкостные накопители являются важной частью установок импульсной энергетике. Поэтому все параметры накопительного конденсатора и предъявляемые к нему требования определяются исключительно назначением и условиями работы импульсной установки [2].

Емкостный накопитель имеет высокий КПД. При постоянной времени саморазряда порядка 100 ч суммарный КПД зарядно-разрядного цикла может составлять 85-90 %. Удельные капиталовложения в емкостные накопители при серийном производстве будут такие же, как у ГАЭС (гидроаккумулирующая электростанция), и составят (с учетом преобразовательной подстанции) 200 руб/кВт. Емкостный накопитель не имеет отрицательного экологического воздействия; он может быть расположен практически в любом месте.

Блок-схема ЕН показана на рисунке 1 [3].

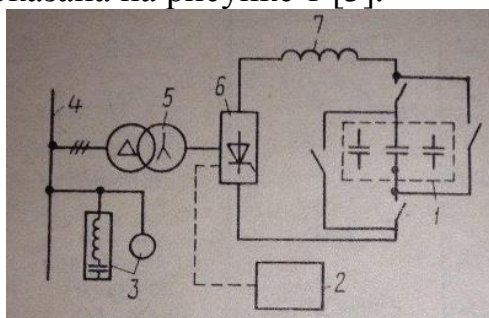


Рис. 1. Блок-схема ЕН: 1- емкостный АЭ; 2- система управления; 3- сглаживающий реактор; 4- система переменного тока; 5- трансформатор; 6- устройство управления; 7- фильтрокомпенсирующее устройство

#### Недостатки ЕН [3]:

- модульный характер конструкции ЕН, приводящий к большому числу контактных соединений, может оказать отрицательное воздействие на надежность всего устройства;
- необходимость изменения полярности батарей на противоположную при переключениях из разряда в разряд.

Выше рассмотрено кратко основное, что относится к ЕН. Далее перейдем к рассмотрению устройства, которое носит название ионистор (суперконденсатор, ультраконденсатор, двухслойный электрохимический конденсатор). Это устройство дальнейшее развитие обычных конденсаторов. В чем их отличие рассмотрим ниже.

Для начала дадим определение данному устройству. Суперконденсатор (СК) — новый тип энергоемких конденсаторов с плотностью энергии в 10 раз выше, чем в традиционных конденсаторах, а мощность импульсного разряда до 10 раз выше мощности аккумуляторных батарей. В России СК так же известен как импульсный конденсатор энергоемкий (ИКЭ) и конденсатор большой емкости [4].

#### Преимущества СК:

- СК пожаро- и взрывобезопасны;
- обладают высокой механической прочностью;
- устойчивы к кратковременным воздействиям высоких перенапряжений и токам короткого замыкания;
- отсутствие обслуживания в процессе эксплуатации, высокая надежность, большой срок службы;
- диапазон рабочих температур  $-45^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$ .

СК представляет собой молекулярный накопитель энергии (накопитель энергии), накопление заряда в котором осуществляется в двойном электрическом слое в объеме сверхпористого углерода. Металлический корпус СК состоит из обечайки и крышек, сваренных друг с другом аргонодуговой сваркой. Токовыводы располагаются на торцевых сторонах цилиндра (по центру крышек). Внутри корпуса находятся блоки накопительных элементов, представляющих собой многослойную тонкопленочную конструкцию, состоящую из пористых углеродных электродов, сепаратора и токосъемных пластин. Полости (свободные объемы) между корпусом и блоками накопительных элементов заполнены эпоксидным компаундом. Состав, описанный выше показан на рисунке 2. [4].

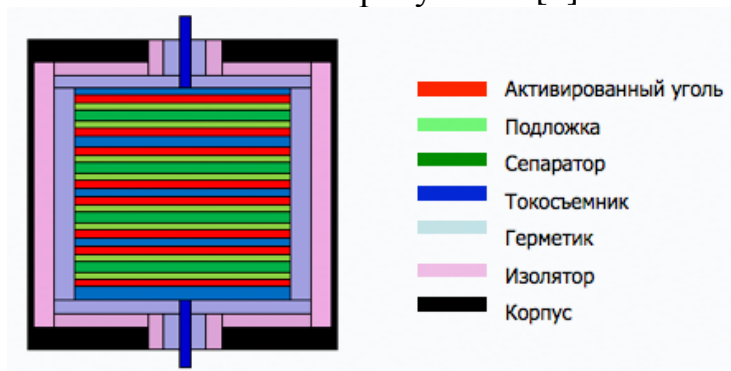


Рис. 2. Состав ионистора

Ионистор массой в один кг способен накопить 3000 Дж энергии, а самый плохой свинцовый аккумулятор — 86 400 Дж — в 28 раз больше. Однако при отдаче большой мощности за короткое время аккумулятор быстро портится, да и разряжается только наполовину. Ионистор же многократно и без всякого вреда для себя отдает любые мощности, лишь бы их могли выдержать соединительные провода. Кроме того, ионистор можно зарядить за считанные секунды, а аккумулятору на это обычно нужны часы [6].

Суперконденсатор имеет ряд преимуществ. Рабочая температура СК имеет довольно большой диапазон. Также ионисторы хороши в том, что нет нужды в обслуживании в течение эксплуатации. СК не содержат в себе токсических веществ, конструкция её достаточно проста и материалы для реализации данного устройства не дорогие.

В настоящее время рассматриваются варианты применения СК в устройствах космической техники в импульсном режиме.

### **Список информационных источников**

1.Пентегов Е.В. Основы теории зарядных цепей емкостных накопителей энергии. – Киев: Наукова Думка, 1982. – 406 с.

2.Фрюнгель Ф. Импульсная техника. Генерирование и применение разрядов конденсаторов. : перевод с немецкого ; под ред. К. К. Хренова. – М. ; Л. : Энергия, 1965. – 488 с.

3.Астахов Ю. Н. Накопители энергии в электрических системах: Учебное пособие для электроэнергетических специальностей вузов – Москва: Высшая школа, 1989. – 159 с.

4.<http://www.supercap.ru/superkondensatori.html>

5.[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%BE%D0%B2%D0%BE-%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D0%B0%D0%BA%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%BE%D0%B2%D0%BE-%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%BA%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80)

6.[https://vk.com/topic-22785698\\_27564360?offset=](https://vk.com/topic-22785698_27564360?offset=)

## **СРАВНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Жвырбля В.Ю.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Бориков В.Н., д.т.н., профессор кафедры  
точного приборостроения*

Развитие техники, вместе с улучшением качества производимой продукции, предъявляет все более жесткие требования к качеству используемых материалов. Некоторые ученые, по аналогии с каменным и бронзовым веками, уже сейчас называют наше столетие веком композитных материалов. Это материалы, обладающие высокими физико-механическими характеристиками и, в зависимости от состава, большим спектром специальных свойств. Большую группу этих материалов представляют армированные волокном полимерные композиционные материалы (ПКМ), свойства которых и будут рассматриваться в данной статье.

По определению, композиционный материал – это материал, состоящий из двух или более компонентов, существенно отличающихся по свойствам, который обладает характеристиками, не свойственными для компонентов по отдельности.

Рассмотрим классификацию полимерных композиционных материалов (ПКМ), их основные свойства и специфику применения.

Композиционные материалы состоят из наполнителя и матрицы. Наполнитель может быть представлен в виде волокна (волокнистый наполнитель) или отдельных частиц (дисперсный наполнитель), основное назначение которых – обеспечение прочностных свойств композита. Волокнистый наполнитель, в свою очередь, может состоять из коротких (рубленых) волокон или из непрерывного волокна (в дальнейшем речь будет идти в основном о КМ из непрерывного волокна). Матрица (связующее) заполняет пространство между волокнами и/или крупнодисперсными частицами и может быть металлической, керамической, углеродной, полимерной. Основное назначение матрицы – обеспечение упругих и вязких свойств композита. Общее название композитного материала складывается из названий материалов наполнителя и матрицы, например стеклопластик, металлокерамика.

Матрицей в полимерных композитных материалах выступает, естественно полимер. Их номенклатура очень широка, поэтому

ограничимся описанием двух групп полимеров: терморезактивных и термопластичных.

Термопластичные связующие – это высокомолекулярные полимеры, переработка которых в изделие является обратимой. Преимуществом такой матрицы является высокая производительность, низкая пористость, высокие механические свойства (в первую очередь ударные характеристики), возможность переработки (переформования) старых изделий в новые. Недостатком этого типа матрицы является его низкая технологичность из-за необходимости обеспечивать большое количество предварительных операций, а также более высокая стоимость.

Терморезактивные связующие – это низкомолекулярные олигомеры, переработка которых в изделие сопровождается необратимой химической реакцией, с образованием неплавкого материала. Преимущество таких матриц является низкая вязкость олигомеров, дешевизна, доступность, относительно низкая температура отвержения, хорошая пропитывающая способность. К недостаткам следует отнести относительно высокую пористость получаемых пластиков, ограниченное время хранения полуфабрикатов, токсичность применяемых растворителей и необходимость термообработки изделий, что приводит к длительности формования.

«В качестве наполнителя в ПКМ в основном применяются углеродные, стеклянные и органические волокна. Значительно реже применяются борные, базальтовые и керамические.

Углеродные волокна получают на основе акрилонитрильных и вискозных волокон, а также на основе пеков. Технология их получения подразумевает термическую обработку изначальных волокон в несколько шагов: окисление, карбонизация, графитизация. В зависимости от исходного сырья и режимов получения выпускаются несколько классов углеродных волокон, отличающихся значениями прочности (от 3 до 4,5 ГПа) и модуля упругости (от 100 до 450 ГПа). Характеристики отечественных углеродных волокон приведены в таблице 1.

ПКМ на основе углеволокна обладают максимальными показателями удельной жесткости, превышая эти же показатели у металлов в 5-10 раз. Применительно к космической отрасли следует отметить такие важные свойства ПКМ как очень низкий коэффициент теплового линейного расширения (сопоставимый с КТЛР кварца), тепло- и электропроводность. Отдельно стоит отметить, что из-за малого диаметра углеродных волокон и определенной анизотропии свойств препреги легко формуются в изделия. К недостаткам можно

отнести высокому, относительно стекловолокна, стоимость (50-1500 долларов за килограмм).»[1]

Таблица 1. Характеристики отечественных углеродных волокон

Марка волокна	Исходное сырье	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность, ГПа	Модуль, ГПа	Предельное удлинение, %
Урал-24	ГТЦ	1750	1-9	175	1
ВММ-5	ПАН	1750	2-9	450	0-7
ЛУ-4		1700	2-3	250	1-3
УКН-П		1750	4-5	240	-
Кулон		1900	3	600	0-4

«Особенное место среди армирующих волокон ПКМ занимают арамидные волокна, к числу которых относятся армос, терлон, СВМ и не безызвестный кевлар. Этот тип волокон обладает очень высокими прочностными характеристиками, низкой горючестью, большой термо- и теплостойкостью. Хорошая адгезия к большому количеству связующих обеспечивает получаемым материалам высокие прочностные и деформационные характеристики, низкую пористость. Ракетно-космическая отрасль ценит этот тип волокон за низкую плотность и высокий модуль упругости, почти в два раза превышающий этот же показатель у стекловолокна. В последние годы были получены арамидные волокна с прочностью 5-6 ГПа, что сопоставимо с прочностью углеродных волокон. Таким образом органические пластики имеют рекордные показатели удельной прочности. Помимо этого эти материалы имеют низкий КЛТР, хорошие диэлектрические и релаксационные свойства. К недостаткам этого материала стоит отнести низкую прочность в поперечном направлении, что обуславливает низкую прочность на изгиб и сжатие, а также чувствительность к воздействию влаги» [1].

Стекловолоконное волокно получают вытяжкой из однородной стекловидной массы, представляющей собой сплав диоксида кремния SiO<sub>2</sub> с оксидами различных металлов, что обеспечивает широкий диапазон свойств получаемых стекол. Получаемые на их основе пластики уступают стали по абсолютным значениям предела прочности, но в 3,5 раза легче. Таким образом, при равной прочности, конструкция из стеклопластиков в несколько раз легче стальной. С точки зрения применения стеклопластиков в ракетно-космической области, они представляют интерес из-за хороших диэлектрических характеристик, химической, тепловой и ударной стойкости, высокой

удельной прочности при сжатии, изгибе и растяжении, а также, что немаловажно, низкой себестоимости их производства (0,5-1,5 долларов за килограмм). Однако низкий удельный модуль упругости, нередко ограничивает применение стеклопластиков в конструкциях и приборах ракетно-космического и авиационного назначения» [2].

Подводя некоторый итог озвученным характеристикам и свойствам ПКМ можно рассмотреть усредненные характеристики разных типов волокон (таблица 2), поскольку именно их свойства оказывают решающий вклад в формирование свойств армированного пластика.

Таблица 2. Сравнительные характеристики волокон

Волокно	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Диаметр, мкм	Разрушающее напряжение при растяжении, ГПа	Модуль упругости при растяжении, ГПа	Относительное удлинение при разрыве, %	Температура плавления (размягчения), °С
Металлическое (сталь)	7800	50-100	2-3	200	5-10	1200
Стеклоанное (марки E)	2540	10-15	3,5	785	4,8	840
Углеродное	1750	-	3-4,5	100-450	4-7	-
Синтетическое (арамидное)	1400	-	3,5-5,5	100-170	3	-
Кварцевое	2200	5-80	2,1	100-110	0,2	1650-1700
Асбестовое	2400	-	2,5-3,0	50-170	2-3	1500-1550
Базальтовое	2800	9-13	2,0-2,25	75-90	4-5	1250-1300

Как видно из таблицы 1, каждый из видов армированных пластиков обладает своим набором свойств и как следствие своими преимуществами и недостатками, и найти среди них материал хорошо подходящий для решения сразу всех задач не возможно. Однако ПКМ обладают внушительными характеристиками, зачастую превышающими характеристики «классических» материалов, что обеспечивает их широкое применение практически во всех областях промышленности.

## Список информационных источников

1. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология. М.Л. Кербер, В.М. Виноградов, Г.С. Головкин и др.; под ред. А.А. Берлина. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.
2. Справочник по композитным материалам: В 2-х кн. Кн. 1. Под ред. Дж. Любина. М., Машиностроение, 1988. – 448 с.
3. Современные технологии получения и переработки полимерных композиционных материалов. В.Е. Галыгин, Г.С. Баронин, В.П. Таров, Д.О. Завражин. – Тамбов, 2012, 179

## ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ СТЕНД

*Затонов И.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Мартемьянов В.М., к.т.н., доцент  
кафедры точного приборостроения*

К одним из основных видов активных систем ориентации малых летательных аппаратов относится использование маховичных (гироскопических) систем ориентации. Поскольку в дальнейшем речь будет вестись о маховичных системах ориентации (МСО), отметим их достоинства и недостатки.

К достоинствам использования МСО следует отнести следующее:

- Возможность использования в отсутствие внешних силовых полей;
- МСО не расходуют рабочее тело.

Использование маховиков для ориентации и стабилизации имеет также ряд недостатков:

- Сложная динамика аппарата;
- Явление насыщения маховика.[1]

Как правило, в конструкции космических летательных аппаратах (КЛА) имеются механизмы разгрузки маховиков. На малогабаритных спутниках использование таких механизмов не представляется возможным из-за ограничений по массово-габаритным характеристикам. Поэтому вопрос о тщательной разработке конфигураций маховиков остается актуальным по сей день.

В Томском политехническом университете на кафедре «Точного приборостроения» разрабатывается демонстрационный стенд для пояснения принципа работы МСО.



Для создания макета в качестве привода МСО было предложено использовать бесконтактный двигатель постоянного тока(БДПТ) от флоппи-дисковода. Данный выбор был сделан в связи с высокими регулировочными характеристиками и экономичностью использования двигателей данного типа (Рис.1).



Рисунок 1. БДПТ от флоппи-дисковода

На данном этапе ведутся работы по комплексной оценке управляющих возможностей системы ориентации с БДПТ. Для привода двигателя обычно используются отдельные микросхемы. В данном случае, система включает в себя плату микросхемы, дискретных элементов, таких как: резисторы, конденсаторы, стабилизатор.

Для моделирования движения предполагается разработать платформу, на которой должны уместиться маховик, источник питания, схема управления и включения.

Платформа может быть закреплена двумя способами:

- Закрепление на тросах- сложный вариант для реализации, из-за неустойчивости получаемой системы;
- Шарикоподшипниковый подвес от жесткого диска

Для привода БДПТ предполагается использовать микросхему LB11880(Рис.2) компании Sanyo Semiconductor. Использование микросхемы данного типа дает ряд преимуществ:[2]

- Возможность прямого подключения двигателя к микросхеме;
- Не требуется наличие датчиков Холла;
- Модуль защиты от перегрузки по току;
- Встроенная защита от перегрева;
- Мощный выходной каскад.

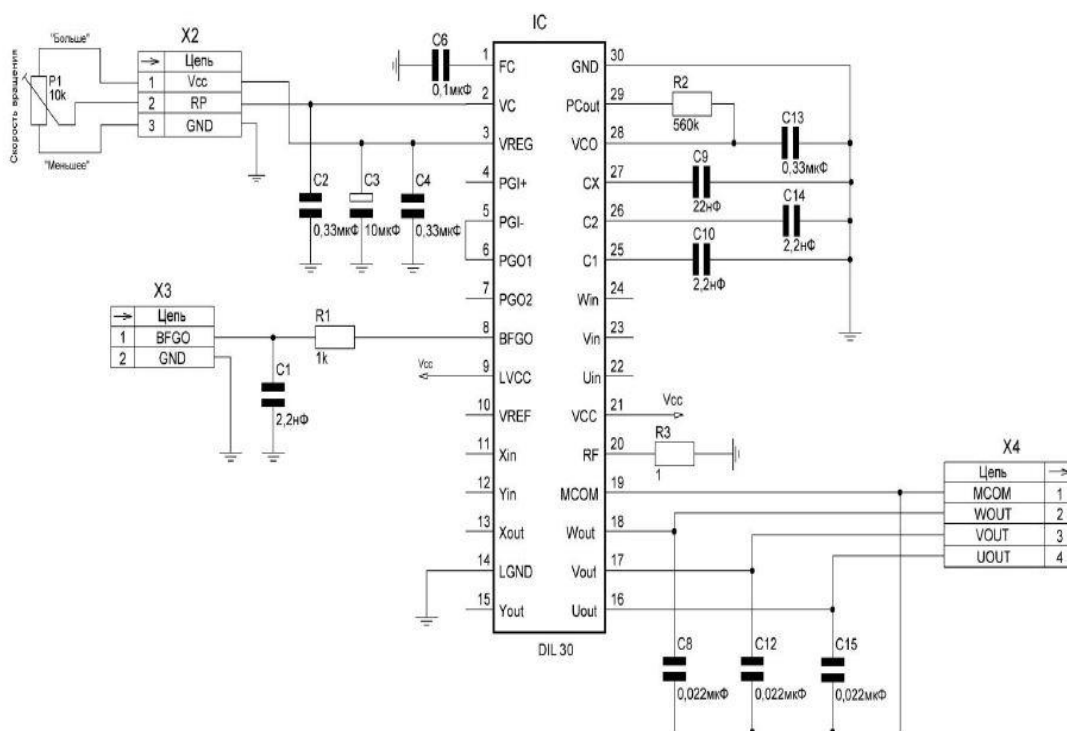


Рис.2 Схема платы управления

Одним из возможных вариантов устройства включения и отключения является использование фотореле, цель которого заключается в приведении в движение системы при определенном освещении. Использование фотореле позволит применять дистанционное управление.

Таким образом, разработка демонстрационного стенда для МСО является многоплановой задачей, требующей поэтапного процесса разработки структуры демонстрационного стенда для снятия рабочих характеристик двигателей-маховиков.

### Список информационных источников

1. Овчинников М.Ю., Ткачев С.С. Исследование алгоритма трёхосной маховичной системы ориентации // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2010. № 25. 32 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2010-25>

2. Космическое приборостроение : сборник научных трудов III Всероссийского форума школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 413 с.

3.Беленький А.Д. Управление избыточной системой электродвигателей-маховиков / А.Д. Беленький, В.Н. Васильев, М.Е.Семенов // Труды ВНИИЭМ. – М., 2005. – Т. 102. – С. 107 – 115.

4.Электродвигатель-маховик постоянного тока / В.Я. Журавлев, В.Н. Кузьмин, Е.М. Михайлов [и др.] // Труды ВНИИЭМ – М., 1985. – Т. 78. – С. 67 – 74

## **МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЙ СЕНСОР СЛУХОВОГО ИМПЛАНТА**

*Зорина Е.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Нестеренко Т.Г., к.т.н., доцент кафедры  
точного приборостроения*

Слух – одно из пяти чувств человека – способность воспринимать звуки окружающего мира. Благодаря слуху, человек различает звуки, распознает их характер, локализацию, овладевает речью. Поэтому слуховой орган человека – самый совершенный и чуткий из всех его органов чувств: в нем наблюдается наибольшая концентрация нервных клеток и окончаний.

Функция слухового органа, по тем или иным причинам, может быть нарушена. И тогда необходимо компенсировать это нарушение.

Для многих людей с потерей слуха единственным выходом оказывается кохлеарный имплантат, медицинское устройство, разработанное для того, чтобы помочь людям с тяжелой и полной потерей слуха, для которых слуховые аппараты не эффективны [1].

Для замены кохлеарного имплантата предлагается слуховой имплантата МЭМС, в котором предлагается использовать вместо искусственного микрофона – микрофон естественный, внутреннее ухо с его системой слуховых косточек.

МЭМС – микроэлектромеханические системы – это интегрированные системы с размерами от нескольких микрометров до миллиметров, которые объединяют в себе механические и электрические электронные компоненты. MEMS состоит из механических микроструктур, микродатчиков, микроактюаторов и микроэлектроники, объединенных на одном кремниевом чипе [2].

Принцип работы слухового имплантата МЭМС заключается в том, что слуховые волны проходят через слуховой канал до мембраны, вызывая её вибрацию. Эти вибрации передаются на косточки среднего уха (молоточек, наковальня и стремечко), приводя их в движение. На косточке расположен акселерометр, который регистрирует эти

колебания и передает электрические импульсы на электроды в улитку. Слуховой нерв воспринимает их и посылает в слуховой центр мозга. Мозг распознает переданные сигналы как звук.

Слуховой имплантат МЭМС поможет людям с нейросенсорной тугоухостью, вызванной неправильным функционированием волосковых клеток, когда они либо изначально дефектны, либо повреждены в течении жизни человека [3].

### Принцип действия

Объектам исследования является микроэлектромеханический акселерометр.

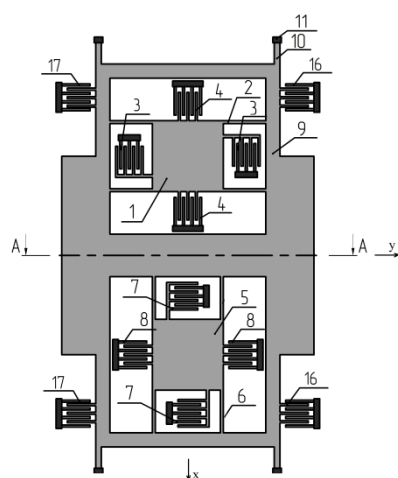
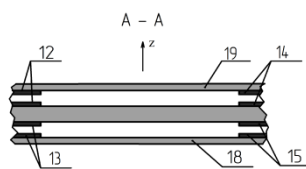


Рисунок 1. Функциональная схема сенсора акселерометра



Основным элементом микроакселерометра является емкостный микромеханический твердотельный кремниевый сенсор.

Сенсор акселерометра (рисунок 1) содержит наружную раму 9, установленную на подложке 19 и 18 при

помощи упругого подвеса 10 и анкеров 11. Упругий подвес обеспечивает свободу перемещения рамы вместе с инерционными телами 1 и 5 вдоль оси Z. Инерционное тело 1 имеет возможность перемещаться на упругом подвесе 2 вдоль оси X. Инерционное тело 5 перемещается вдоль оси Y.

Гребенчатые электроды 3 входят в состав преобразователя механического перемещения инерционного тела 1 вдоль оси X. Это перемещение возникает при наличии ускорения вдоль оси X. Гребенчатые структуры 4 выполняют роль исполнительных элементов, формирующих корректирующие воздействия и обратную связь по оси X. Гребенчатые электроды 7 входят в состав преобразователя механического перемещения инерционного тела 6 вдоль оси Y. Это перемещение возникает при наличии ускорения вдоль оси Y. Гребенчатые структуры 8 выполняют роль исполнительных элементов, формирующих корректирующие воздействия и обратную связь по оси Y.

Электроды 12, 13, 14, 15 входят в состав преобразователя механического перемещения рамы 9 вдоль оси Z. Это перемещение возникает при наличии ускорения вдоль оси Z. Гребенчатые структуры 16, 17 выполняют роль исполнительных элементов, формирующих корректирующие воздействия и обратную связь по оси Z.

Дифференциальное изменение ёмкостей датчика измеряется специализированной микросхемой.

Структура чувствительного элемента изготавливается из монокристаллического кремния, имеющего очень низкое остаточное напряжение, тем самым снижается возможность изгиба сенсора.

### Математическая модель

Для составления уравнений движений сенсора акселерометра воспользуемся эквивалентной схемой сенсора (рисунок 2).

При выводе уравнений полагаем, что жёсткости  $G_z$ ,  $G_x$ ,  $G_y$  упругих подвесов сенсора по осям чувствительности намного меньше жесткостей тех же подвесов в перекрёстных направлениях. Это требование является основополагающим при проектировании сенсора.

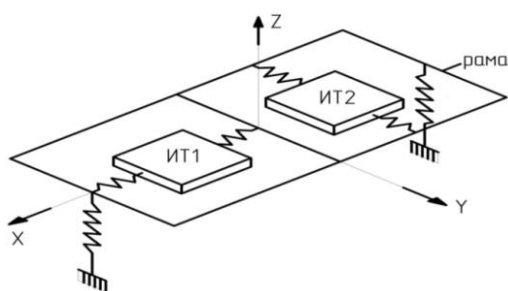


Рисунок 2. Эквивалентная схема сенсора

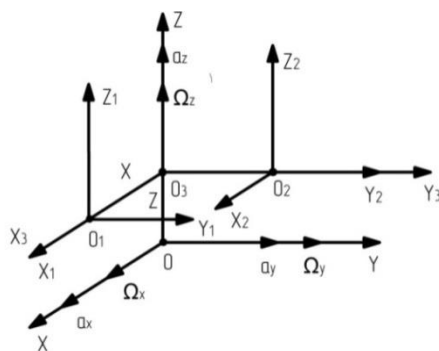


Рисунок 3—Системы координат, связанные с сенсором

Система координат OXYZ (рисунок 3) связана с корпусом, который перемещается поступательно с ускорением, имеющим проекции на оси XYZ:  $a_x, a_y, a_z$  и вращается с угловыми скоростями  $\Omega_x, \Omega_y, \Omega_z$ .

Система координат  $O_1X_1Y_1Z_1$  связана с инерционным телом ИТ1,  $O_2X_2Y_2Z_2$  - с инерционным телом ИТ2,  $O_3X_3Y_3Z_3$  - с общей рамой.

Уравнения движения сенсора акселерометра, полученные при помощи уравнений Лагранжа второго рода, имеют вид

$$(m_1 + m_2 + m_3)\ddot{z} + z[G_z - (m_1 + m_2 + m_3)(\Omega_y^2 + \Omega_x^2)] + \mu_z\dot{z} = (m_1 + m_2 + m_3)a_z - 2m_2\Omega_x\dot{y} + 2m_1\Omega_y\dot{x} - m_2y \cdot \Omega_z\Omega_y - m_1x\Omega_x\Omega_z, (1)$$

$$m_1 \ddot{x} + \mu_x \dot{x} + x[G_x - m_1(\Omega_z^2 + \Omega_y^2)] = m_1 a_x - 2m_1 \Omega_y \dot{z} + m_1 z \Omega_x \Omega_z, \quad (2)$$

$$m_2 \ddot{y} + \mu_y \dot{y} + y[G_y - m_2(\Omega_x^2 + \Omega_z^2)] = m_2 a_y + 2m_2 \Omega_x \dot{z} - m_2 z \Omega_y \Omega_z. \quad (3)$$

### Создание 3D модели сенсора акселерометра

При построении трехмерной модели микромеханического сенсора учитывалось, что он является частью слухового аппарата и вживляется в среднее ухо человека на слуховые косточки. Вследствие этого сенсор должен удовлетворять следующим требованиям:

- размеры сенсора не более 2x2 мм;
- малый вес.

Построение трехмерной модели и анализ сенсора проводился при помощи программного продукта T-FLEX CAD 3D и T-FLEX Анализ.

### Частотный анализ

Частотный анализ позволяет осуществлять расчёт собственных (резонансных) частот конструкции и соответствующих им форм колебаний. Осуществляя проверку наличия резонансных частот в рабочем частотном диапазоне изделия и оптимизируя конструкцию таким образом, чтобы исключить возникновение резонансов, разработчик может повысить надёжность и работоспособность изделия [4].

Наложим сетку, выберем тип нагружения – полное закрепление, проведем расчет (рисунок 4).

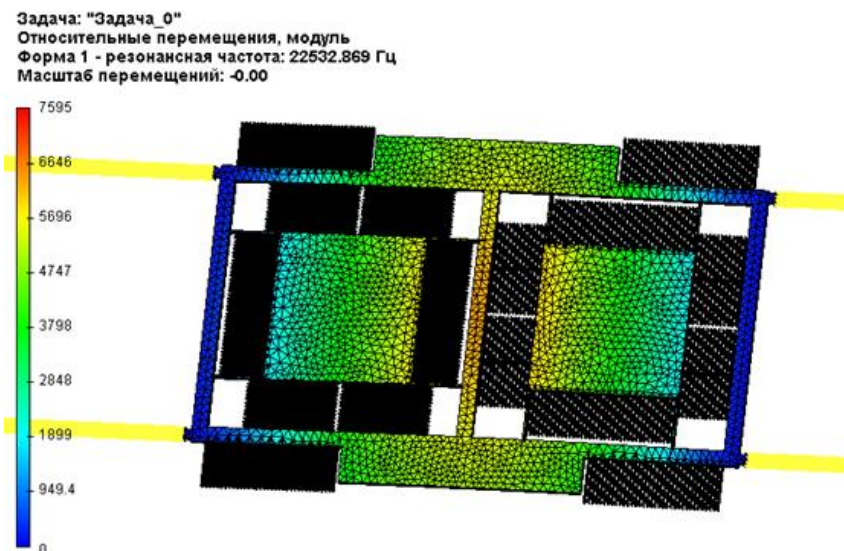


Рисунок 4. Частотный анализ

Прибор предназначен для людей, страдающих нейросенсорной тугоухостью со средней потерей слуха (I-III степень), у которых порог

слышимости до 70 дБ, диапазон частот 4 кГц. Изменяя конструкцию акселерометра, добились того, чтобы его собственная частота превысила заданный диапазон частот в 5-10 раз. Исходя из этого условия, получили собственную частоту акселерометра, равную 22532 Гц, что видно из рисунка 4.

### **Список информационных источников**

1. Слуховые импланты MED-EL. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.medel.com/ru/>, свободный.
2. В. Я. Распопов – Микромеханические приборы, 2007. -400с. С 12.
3. Нейросенсорная тугоухость// Википедия. Дата обновления: 22.01.2015. [Электронный ресурс]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейросенсорная\\_тугоухость](https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейросенсорная_тугоухость), свободный.
4. Костюченко Т.Г. Т – Flex Анализ. Расчет собственных частот и форм колебаний конструкций. Методические указания по выполнению лабораторного практикума. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. - 21 с.

## **УСТРОЙСТВО ЗАРЯДКИ АККУМУЛЯТОРОВ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА**

*Зубенко А.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Гормаков А.Н., к.т.н., доцент кафедры  
точного приборостроения*

Система энергопитания предназначена для выработки, хранения, регулирования и распределения электроэнергии во всех фазах работы спутника на орбите. Она состоит из солнечной и аккумуляторной батареи. Солнечные батареи должны питать нагрузку и заряжать аккумуляторные батареи на свету. Аккумуляторные батареи должны обеспечивать электроэнергией нагрузку в тени Земли. Энергия, получаемая от солнечных батарей, должна быть достаточной для обеспечения всех элементов спутника электроэнергией и зарядки аккумуляторных батарей, когда спутник не находится в тени Земли.

Идеальная батарея для нашего микроспутника должна обладать следующими характеристиками, но следует сказать, что батарею, которая удовлетворяет всем требованиям, не возможно найти:

1. Структура, устойчивая к механическим перегрузкам и вакууму.
2. Стабильное рабочее напряжение на всем требуемом температурном диапазоне

3. Надежное хранение энергии на всем требуемом температурном диапазоне

4. Доступность приобретения

5. Высокое выходное напряжение

6. Низкое внутреннее сопротивление

7. Простота перезарядки

8. Большое число циклов зарядки/разрядки

9. Малые масса и габариты

В качестве потенциальных батарей может использоваться как Li-Ion, так и NiCd батарея для нашего спутника. Более коммерчески доступными являются Li-Ion батареи, поэтому в дальнейшем использован данный тип.

### **Li-Ion батареи:**

Li – самый легкий металл, у него самый большой электрохимический потенциал из всех металлов, поэтому он – наиболее подходящий металл для элементов батарей. К сожалению, Li – очень химически активный металл. Если попытаться самостоятельно зарядить батарею на основе лития, она будет разрушена.

### **Экспериментальное исследование режимов зарядки аккумуляторов от панелей солнечных батарей**

Основной задачей исследования было, экспериментальное определение эффективности выработки энергии солнечными батареями при различной ориентации корпуса «CubeSat» относительно источника светового излучения.

Для исследования был собран макет спутника (рис.1а). В качестве преобразователей световой энергии были использованы солнечные батареи Solar Panel Cell Solar: 80x85 мм; 6V; 0,8W.

Макет спутника 1 (рис.1а) представляет собой куб с размером ребра 100 мм. Каждая панель солнечных батарей была пронумерована (рис.1б).



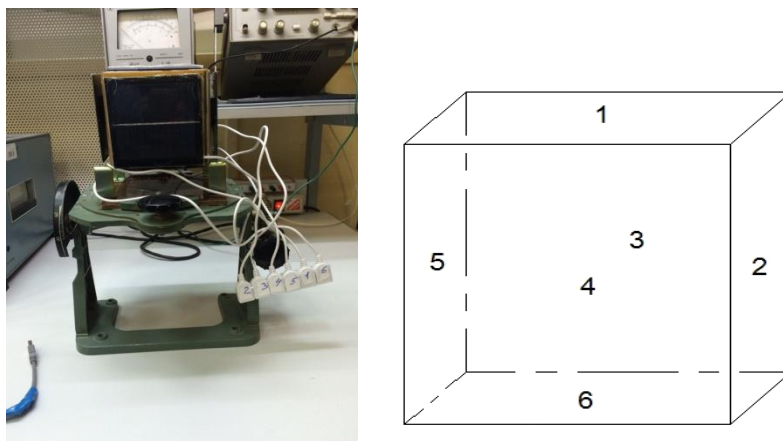


Рис.1. Макет «CubeSat» с панелями:

а - общий вид экспериментальной установки: 1 - макет спутника, 2 - кронштейн поворотный; б - схема расположения солнечных панелей на макете спутника: 1 - верхняя грань; 2 - правая боковая; 3 – задняя грань; 4 - передняя грань; 5 - левая боковая; 6 - нижняя грань

Макет спутника был установлен на специальном поворотном кронштейне (рис.1а), который обеспечивает ему две вращательные степени свободы. Во время проведения первого эксперимента ориентация макета относительно источника света изменялась только по зенитному углу, а во время второго эксперимента - одновременно как по зенитному так и по азимутальному углам.

В качестве источника освещения использовался дневной свет. Напряжение с каждой солнечной батареи измерялось поочередно с помощью мультиметра (Mastech my61).

Макет поворачивался по зениту и азимуту в пределах от 0 до 90 градусов с шагом 10 градусов. На рисунке 2 представлены графики зависимостей напряжения на выходе каждой из шести солнечных панелей от углового положения относительно источника света, снятие данных проходило в условиях дневного света. Расположение солнечных панелей на макете соответствует расположению на (рис.1а), при этом, расположение источник света расположен перпендикулярно верхней грани макета.

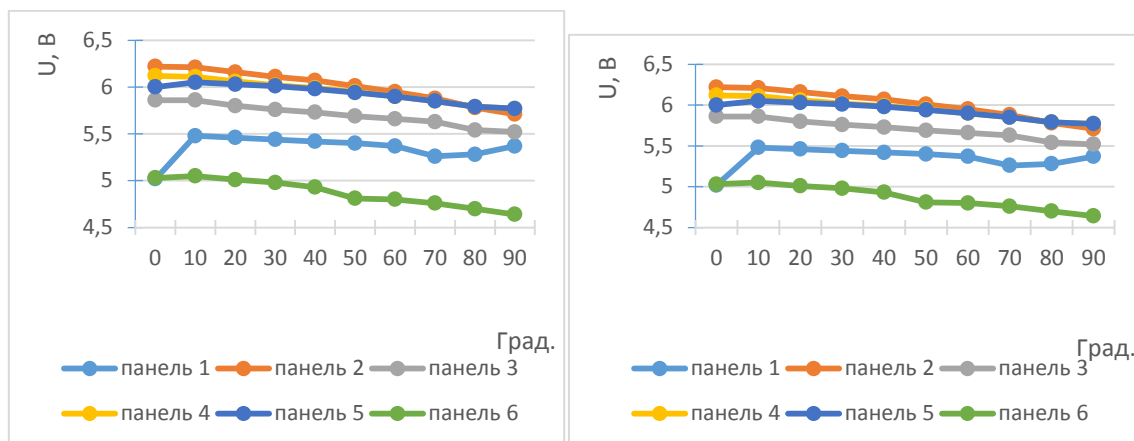


Рис. 2. Графики зависимости напряжения от ориентации панелей макета на Солнце при сплошной облачности: а) по зениту; б) по зениту и азимуту одновременно

### Анализ результатов исследований

Из экспериментальных данных видно, что при перпендикулярном расположении одной из панелей солнечных батарей макета относительно источника света, эта солнечная батарея выдает наибольшее напряжение. Однако, суммарное напряжение со всех панелей при этом меньше чем, при повороте макета на определённый угол, так как в таком положении другие панели получают больше света.

При изменении только зенитного угла максимальная суммарная выработка энергии имеет место при угле 40-45 град. При проведении эксперимента в условиях сплошной облачности, свет рассеянный. При этом явно выраженного экстремума не наблюдается.

### Список информационных источников

1. Суетин Б.П., Иванчура В.И., Чернышев А.И., Исляев Ш.Н. Системы электропитания космических аппаратов, Новосибирск: ВО Наука, 1994 г.

2. Структурная схема и схемотехнические решения комплексов автоматики и стабилизации СЭП негерметичного геостационарного КА с гальванической развязкой бартовой аппаратуры от солнечных и аккумуляторных батарей / С.А. Поляков, А.И. Чернышев, В.О. Эльман, В.С. Кудряшов; НПЦ «Полюс»; НПО ПМ им.ак. М.Ф. Решетнева. Железногорск, 2001.

3. Эффективность использования солнечных батарей при различной ориентации малого космического аппарат формата «CUBESAT» Бояхчян А.А. [электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2015/854/12148>, свободный. – Загл. с экрана.

## **СИСТЕМА ВИБРО- И УДАРОЗАЩИТЫ ЗАБОЙНОГО ГИРОСКОПИЧЕСКОГО ИНКЛИНОМЕТРА**

*Кафтасьев С.М.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Белянин Л.Н., к.т.н., доцент кафедры точного  
приборостроения*

Инклинометром принято называть прибор для определения зенитного угла и азимута плоскости наклона оси буровой скважины. В настоящее время актуальным является создание так называемых забойных инклинометров, которые, будучи установлены в нижней части буровой колонны, позволяли бы определять указанные углы в процессе бурения без подъёма буровой колонны. Это позволит повысить скорости бурения, за счёт уменьшения спуско-подъёмных работ. При наличии информации угла появляется возможность корректировки скважины без остановки бурения.

В настоящее время забойные инклинометры выпускаются как в России, так и за рубежом, однако, определение азимута плоскости наклона в этих приборах осуществляется с использованием магнитного поля Земли, с помощью магнитометров, установленных в инклинометре. Отсутствие информации о магнитном склонении, в месте расположения инклинометра, является главной причиной невысокой точности таких инклинометров.

Актуальным является создание гироскопического забойного инклинометра, который обеспечил бы определение истинного азимута плоскости наклона оси буровой скважины. Теория систем ориентации и навигации даёт несколько вариантов построения таких приборов, однако все они базируются на использовании систем аналитического гирокомпасирования.

Для реализации системы аналитического гирокомпасирования, с погрешностью порядка десятых долей градуса по зенитному углу и 1-2 градусов по азимуту плоскости наклона, необходимо использовать датчики акселерометров навигационного класса и гироскопические датчики угловой скорости с диапазоном измерения 15,04 град/час и с погрешностью, не превышающей сотых долей градуса в час. Такие датчики выпускаются и находят применение в аэро-космической отрасли, однако, они не выдерживают вибрационных и ударных нагрузок, которым подвергаются датчики, в процессе бурения.

Нагрузки определены в ГОСТ 261116-84:

По механическим факторам, воздействующим на скважинный прибор, последний относится к группе МСЗ.

Прибор должен функционировать и обеспечивать параметры, указанные в настоящем Приложении, при воздействии на него вибраций с частотой 10-300 Гц и максимальным ускорением до 300 м/с<sup>2</sup>, а также ударов при числе ударов в минуту 10-50, максимальном ускорении 150 м/с<sup>2</sup> и длительности удара 6-12 мс (ГОСТ 26116-84).

По воздействующим на скважинный прибор климатическим факторам последний относится к группе КС4, подгруппа 3.

Прибор должен функционировать и обеспечивать параметры, указанные в настоящем Приложении, при температуре окружающей среды от минус 10°С до + 100°С и гидростатическом давлении до 60 МПа.

Однако, во время воздействия вибрации на прибор возможен и удар. Тогда перегрузки достигают 1000 единиц.

Целью данной работы является расчёт и конструирование системы вибро-ударозащиты узла чувствительных элементов, выбор компоновочной схемы узла чувствительных элементов забойного гироскопического инклинометра, обзор способов и устройств защиты приборов от вибрации и ударов, подбор виброизоляторов, анализ работы спроектированной системы.

В соответствии с выбранной схемой компоновки производится математическое моделирование и расчёт системы.

Расчёт коэффициента демпфирования амортизаторов по осям через резонансную частоту:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_{oz}}{M}}$$

Жёсткость амортизатора по осям

$$C = M f_{oz}^2$$

Т.к. данные амортизаторы имеют регулируемую резонансную частоту, то возможно сдвинуть её к нижней границе регулировки. Это необходимо чтобы минимизировать возможность работы виброизолятора в резонансном режиме.

Расчёт и построение зависимости коэффициента виброизоляции от частоты.

Коэффициент расстройки

$$\gamma = \frac{f}{f_0}$$

Коэффициент виброизоляции

$$\eta = \frac{1}{\varepsilon}$$

Коэффициент передачи амплитуды

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{1 + \gamma^2 D^2}}{\sqrt{(1 - \gamma^2)^2 + \gamma^2 D^2}}$$

Коэффициент вязкого демпфирования для 2-х амортизаторов

$$D = \frac{2h}{f_0}$$

Коэффициент сопротивления

$$h = nM$$

Коэффициент затухания

$$n = \frac{c}{2\sqrt{KM}}$$

В результате расчета строится график зависимости коэффициента виброизоляции от частоты. По графику определяется наиболее предпочтительный диапазон частот работы виброизоляторов.

Все элементы, входящие в систему вибро-ударозащиты рассчитываются на вибропрочность, устойчивость перегрузкам и ударам.

На данном этапе произведен расчёт и выбор виброизоляторов, ведется дальнейшая работа. Выбранная система демпфирования применена не к каждому отдельному элементу, а целиком к блоку чувствительных элементов.

### **Список информационных источников**

1. Инклинометрия скважин, Исаченко В.А, М.: Недра, 1987., - 276с.
2. Защита аппаратов от динамических воздействий, Ильинский В.С, М.: Энергия, 1970. - 320с.
3. Конструирование радиоэлектронных средств, Ненашев А.П., М.: Высш. шк, 1990. - 432с.
4. Баканов Г.Ф. Основы конструирования и технологии радиоэлектронных средств: учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений/ Г.Ф.Баканов, С.С.Соколов, В.Ю.Суходольский; под ред. И.Г.Мироненко. – М.: Академия, 2007. – 368с.

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩЕГО МАКЕТА МОМЕНТНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ЛЕНТОЧНОЙ НАМОТКОЙ**

*Кодермятов Р.Э.*

*Томский политехнический университет г. Томск*

*Научный руководитель: Мартемьянов В.М., к.т.н., доцент  
кафедры точного приборостроения*

Импульсный режим моментного двигателя представляет собой случай, когда питание на катушку подается в течение времени, при котором ротор повернется на угол, практически равный рабочему диапазону, т.е. полюсному делению магнитной системы[1]. После отключения питания, которое производится при помощи специального датчика положения ротора, вращение ротора происходит по инерции. Это вращение может быть с постепенным замедлением скорости за счет естественных или искусственно создаваемых моментов сопротивления, либо с постоянной скоростью, которая поддерживается дополнительным приводом. На первом этапе исследований необходимо дополнить разработанный и изготовленный ранее макет двигателя устройствами, позволяющими фиксировать характер изменения тока в катушке в процессе импульсного подключения её к источнику питания; осуществить проектирование датчика угла, который должен подавать сигнал на отключение питания в момент завершения поворота ротора на одно полюсное деление. Важной является также задача определения закона изменения угла вращение ротора во времени.

Для проведения эксперимента предполагается установка лазерной указки на диске ротора и применение видеокамеры для фиксации закона вращения ротора. Отключение питания моментного двигателя предполагается осуществлять при помощи оптического датчика, включающего в себя оптопару, расположенную на основании, и заслонку, связанную с ротором.

Характер изменения тока можно оценить, подключив последовательно к источнику питания резистор, затем с последующим измерением падения напряжения на нем (рисунок 1).

Одновременно должен быть зафиксирован и момент подачи напряжения питания.

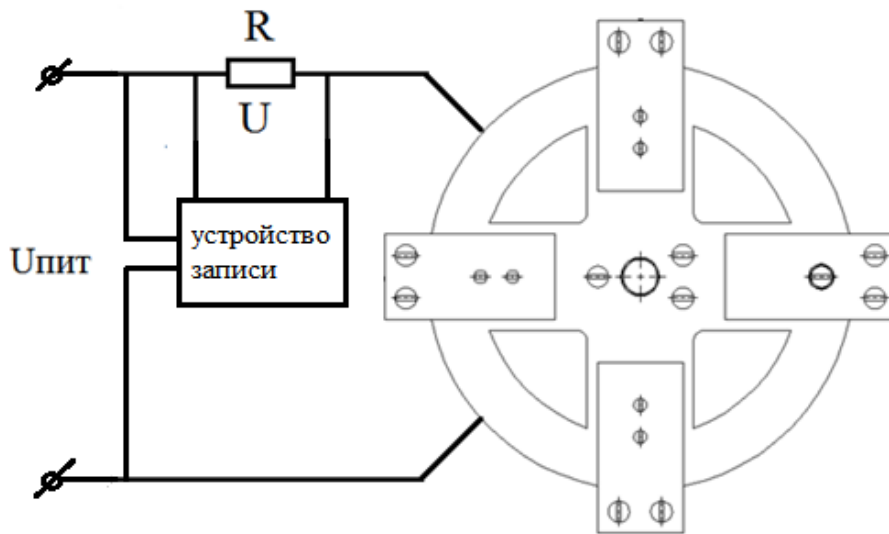


Рис. 1 Схема измерения характера тока в катушке.

Определения закона вращения ротора моментного двигателя во времени при его повороте на полюсное деление (на угол в  $90^0$  при четырех пластинах) поясняется рисунок 2.

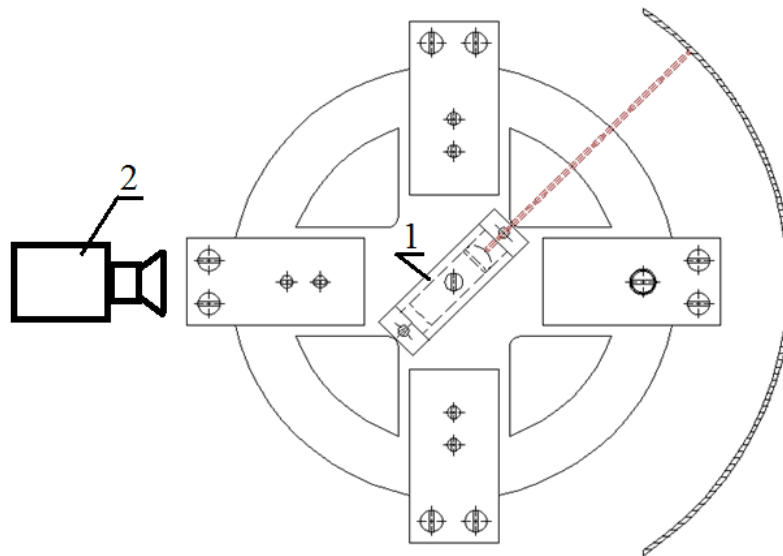


Рис. 2 Запись характера изменения угла поворота статора при помощи видеокамеры.

Записанное на видеокамеру 2 движение светового пятна от лазерной указки 1, по вынесенной на некоторое расстояние шкале расшифровывается кадрowym просмотром видеозаписи. Характер движения определялся по перемещению отметки луча лазерной указки 1, закрепленной на роторе макета. Перемещение светового пятна по

шкале фиксировалось с помощью видеокамеры 2, покадровая расшифровка происходит с периодом 0,04с

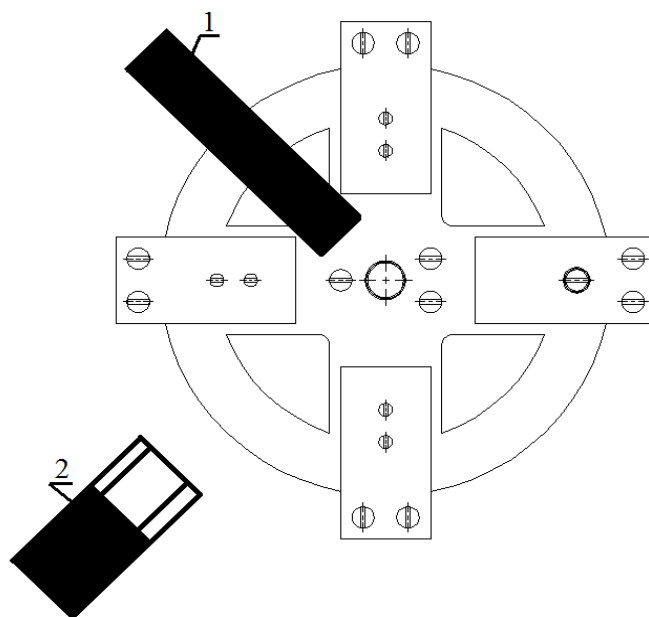


Рис. 3 Схема отключения питания двигателя.

Отключения питания моментного двигателя предполагается осуществлять при помощи оптического датчика 2, включающего в себя оптопару, расположенную на основании, и заслонку 1, связанную с диафрагмой ротора, в момент когда заслонка пройдет через паз оптопары питание на двигатель прекратится и двигатель начнет свое торможение (рисунок 3).

### Список информационных источников

1. Пат. 2378755 РФ МПК Н02К 26/00. Моментный двигатель / В.М. Мартемьянов, И.А. Плотников, Е.Н. Горячок, А.В. Квадяева. Заявлено 01.12.2008; Оpubл. 10.01.2010, Бюл. № 1. - 8 с.: ил.

2. Иванова А.Г., Кодермятов Р.Э., Мартемьянов В.М. Моментный двигатель с ленточной намоткой при импульсном включении.// Электронные и электромеханические системы и устройства: тез. докл. науч.-техн. конф. молодых специалистов (Томск, 14-15 февраля 2013 г.) / ОАО «НПЦ «Полус». – Томск, 2013. – с.131-133

3. Иванова А.Г., Мартемьянов В.М., Кодермятов Р.Э. Исполнительные двигатели с ленточной намоткой// Вестник науки Сибири, № 1 (7) (2013). – С. 42-49. URL: <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/604>



4. Кодермятов Р.Э., Самодуров И.Н. Макет моментного двигателя с ленточной намоткой // Космическое приборостроение: сборник научных трудов форума школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием/ Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Изд-во ТПУ, 2013 - с. 196-197.

5. Екимова О.Ю., Иванова А.Г., Татарникова К.А. Экспериментальные исследования моментного двигателя с ленточной намоткой // Наука. Технологии. Инновации: Материалы всероссийской научной конференции молодых ученых в 6-ти частях. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. Часть 2 – с. 104 – 106.

## **ДИАГНОСТИКА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ МАГНИТОПРОВОДА БЕТАТРОНА**

*Коломейцев А.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Бориков В.Н., д.т.н., профессор кафедры  
точного приборостроения*

Увеличение интенсивности излучения бетатрона может осуществляться по нескольким направлениям, одно из которых это увеличение частоты циклов ускорения. Современная коммутирующая аппаратура и преобразовательная техника предоставляет значительный потенциал в области разработки высокочастотных схем питания бетатронов, однако существуют фундаментальные проблемы, которые не позволяют использовать этот потенциал. Одной из таких проблем является перегрев отдельных элементов электромагнита вследствие увеличения частоты циклов ускорения.[1]

Целью данной работы является исследование теплового режима магнитопровода бетатрона. В ходе выполнения работы была разработана и исследована компьютерная модель бетатрона МИБ-9 с энергией ускоряемого пучка электронов 9.0 МэВ. Исследуемый бетатрон имеет принудительную автоматическую вентиляцию для предотвращения перегрева.

Основная причина появления избыточного тепла в магнитопроводе бетатрона - это потери в стали. Потери в стали состоят из двух видов потерь:

- потери из-за вихревых токов;
- потери на циклическое перемагничивание.

Для количественной оценки потерь в стали магнитопровода бетатрона была использована формула (1):

$$P_c = P_{\delta} \cdot \left(\frac{f_s}{f_{\delta}}\right)^{2.3} \cdot \left(\frac{B_m}{B_{\delta}}\right)^{1.9} \cdot \frac{t_i}{T}, (1)$$

где  $P_{\delta}$  – удельные потери в стали на базовой частоте;  $f_{\delta}$  – базовая частота перемагничивания при которой определяются базовые потери;  $B_{\delta}$  – индукция при которой определяются базовые потери;  $T$  – период следования импульсов перемагничивания.[2]

Расчеты, проделанные выше, дают точное представление о величине тепловой мощности, выделяющейся в магнитопроводе бетатрона в процессе работы. Для определения тепловых полей внутри конструкции необходимо провести тепловой анализ, входными характеристиками которого будут тепловые потери в электромагните бетатрона и мощность принудительного охлаждения вентиляцией. Было проведено моделирование в среде автоматизированного проектирования с помощью САД и САЕ систем.[3]

Моделирование дало представление о температурных полях. Из результатов расчета можно сделать вывод, что наибольшему нагреву подвергается середина блока центральных вкладышей. Физически это можно объяснить тем, что из-за низкой своей теплопроводности пластины стеклотекстолита в блоке центральных вкладышей создают «тепловые ловушки», препятствуя отводу тепла в зоны с более низкой температурой, в данном случае, полюса. Теплообмен с воздухом с боковых поверхностей центральных вкладышей не эффективен из-за маленькой площади контакта.[4]

Для оценки адекватности модели необходимо провести эксперимент. В данный момент разрабатывается измерительная система на базе модулей NI PXI для аппаратно-программного моделирования. В среде графического программирования LabVIEW разработана программа для измерения и обработки электрических сигналов, получаемых с датчиков температуры, установленных на ответственных участках магнитопровода бетатрона.[5]

Показания датчиков будут фиксировать температуру на протяжении всего цикла работы бетатрона. Анализ данных полученных в результате эксперимента и их сравнение с результатами моделирования покажут, насколько различаются расчетная и реальная температуры. Это даст представление о том, что модель, созданную в системе автоматизированного проектирования можно считать адекватной, а результатам экспериментов, проведенных с этой моделью, верить.

## Список информационных источников

1. Касьянов С.В., Симонова О.С., Симонов Д.А. «Температурный режим центральных вкладышей электромагнита бетатрона». Известия высших учебных заведений. Физика. Т56, №1/2, с.94-97.

2. Бамдас А. М., Савиновский Ю. А. «Дроссели переменного тока радиоэлектронной аппаратуры». М., Изд-во «Советское радио», 1969, 248 с

3. Справка по T-FLEX Анализ. Тепловой анализ, Топ Системы. 2012 г. – Москва.

4. Коломейцев А.А., «Температурный анализ активного режима работы центральных вкладышей электромагнита бетатрона», «Наука. Технологии. Инновации» //Материалы всероссийской научной конференции молодых ученых в 11 ч. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. – Часть 2. – 219 с.

5. Магда Ю., LabVIEW. Практический курс для инженеров и разработчиков, М., Изд-во «ДМК Пресс», 208 с.

## УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МОМЕНТА ТРЕНИЯ В ШАРИКОПОДШИПНИКЕ

*Коржеманов Д.Н.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Гурин Л.Б., к.т.н., доцент кафедры  
точного приборостроения*

В приборостроении одним из критериев качества шарикоподшипника является величина момента трения. Момент трения шарикоподшипника зависит от большого числа независимых факторов, ввиду чего его точное вычисление невозможно и он определяется на основании эмпирических зависимостей.

В общем случае момент трения в шарикоподшипнике складывается из следующих основных составляющих:

трение качения шариков по дорожкам качения;

трение скольжения шариков о сепаратор;

трения, связанное с сопротивлением смазки.

Кроме того, в той или иной степени присутствуют трение сепаратора о направляющие борта кольца при базировании сепаратора по борту внутреннего или наружного кольца, трение скольжения-верчения шариков о дорожки качения, и др.

Величина момента трения шарикоподшипника зависит от величины и направления действующих сил, от степени приработки подшипника, от размеров подшипника, а также от точности и качества изготовления шариков и беговых дорожек колец (дорожек качения) [1].

Подшипники воспринимают радиальные и осевые нагрузки, приложенные к валу или оси, фиксируют валы и оси от продольного перемещения, обеспечивая им в то же время свободное вращение.

По виду трения, возникающему на опорных поверхностях, различают две группы подшипников: скольжения и качения (Рисунок 1). В первой – опорные поверхности вращающегося вала и неподвижной опоры работают в условиях относительного скольжения и, поэтому, для уменьшения трения и износа должны иметь надежную и обильную смазку. В подшипниках качения между опорными поверхностями устанавливаются тела качения (шарики или ролики), обеспечивающие трение качения.

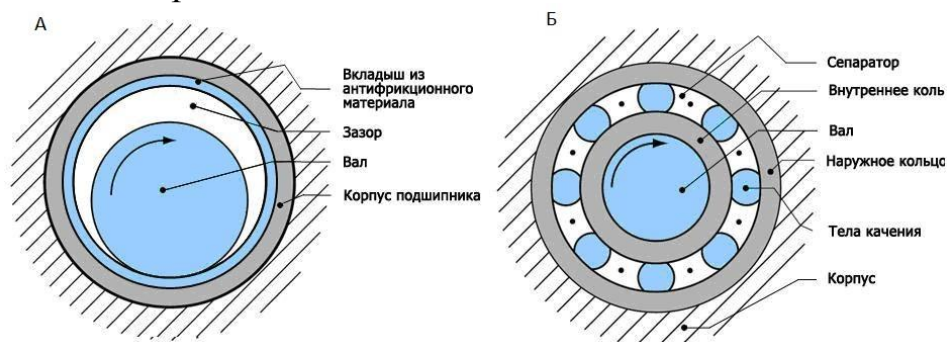


Рисунок 1. А – подшипник скольжения, Б – подшипник качения

Замена трения скольжения трением качения позволяет существенно уменьшить сопротивление в опорах при малых и умеренных частотах вращения (в 3...6 раз) и, особенно, в момент пуска (в 10...15 раз).

Изучение момента трения является актуальной темой на данный момент и в связи с этим, тема магистерской диссертации будет посвящена разработке установки, для изучения характеристик шарикоподшипников под разными нагрузками.

Методика заключается в том, что двигатель разгоняет внутреннее кольцо шарикоподшипника и за счет момента трения раскручивается инерциальная масса с кодовым диском, закрепленным на этой массе. После разгона двигатель выключается и момент трения тормозит инерционную массу, при этом регистрируется полное число оборотов и время от начала до полной остановки кодового колеса (Рисунок 2).

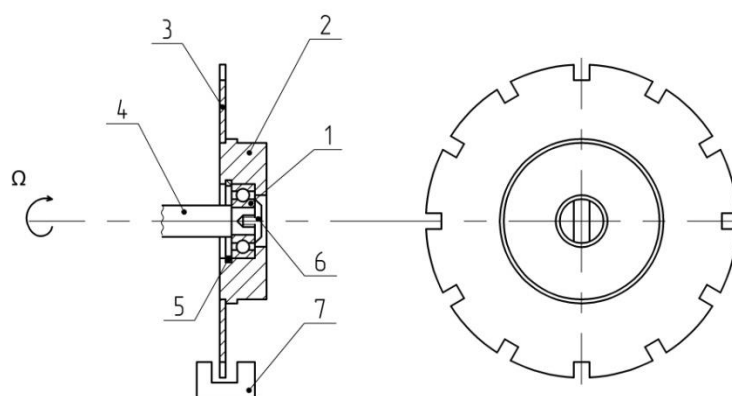


Рисунок 2. Схема нагружения:

1-подшипник; 2- инерционная масса; 3- кодовое колесо; 4 – вал; 5 – стопорное кольцо; 6 – винт; 7 – оптопара.

Количество оборотов регистрируется с помощью оптронного преобразователя, далее сигнал поступает на генератор импульсов, и на выходе получаем цифровой результат. В тот момент, когда с оптронного преобразователя поступает сигнал, включается счетчик времени и производит отсчет времени от начала вращения до полной остановки колеса [3]. Структурная схема данной установки приведена на Рисунке 3.

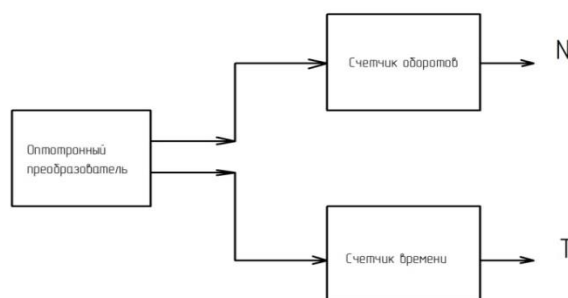


Рисунок 3 – Структурная схема счетчиков

Полученные результаты измерений количества оборотов и времени, используем при расчете момента трения:

$$M_{tr} = \frac{4 \cdot \pi \cdot N \cdot J}{T^2}$$

Разработанная установка является более точной и недорогой при изготовлении, что соответствует заявленным требованиям.

## Список информационных источников

1. Перель Л.Я. Подшипники качения. Расчет, проектирование и обслуживание опор: Справочник. М., "Машиностроение", 1983, 543 с, ил.

2. Детали и узлы приборов / А.Д. Нестеренко, П.П. Орнатский, Киев 1965г. – 428 с.

3. Расчет и конструирование механизмов приборов и установок / Ю.В. Милосердин, Ю.Г. Лакин, 1978г., 320 с.

### **ПРИБОРЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ ДОБЫЧЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

*Курмануканов Э.Б.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Гормаков А.Н., к.т.н., доцент кафедры  
точного приборостроения*

При проведении взрывных работ в процессе добычи полезных ископаемых открытым способом возникает опасность разрушения жилых и промышленных строений. Для исключения неблагоприятных последствий сопровождаемых полным или частным разрушением необходимо иметь данные по допустимой мощности взрыва для условий конкретных месторождений.

Целью данной работы является подбор приборов и датчиков для системы оценки параметров колебаний почвы вследствие проведения взрывных работ при добыче полезных ископаемых. После создания такой системы планируется проведение экспериментальных исследований на открытых месторождениях Кыргызстана.

Механическое бурение и взрывы - первые этапы извлечения руды из большинства месторождений, разрабатываемых карьерным способом. Несмотря на то, что имеется много механических устройств, способных разрыхлять твердый камень, взрывы предпочтительный метод, поскольку никакое механическое устройство не может в настоящее время соперничать по способности к измельчению с энергией взрыва (рис.1).

Основным фактором любого взрыва является взрывная волна [1, 2]. Вблизи от источника взрыва происходит значительное повышение температуры и давления, механических напряжений. Грунты и горные породы подвергаются механическому разрушению.

Взрывная волна при удалении от источника охватывает всё большие объёмы среды, а её интенсивность уменьшается. В твёрдой среде скачкообразный передний фронт у взрывной волны существует лишь на небольших расстояниях от взрывного источника; за пределами этой области вокруг источника параметры движения во взрывной волне изменяются плавно. В качестве параметров, характеризующих взрывную волну в однородной и неограниченной среде, рассматривают скорости частиц, давления, механические напряжения, температуры и т.п. в зависимости от времени; максимального значения импульса, энергии и другие интегральные характеристики волн для фиксированного расстояния от источника, а также время прихода фронта волны.



Рис. 1. Взрывные работы на открытом карьере

Для определения параметров взрывной волны на относительно больших расстояниях от источника при наличии открытой поверхности, где взрывную волну можно рассматривать как "сейсмическую", существуют эмпирические зависимости.

Для экспериментального определения параметров взрывной волны в таком случае можно воспользоваться системами мониторинга

сейсмостойкости зданий и сооружений: сейсмографами, сейсмодатчиками, акселерометрами.

Такая система должна содержать:

- элементную измерительную базу (датчики);
- технологию установки датчиков на объекте;
- организацию автоматизированного или ручного режима

регистрации показаний;

- методику обработки и интерпретации данных наблюдений.

Датчики, приведенные в работе [3] могут быть применены для решения поставленной задачи.

### **Анализ результатов обзора и выбор наиболее предпочтительных датчиков**

В результате обзора рассмотрено несколько видов датчиков (акселерометры, тензодатчики, вибродатчики и инклинометры). По критериям: удовлетворение требуемого диапазона измерения, цена, возможность сопряжения с компьютером можно прийти к следующим выводам:

Акселерометры: диапазон измерения ускорений 1221L-005 ( $\pm 400g$ ) с большим диапазоном рабочих температур ( $-55...125\text{ }^{\circ}C$ ) и сравнительно невысокой ценой (19119,90 руб.).

Вибродатчики: AP2031 имеет большой диапазон измеряемых ускорений (10000 g) с приемлемой ценой (27360 руб. / штук). Такой датчик может подключаться к компьютеру.

Инклинометры: Датчик STS-102-2 имеет много диапазонов измерения ( $\pm 2^{\circ}$ ,  $\pm 5^{\circ}$ ,  $\pm 10^{\circ}$ ,  $\pm 15^{\circ}$ ,  $\pm 30^{\circ}$ ). Этот датчик также сопрягаются с компьютером.

### **Список информационных источников**

1. Ударная волна. URL

[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B4%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B0](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B4%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B0)  
(дата обращения 15.05.2015).

2. Ударная волна. URL

[http://www.krugosvet.ru/enc/nauka\\_i\\_tehnika/fizika/UDARNAYA\\_VOLNA.html](http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/fizika/UDARNAYA_VOLNA.html) (дата обращения 15.05.2015).

3. Вьюнг С.Ч. Приборы и датчики для системы мониторинга зданий и сооружений в сейсмических районах. Труды VII международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» 2015. URL <http://www.scienceforum.ru/2015/854/13721> (дата обращения 15.05.2015).



## ОБЗОР ИЗМЕРИТЕЛЕЙ УРОВНЯ ЖИДКИХ СРЕД

*Панимаскина М.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Нестеренко Т.Г., к.т.н., доцент кафедры  
точного приборостроения*

Под измерением уровня понимается индикация положения раздела двух сред различной плотности относительно какой-либо горизонтальной плоскости, принятой за начало отсчета.

Первичный преобразователь воспринимает измеряемую величину и преобразует ее в выходной сигнал, поступающий на последующие преобразователи, или в показания, отсчитываемые по шкале уровнемера.

В зависимости от того, различие каких физических свойств веществ воспринимает первичный преобразователь, уровнемеры подразделяют на механические, акустические, электрические, оптические и тепловые.

К механическим уровнемерам относятся поплавковые, буйковые и гидростатические уровнемеры. Все они реализуют абсолютный метод измерения уровня, основанный на использовании различия плотностей веществ, образующих границу раздела.

Поплавковый уровнемер - уровнемер, принцип действия которого основан на измерении перемещения поплавка, плавающего на поверхности жидкости.

При измерении уровня криогенных жидкостей из-за кипения верхнего слоя возникает вибрация поплавка, что приводит к искажениям результатов измерения. Наиболее часто поплавковые уровнемеры используют для измерения уровней в больших открытых резервуарах, а также в закрытых резервуарах с низким давлением.

Буйковый уровнемер - уровнемер, принцип действия которого основан на измерении перемещения буйка или силы гидростатического давления, действующей на буюк.

Главной особенностью буйковых уровнемеров является возможность измерения уровня границы раздела двух жидкостей.

Недостатком буйковых уровнемеров являются зависимость их точности от плотности и температуры измеряемой среды, ограниченность использования для больших (свыше 16 м) диапазонов измерения уровней жидкостей и жидкостей, обладающих адгезией к буйку.

Принцип действия гидростатических уровнемеров основан на измерении давления столба жидкости, высота которого равна высоте уровня жидкости в сосуде. Гидростатическое давление при этом измеряется либо с помощью двух манометров, либо одним дифференциальным манометром.

Уровнемеры этого вида обычно используют для измерения неагрессивных, незагрязненных жидкостей, находящихся под атмосферным давлением. Недостатком гидростатических уровнемеров является погрешность измерения при изменении плотности жидкости.

Существуют и находят применение акустические уровнемеры трех основных типов — локационные уровнемеры, уровнемеры поглощения и резонансные. Все они реализуют различные физические явления, связанные с распространением звука в жидкостной среде.

Локационные уровнемеры реализуют эффект отражения звуковой волны от поверхности раздела сред.

Одно из основных условий нормального функционирования локационных уровнемеров — определенное взаимное положение источника — приемника ультразвуковых колебаний и отражающей поверхности -уровня. Недостаток локационных уровнемеров — их повышенная чувствительность к включениям в жидкости.

Принцип действия диссипативных ультразвуковых уровнемеров основана на явлении рассеивания (поглощения) звуковой энергии в веществе. В простейшем случае диссипативный уровнемер состоит из излучателя и приемника, установленных на дне к крышке сосуда. Выходной сигнал уровнемера, пропорциональный отношению интенсивностей излучаемой и регистрируемой звуковых волн, связан с текущим значением уровня зависимостью.

Принцип действия резонансных уровнемеров заключается в возбуждении колебаний столба газа над уровнем жидкости и в фиксации резонансной частоты, при которой наблюдается возникновение стоячей волны.

Основные недостатки резонансных уровнемеров — сложность и громоздкость конструкции, также существенное влияние на их показания изменений скорости с распространения звука в газовой среде.

Принцип действия электрических уровнемеров основан на различии электрических свойств жидкостей. При этом жидкости, уровень которых измеряется, могут быть как проводниками, так и диэлектриками. Основным параметром, определяющим электрические свойства проводников, является их электропроводность, а диэлектриков — относительная диэлектрическая проницаемость, показывающая, во

сколько раз по сравнению с вакуумом уменьшается в данном веществе сила взаимодействия между электрическими зарядами.

В зависимости от того, какой выходной параметр (сопротивление, емкость или индуктивность) первичного преобразователя „реагирует“ на изменение уровня, электрические уровнемеры подразделяются на кондуктометрические, емкостные и индуктивные.

Кондуктометрические уровнемеры (уровнемеры сопротивления) применяются для измерения уровня проводящих жидкостей.

Основные факторы, ограничивающие точность кондуктометрических уровнемеров — непостоянство площадей поперечных сечений электродов, а также образование на электродах пленки (окисла, соли) с высоким удельным сопротивлением, что приводит к резкому неконтролируемому снижению чувствительности датчика. Кроме того, на точность кондуктометрических уровнемеров существенное влияние оказывает изменение электропроводности рабочей жидкости, поляризация среды вблизи электродов.

К недостаткам емкостных уровнемеров относятся: высокая чувствительность к изменению электрических свойств жидкостей, обусловленных изменением их состава, температуры и т. П., образование на элементах датчика электропроводящей или непроводящей пленки вследствие химической активности жидкости, конденсации ее паров, налипания самой жидкости на контактирующие в ней элементы и т. П.

Первичный преобразователь индуктивных уровнемеров представляет собой катушку индуктивности. Проводящая жидкость при этом играет либо роль шунта, изменяющего число витков катушки, либо роль экрана, влияющего на коэффициент самоиндукции катушки. В первом случае используются катушки с обнаженными витками.

При перемещении уровня жидкости, обладающей высокой электропроводностью, часть витков шунтируется и соответствующим образом меняет индуктивность катушки первичного преобразователя — датчика.

При измерении уровня жидкостей оптическими методами могут быть использованы различные явления, связанные с прохождением света через среды, образующие поверхность раздела, — отражение или преломление света на поверхности раздела, ослабление его интенсивности в поглощающей среде и др. Однако на практике наибольшее распространение получили оптические уровнемеры с визуальной фиксацией границы раздела жидкость-газ и фотоэлектрические уровнемеры, использующие эффект отражения света от поверхности жидкости.

Визуальные уровнемеры представляют собой прозрачные вставки в стенках сосуда или в сообщающихся с сосудом мерных трубках с нанесенной на них шкалой.

Наиболее существенное влияние на погрешность оптических уровнемеров оказывает состояние поверхности жидкости. Возмущения поверхности, появление на ней пены, крен сосуда искажают результаты измерения уровня.

Для устранения (уменьшения) этих влияний используют лазерные источники света, волоконные световоды и различные компенсационные схемы.

Тепловые уровнемеры основаны либо на использовании различия температур жидкости и парогазовой смеси над ней (дилатометрические уровнемеры), либо различия их теплопроводностей (терморезисторные уровнемеры).

Дилатометрические уровнемеры применяют при измерении уровня конденсированных жидкостей, т. е. когда температуры жидкости и парогазовой смеси над ней относительно стабильны и при этом значительно разнятся между собой.

Несмотря на простоту и надежность дилатометрические уровнемеры вследствие малых диапазонов измерений (не более 0,75 м) и невысокой точности не получили широкого промышленного применения.

Обычно чувствительный элемент тензорезисторных уровнемеров представляет собой вертикально натянутую тонкую проволоку с большим погонным электрическим сопротивлением, что обеспечивает его высокую чувствительность.

Специфической областью применения терморезисторных уровнемеров является криогеника (измерение уровня жидких газов). При этом все большее распространение получают резисторы, изготовленные из сверхпроводящих материалов. Вследствие эффекта сверхпроводимости погруженная часть резистора имеет нулевое сопротивление и выходной сигнал зависит лишь от уровня сжиженного (при температуре меньшей 20 К) газа и температуры непогруженной части резистора.

### **Список информационных источников**

1.Измерение уровня жидких продуктов: теория и практика: [Электронный ресурс] - режим доступа. <http://www.3v-engineering.ru>.

2. Хансуваров К. И., Цейтлин В.Г. Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара: Учебное пособие для техникумов. — М.: Издательство стандартов, 1990. 287 с.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНОГО УЗЛА УСТРОЙСТВА ВХОДНОГО**

*Довыденко Е.А., Почухнева Е.Л.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Гормаков А.Н., доцент кафедры точного приборостроения*

Основные принципы изготовления и применения печатных схем стали известны в начале XX века, однако промышленный выпуск печатных схем и плат был организован лишь в начале 40-х годов [1].

С переходом на микроэлектронные элементы, резким уменьшением размеров и возрастанием быстродействия схем первое место занимают вопросы обеспечения постоянства характеристик печатных проводников и взаимного их расположения. Значительно усложнились задачи проектирования и оптимального конструирования печатных плат и элементов.

В настоящее время печатная плата является основой любого современного электронного устройства.

Печатная плата (ПП) – это пластина из диэлектрика (например, стеклотекстолит, гетинакс), на поверхности и/или в объёме которой сформированы электропроводящие цепи электронной схемы. Печатная плата предназначена для электрического и механического соединения различных электронных компонентов [2].

Выбор материала печатной платы (ПП) определяется электроизоляционными свойствами, механической прочностью, обрабатываемостью, стабильностью параметров при воздействии агрессивных сред и изменяющихся климатических условий, себестоимостью. Большинство диэлектриков выпускается промышленностью с проводящим покрытием из тонкой медной электролитической фольги. Наиболее широкое распространение при производстве печатных плат 1 и 2 классов точности получили стеклотекстолит и гетинакс. Сравнительные характеристики этих материалов приведены в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Сравнительные характеристики гетинакса и стеклотекстолита

Характеристика материала	Гетинакс	Стеклотекстолит
Удельное поверхностное сопротивление, Ом, не менее	$1,0 \cdot 10^{12}$	$1,0 \cdot 10^{12}$
Удельное объемное сопротивление, Ом·м, не менее	$1,0 \cdot 10^{10}$	$1,0 \cdot 10^{11}$
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 1 МГц, не более	0,038	0,025
Диэлектрическая проницаемость при частоте 1 МГц, не менее	7	6
Рабочая температура, °С	-60...+85	-60...+85
Относительная влажность воздуха, % (при температуре, °С)	50 (35°)	98 (40°)
Максимальная температура в состоянии поставки, °С	+ 85	+ 100
Время устойчивости к воздействию расплавленного припоя, с	5 (при 245°С)	10 (при 260°С)
Прочность сцепления фольги с диэлектриком в исходном состоянии, Н/мм	2,7	3,0

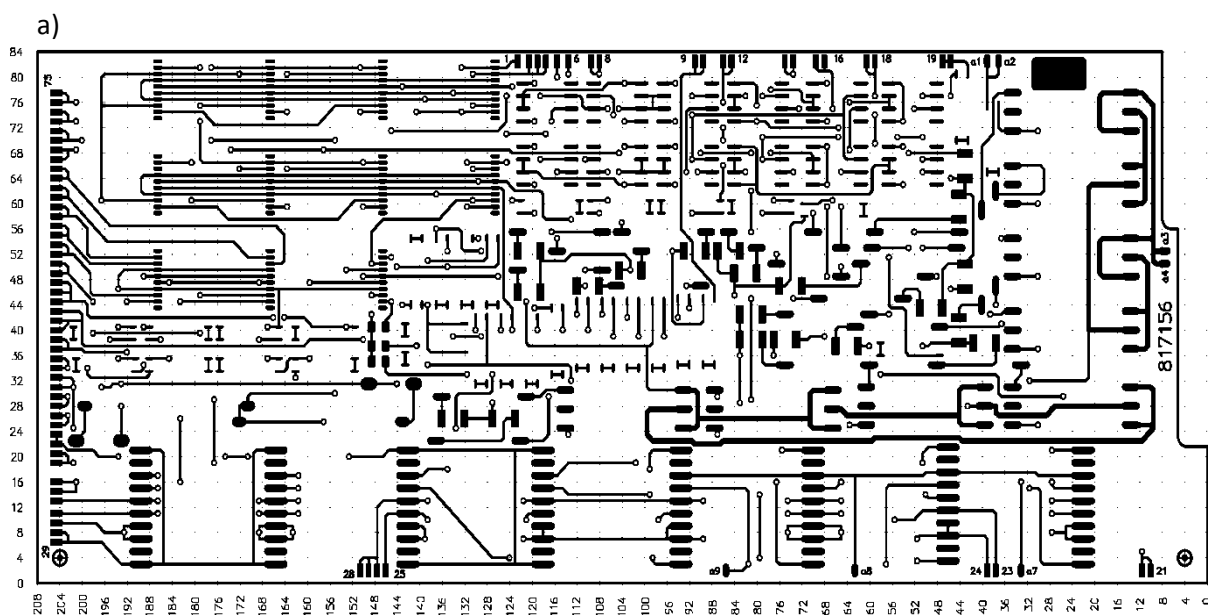
В данном узле печатные платы крепятся на основание методом прессования через склеивающий материал САФ-0,025 ТУ16-88 И79.0007.002 ТУ. Учитывая высокую плотность компоновки элементов на ПП и большую величину токов, протекающих по некоторым цепям, в качестве материала печатных плат используется стеклотекстолит теплостойкий фольгированный. С целью уменьшения массы печатных плат при проектировании УВ используется более легкий материал с меньшей толщиной фольги: Фольгированный материал DE104ML 0,25 В Н035/Н035 ТУ 5970.001.90152558-2013. Рабочая температура данных материалов от -60 до 130 °С.

Печатная плата содержит монтажные отверстия и контактные площадки для монтажа выводных или планарных компонентов. Кроме того в печатных платах имеются переходные отверстия для электрического соединения участков фольги, расположенных на разных слоях платы. С внешних сторон обычно на плату нанесено защитное покрытие и маркировка (вспомогательный рисунок и текст согласно конструкторской документации).

Трассировка выполняется после компоновки и размещения компонентов, однако в процессе разводки положения компонентов могут меняться для оптимизации конструкции.

Трассировка печатных плат - создание трасс для прохождения электрического тока по печатным проводникам. Задачу трассировки можно сформулировать следующим образом: по заданной схеме соединений проложить необходимые проводники на плате, чтобы реализовать заданные электрические соединения с учетом заранее заданных ограничений. Основными являются ограничения на ширину проводников, минимальные расстояния между ними, минимальные расстояния от проводника до крепежного отверстия и другие. Трассировка ПП УВ представлена на рис. 1.

Грамотная трассировка печатной платы узла УВ позволила уменьшить размер платы, энергопотребление, стоимость, увеличить надёжность платы, плотность размещения элементов, способствовала легкому изготовлению и монтажу, электромагнитной совместимости компонентов, целостности сигналов.



б)

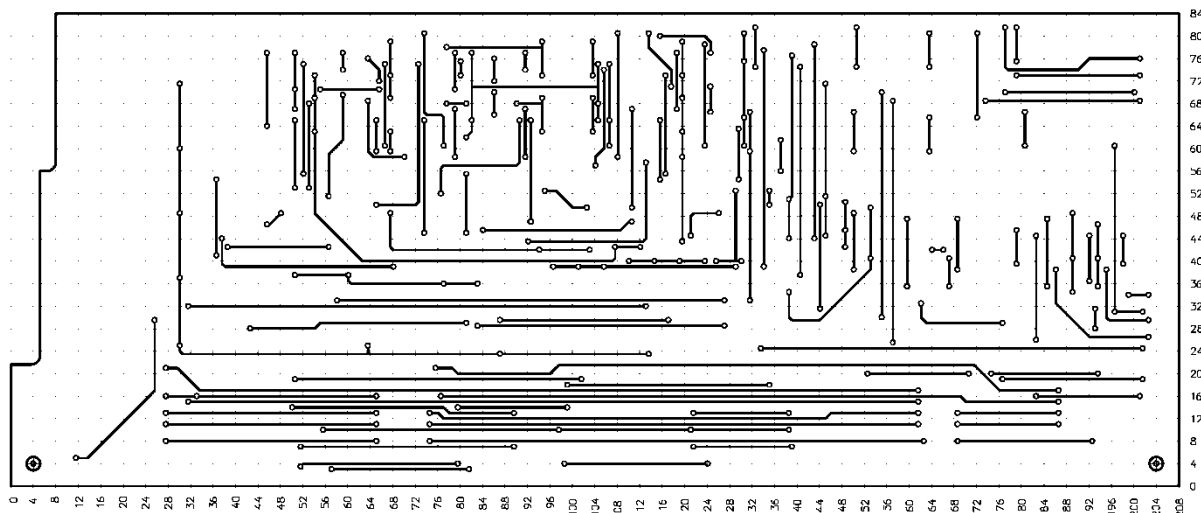


Рисунок 1 – Трассировка ПП УВ  
а) первая сторона ПП; б) вторая сторона ПП

### Список информационных источников

1. Автоматизация проектирования и технология производства печатных плат: учебное пособие / В.А. Овчинников, А.Н. Васильев, В.В. Лебедев. 1-е изд. Тверь: ТГТУ, 2009. – С. 9.

2. Пирогова Е. В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. — 560 с.

3. Ребницкий С.В. Композиционные материалы электротехнического назначения на основе полисилоксанов для ремонта и гидроизоляции керамических высоковольтных изоляторов: Дис., канд. техн. наук: СПб., 2005 – 165 с.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАБОТКИ ЭНЕРГИИ ПАНЕЛЯМИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ НА МАЛОМ КОСМИЧЕСКОМ АППАРАТЕ ТИПА CUBESAT

*Прыгов А.Н.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

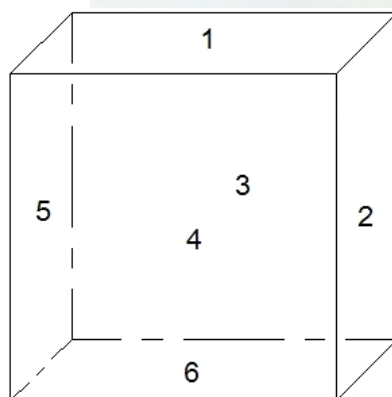
*Научный руководитель: Гормаков А.Н., к.т.н., доцент кафедры  
точного приборостроения*

Основной задачей исследования было, экспериментальное определение эффективности выработки энергии солнечными батареями [1] при различной ориентации корпуса «CubeSat» относительно источника светового излучения.



Для исследования был собран макет спутника (рис.1а). В качестве преобразователей световой энергии были использованы солнечные батареи Solar Panel Cell Solar: 80x85 мм; 6V; 0,8W.

Макет спутника 1 (рис.1а) представляет собой куб с размером ребра 100 мм. Каждая панель солнечных батарей была пронумерована (рис.1б).



а

б

Рис. 1. Макет «CubeSat» с панелями:

а - общий вид экспериментальной установки: 1 - макет спутника, 2 - кронштейн поворотный;

б - схема расположения солнечных панелей на макете спутника: 1 - верхняя грань; 2 - правая боковая; 3 – задняя грань; 4 - передняя грань; 5 - левая боковая; 6 - нижняя грань

Макет спутника был установлен на специальном поворотном кронштейне (рис.1а), который обеспечивает ему две вращательные степени свободы [2]. Во время проведения первого эксперимента ориентация макета относительно источника света изменялась только по зенитному углу, а во время второго эксперимента - одновременно как по зенитному, так и по азимутальному углам.

В качестве источника освещения использовалась обычная люминесцентная лампа и уличный дневной свет. Расстояние от установки до лампы 65 см. Напряжение с каждой солнечной батареи измерялось поочередно с помощью мультиметра (Mastech my61).

Макет поворачивался по зениту и азимуту в пределах от 0 до 90 градусов с шагом 10 градусов. На рисунке 3 представлены графики зависимостей напряжения на выходе каждой из шести солнечных панелей от углового положения относительно источника света, снятие данных проходило при лампе дневного света. Расположение солнечных панелей на макете соответствует расположению на (рис.1а), при этом, расположение источник света расположен перпендикулярно верхней грани макета.

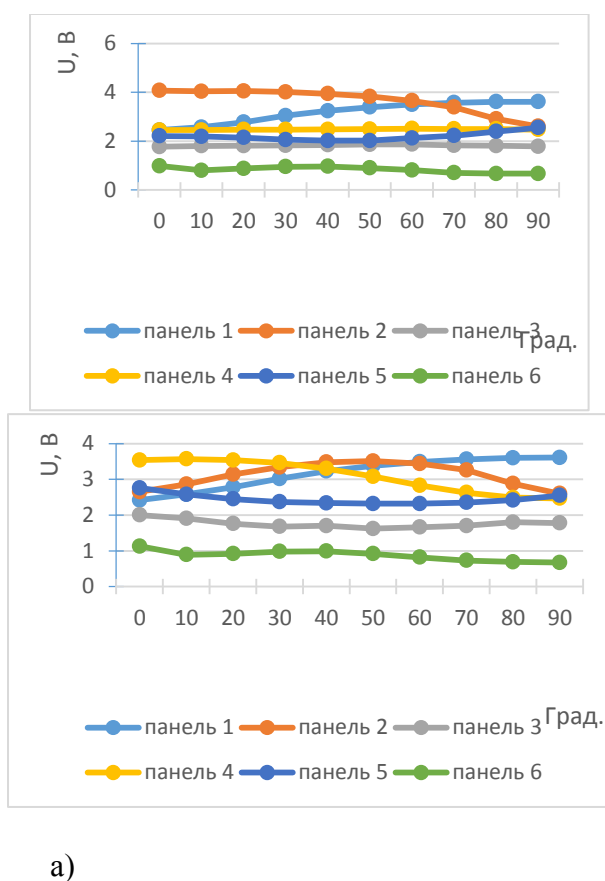
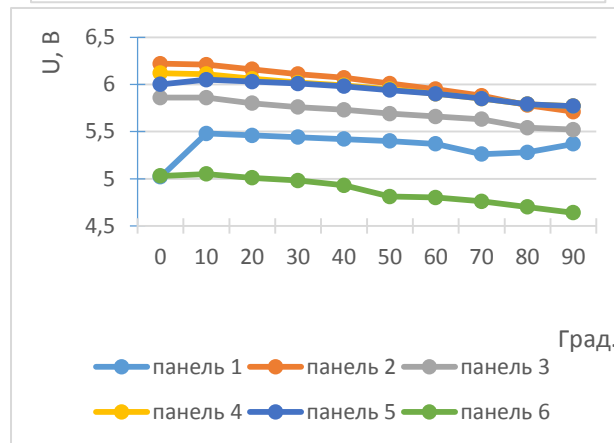
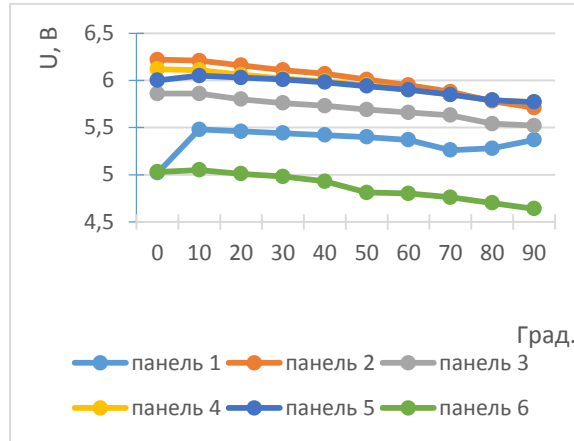


Рис. 3. Графики зависимости напряжения от угла при лампе дневного света:  
а) по зениту; б) по зениту и азимуту одновременно

Затем был произведен эксперимент по снятию напряжения с солнечных батарей, но уже под открытым небом при дневном освещении (рис. 4).



а)

б)

Рис. 4. Графики зависимости напряжения от ориентации панелей макета на Солнце при сплошной облачности: а) по зениту; б) по зениту и азимуту одновременно

Для оценки эффективности выработки энергии всеми панелями солнечных батарей CubeSat произведено суммирование напряжений (рис.5) с каждой панели соответствующего угловых положений, в обоих условиях проведения эксперимента при обычной люминесцентной лампе и при дневном свете соответственно. В эксперименте 3 и 4 были сняты данные при повороте макета по зениту и зениту азимуту соответственно в уличных условиях и их суммарная зависимость от угла показана графически (рис.5 б.)

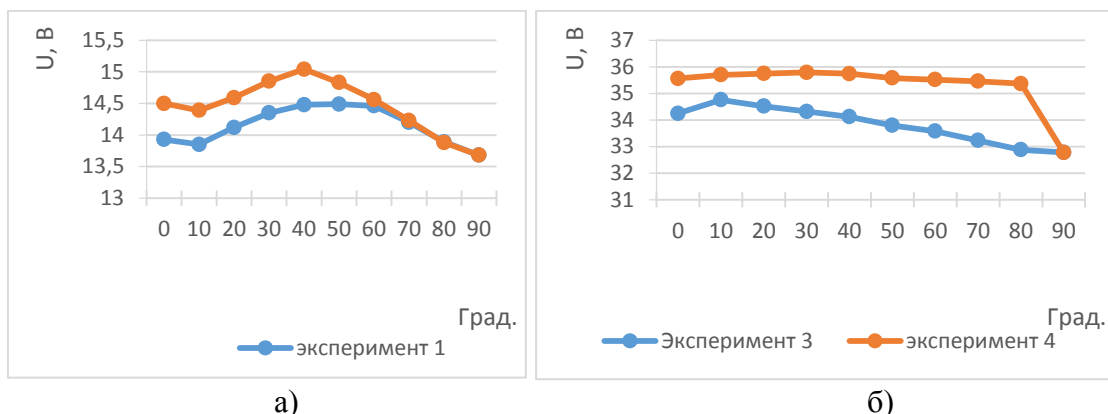


Рис. 5. График зависимости суммарных напряжений от угла:  
 а) источник света - лампа дневного света; б) источник света – Солнце при сплошной облачности

Из экспериментальных данных видно, что при перпендикулярном расположении одной из панелей солнечных батарей макета относительно источника света, эта солнечная батарея выдает наибольшее напряжение. Однако, суммарное напряжение со всех панелей при этом меньше чем, при повороте макета на определённый угол, так как в таком положении другие панели получают больше света.

При изменении только зенитного угла максимальная суммарная выработка энергии (рис.5, а) имеет место при угле 40-45 град. При проведении эксперимента в условиях сплошной облачности, свет рассеянный. При этом явно выраженного экстремума (рис.5, б) не наблюдается.

### Список информационных источников

1. Система энергоснабжения космического аппарата. [электронный ресурс] - Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>, свободный. – Загл. с экрана.

2. Эффективность использования солнечных батарей при различной ориентации малого космического аппарат формата «CUBESAT» Бояхчан А.А. [электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2015/854/12148>, свободный. – Загл. с экрана.

## РАЗРАБОТКА МАГНИТОМЕТРИЧЕСКОГО ИНКЛИНОМЕТРА

Самаганов А.В.

Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Гурин Л.Б., к.т.н., доцент кафедры  
точного приборостроения

Инклинометр – это прибор, с помощью которого измеряется зенитный угол (incline – наклон) и азимут в отдельных точках ствола скважины.

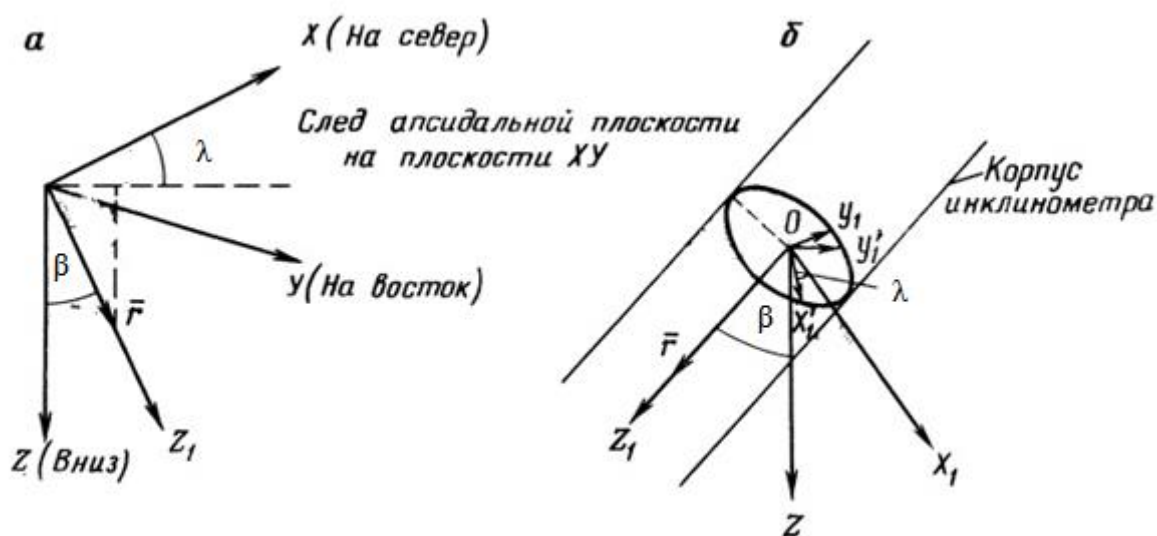


Рис. 1. Системы координат, принятые в инклинометрии:

а - связанная с направлением магнитного меридиана; б - связанная с корпусом инклинометра

Зенитный угол  $\beta$ , - угол между осью  $Z$  и вектором  $r$ . Азимут  $\lambda$  - угол между плоскостью магнитного меридиана в точке замера и апсидальной плоскостью. Плоскость магнитного меридиана - вертикальная плоскость, проходящая через магнитный меридиан, т. е. плоскость  $XZ$ . Другими словами, азимут  $\lambda$  - это угол между осью  $X$  и следом апсидальной плоскости на горизонтальной плоскости  $XU$ , причем угол отсчитывается от положительного направления оси  $X$  по направлению к оси  $U$ . Апсидальной плоскостью называют вертикальную плоскость, проходящую через касательную к оси скважины в точке измерения. Другими словами, это плоскость, положение которой определяется двумя лежащими в ней прямыми: осью  $Z$  и вектором  $r$ .

Для определения зенитного угла используются гравитационные датчики. Их можно разбить на две группы. Первая группа включает

датчики, которые дают информацию о направлении вектора силы тяжести. К ним относятся различные виды физического маятника, поплавковые конструкции, где поплавок со смещенным центром тяжести находится в жидкости или в каком-либо ином подвесе; датчики с твердым шариком на вогнутой поверхности и с воздушным пузырьком под сферической вогнутой поверхностью, заполненной жидкостью; датчики, где используется свойство горизонтальности уровня жидкости. Вторая группа датчиков реагирует на величину ускорения, в частности, ускорения свободного падения, так называемые акселерометры.

Для определения азимутального угла используются датчики магнитного поля или гироскопические датчики. Датчики магнитного поля классифицируются по принципу использования в них того или иного физического явления: магнитомеханические, индукционные, гальваномагнитные, кинетические, квантовые и др. В инклинометрах наиболее распространены магнитомеханические и индукционные преобразователи.

Схема, которая взята за основу это схема где используются три жесткозакрепленных магниточувствительных датчика и три неподвижно закрепленных акселерометра (рис. 2).

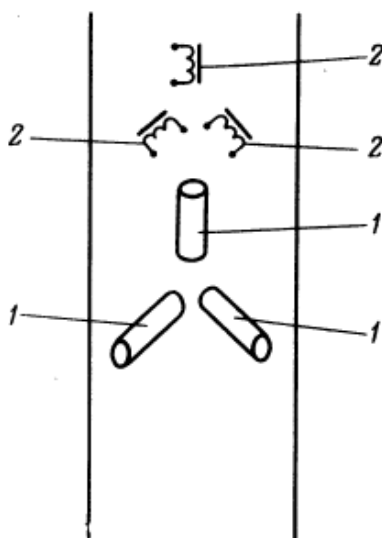


Рис. 2. Кинематическая схема датчика с жесткозакрепленными феррозондами и тремя акселерометрами:

1 - акселерометры; 2 - феррозонды

По известным выходным сигналам трех ортогональных акселерометров, оси чувствительное которых направлены вдоль осей вспомогательной координатной систем  $O X_1 Y_1 Z_1$  связанной с корпусом инклинометра, однозначно можно определить, как зенитный угол, так и угол поворота инклинометра. Достоинством данной схемы в

том, что датчики жестко закреплены, нету зависимости результатов измерения от вибрационных и ударных перегрузок.

В качестве датчиков используются: трехосевой цифровой акселерометр ADXL312 компании Analog Device и трехосевой феррозондовый магнитометр FLC3-70 компании Stefan Mayer Instruments.

### **Список информационных источников**

1. Исаченко В.Х., Инклинометрия скважин, М.: Недра, 1987, 216 с.
2. Зельцман П.А., Конструирование аппаратуры для геофизических исследований скважин, изд-во “Недра”, 1968, стр. 180.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КУБСАТА (ФОРМАТ 3U) ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАГРУЗОК**

*Смолянский В.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Костюченко Т.Г., к.т.н., доцент кафедры  
точного приборостроения*

При проведении исследований по определению работоспособности спутника после воздействия нагрузок конструкция МКА (рисунок 1) была представлена без некоторых позиций (крышек и антенн). Это обусловлено тем, что бы увидеть наглядно анализ всех конструктивных элементов сборки.

При этом нет необходимости определять работоспособность всей сборки, что упрощает расчет и повышает его качество, позволяет применять классические методы расчета.

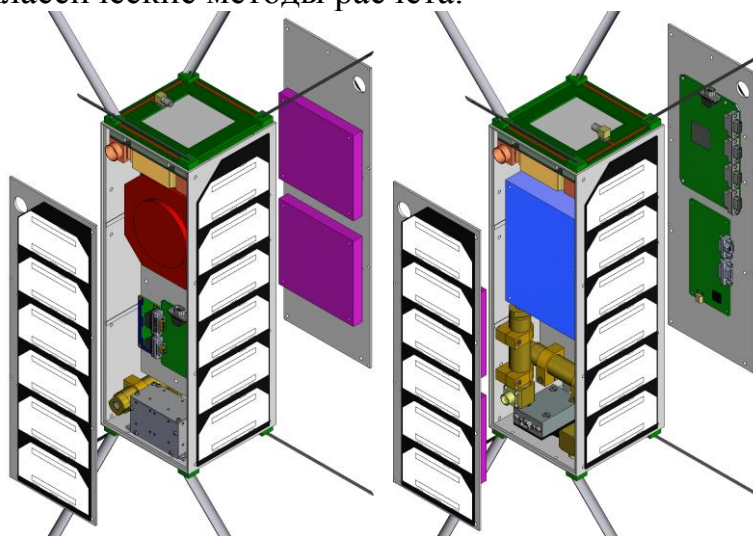


Рисунок 1 – 3D модель первой МКА

Исследования по определению работоспособности МКА при воздействии нагрузок проводилось на 3D моделях, созданных в программном комплексе T-FLEX CAD 3D. Расчеты по частотному анализу, на квазистатическую нагрузку проводились в модуле T-FLEX Анализ, использующем метод конечных элементов [1, 2].

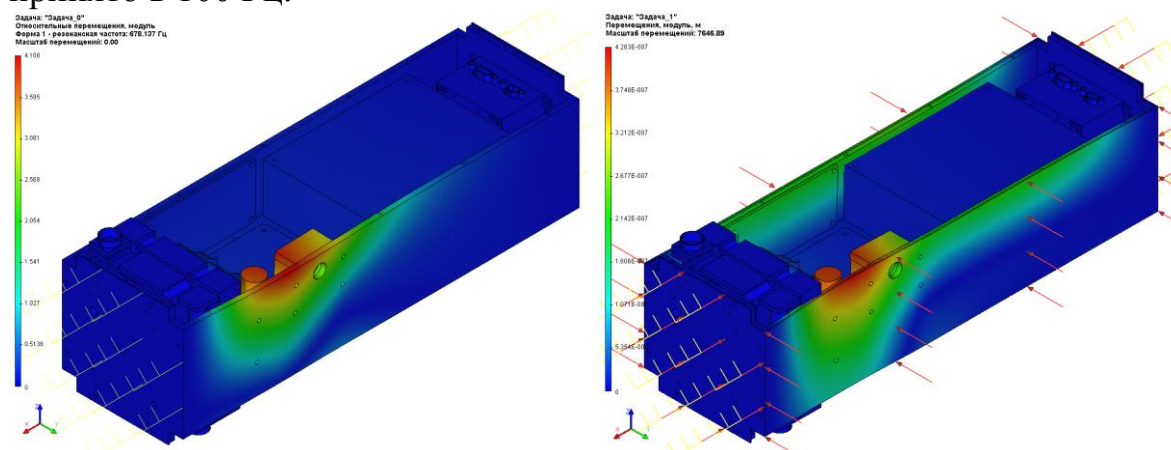
При проведении исследований по определению работоспособности спутника для элементов конструкции применялись материалы, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Материалы элементов МКА и их характеристики

Конструктивный элемент	Материал	Плотность, кг/мм <sup>3</sup>	Предел прочност и на разрыв, Н/мм <sup>2</sup>	Предел прочност и на сжатие, Н/мм <sup>2</sup>	Модуль упругости, Н/мм <sup>2</sup>	Кэффициент Пуассона
Корпусные детали	Алюминиевый сплав	$2,7 \cdot 10^{-6}$	65,9356	65,9356	70000	0,3
Платы и их комплектующие	Пластмасса	$1,7 \cdot 10^{-6}$	530	530	34	0,13
Шлейфы, переходники, кабели	Медный провод	$8,93 \cdot 10^{-6}$	394,38	394,38	110000	0,37

Частотный анализ конструкции проведен с целью исключения возникновения в условиях эксплуатации такого механического явления, как резонанс.

Форма колебаний показывает, какие относительные деформации (перемещения) будет испытывать конструкция в случае возникновения резонанса на соответствующей собственной частоте. Минимальное значение собственной частоты для любого элемента конструкции принято в 100 Гц.





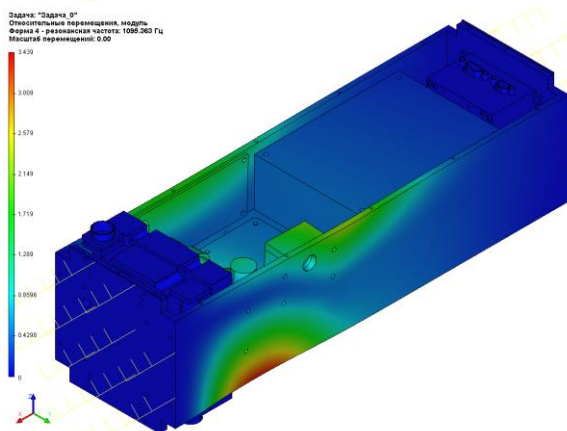
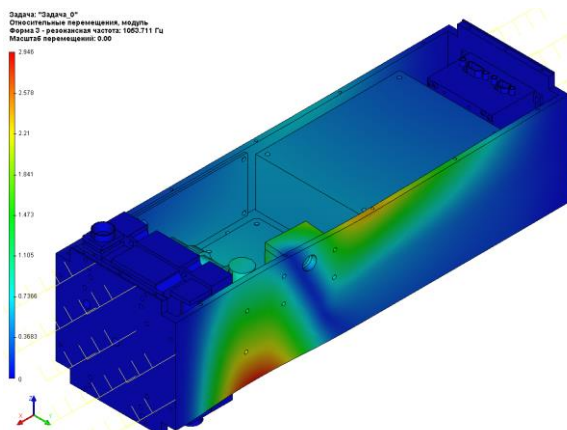
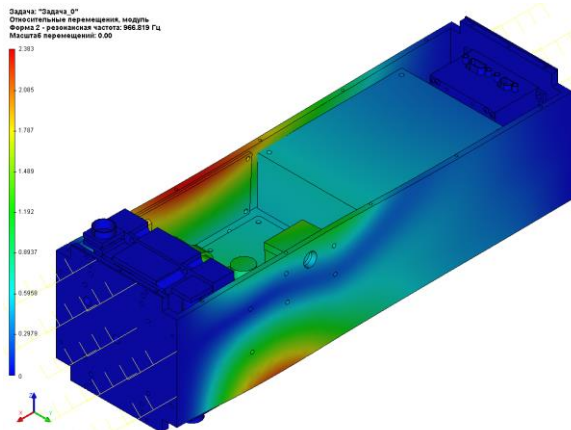


Рисунок 2 – Результаты расчета собственных частот

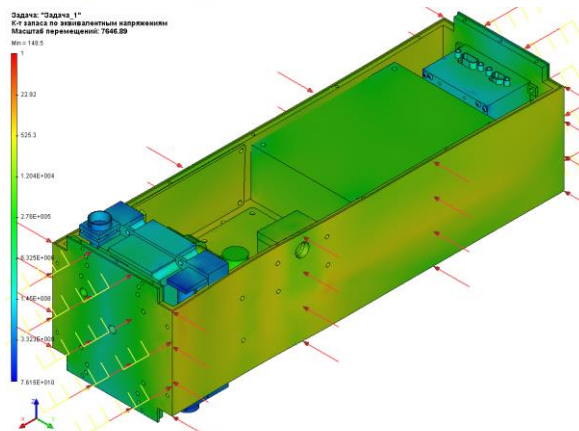
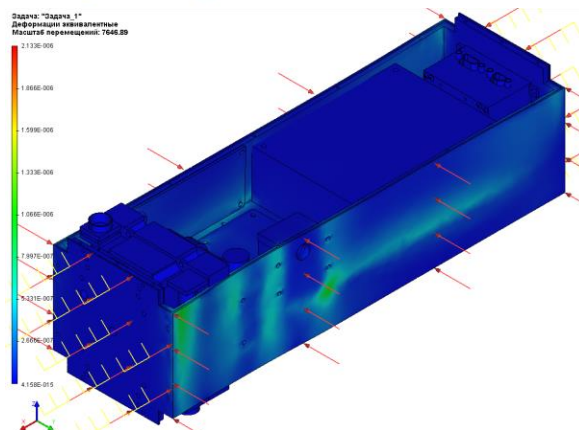
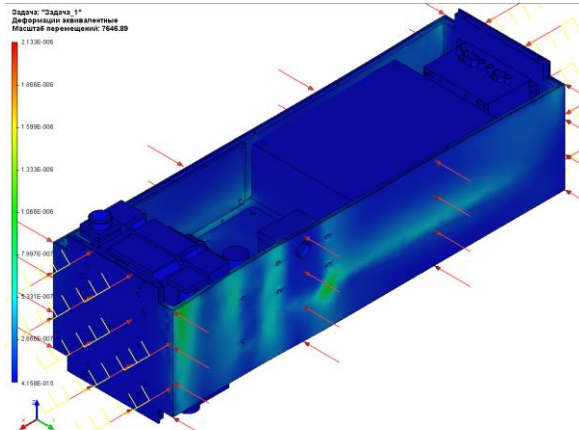


Рисунок 3 – Результаты расчета при квазистатических нагрузках

В таблице 2 приведены результаты частотного анализа после некоторой корректировки конструкторских размеров силовых элементов сборки.

Таблица 2 – Результаты частотного анализа

Форма	Шаг сетки		
	0,2	0,1	0,05
Частота, Гц			
1	678,565	586,616	521,678

2	966,485	805,624	765,689
3	1050,654	951,518	832,885
4	1094,627	973,789	892,516

Квазистатическая нагрузка прикладывалась для вариантов эксплуатации в полете, поскольку величины нагрузок на земле во время транспортировки перекрываются величинами полетных нагрузок.

Нагрузка прикладывалась для четырех вариантов полета: старт; полет 1 ступени; полет 2 ступени; полет 3 ступени (таблица 3).

В расчетах коэффициент безопасности взят максимальным, предусмотренным при наземной эксплуатации прибора, значение – 2,0.

Таблица 3 – Величины полетных перегрузок

Случай эксплуатации	Перегрузка, g	
	Продольная (X)	Поперечная (Y, Z)
Старт	3,6±0,7	±2,5
Полет 1 ступени	8,6±0,5	-0,5±1,0
Полет 2 ступени	7,8±0,5	±0,8
Полет 3 ступени	-0,5±3,4	±0,7

В таблице 4 приведены результаты расчета сборки при статических нагрузках (рисунок 3) для всех случаев. Данные параметры, наиболее полно отражают характер изменения конструкции при заданных квазистатических нагрузках.

Таблица 4 – Результаты квазистатического анализа

	Перемещения узлов сетки, модуль, м	Деформации эквивалентные	Напряжения эквивалентные, Н/м <sup>2</sup>	Коэф-т запаса по эквивалентным напряжениям
Случай эксплуатации – Старт				
Сетка 0,2	2,423·10 <sup>-6</sup> - 2,237·10 <sup>-5</sup>	1,588·10 <sup>-10</sup> -7,962·10 <sup>-5</sup>	8,978 - 3564	3,734·10 <sup>6</sup> - 7782
Сетка 0,1	2,823·10 <sup>-6</sup> - 2,405·10 <sup>-5</sup>	1,631·10 <sup>-10</sup> -7,532·10 <sup>-5</sup>	7,975 - 4032	3,865·10 <sup>6</sup> - 6565
Сетка 0,05	2,976·10 <sup>-6</sup> - 2,481·10 <sup>-5</sup>	7,187·10 <sup>-11</sup> -8,526·10 <sup>-5</sup>	4,953 - 4890	4,185·10 <sup>6</sup> - 5562
Случай эксплуатации – Полет 1 ступени				
Сетка 0,2	4,258·10 <sup>-6</sup> - 3,606·10 <sup>-5</sup>	4,020·10 <sup>-10</sup> -15,380·10 <sup>-5</sup>	24,390 - 6016	1,048·10 <sup>6</sup> - 4251
Сетка 0,1	4,702·10 <sup>-6</sup> - 3,962·10 <sup>-5</sup>	4,144·10 <sup>-10</sup> -15,650·10 <sup>-5</sup>	25,390 - 6109	1,007·10 <sup>6</sup> - 4186
Сетка 0,05	4,905·10 <sup>-6</sup> - 4,124·10 <sup>-5</sup>	3,990·10 <sup>-10</sup> -17,640·10 <sup>-5</sup>	16,080 - 6799	1,591·10 <sup>6</sup> - 3761
Случай эксплуатации – Полет 2 ступени				
Сетка 0,2	3,971·10 <sup>-6</sup> - 3,377·10 <sup>-5</sup>	2,794·10 <sup>-10</sup> -13,850·10 <sup>-5</sup>	20,57 - 5488	1,133·10 <sup>6</sup> - 4660
Сетка 0,1	4,377·10 <sup>-6</sup> - 3,701·10 <sup>-5</sup>	2,763·10 <sup>-10</sup> -12,100·10 <sup>-5</sup>	21,32 - 5573	1,146·10 <sup>6</sup> - 4589
Сетка 0,05	4,562·10 <sup>-6</sup> - 3,849·10 <sup>-5</sup>	1,702·10 <sup>-10</sup> -15,91·10 <sup>-5</sup>	14,75 - 6201	1,860·10 <sup>6</sup> - 4124
Случай эксплуатации – Полет 3 ступени				
Сетка 0,2	2,218·10 <sup>-6</sup> - 5,741·10 <sup>-6</sup>	7,838·10 <sup>-11</sup> -5,491·10 <sup>-5</sup>	6,139 - 2247	3,583·10 <sup>6</sup> - 11380
Сетка 0,1	2,384·10 <sup>-6</sup> - 2,107·10 <sup>-5</sup>	4,265·10 <sup>-11</sup> -5,587·10 <sup>-5</sup>	4,252 - 2280	6,014·10 <sup>6</sup> - 11220
Сетка 0,05	2,459·10 <sup>-6</sup> - 2,168·10 <sup>-5</sup>	3,875·10 <sup>-11</sup> -6,347·10 <sup>-5</sup>	3,323 - 2633	1,101·10 <sup>7</sup> - 10060

## Список информационных источников

1. Костюченко Т.Г. САПР в приборостроении: учебное пособие. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010.-207 с.

2. T-FLEX анализ. Пособие по работе с системой. – Москва, 2011.

### **РАЗРАБОТКА МАГНИТНОГО СИГНАЛИЗАТОРА ДЛЯ ДАТЧИКА ПРОХОЖДЕНИЯ СРЕДСТВ ОЧИСТКИ И ДИАГНОСТИКИ ПО МАГИСТРАЛЬНЫМ ТРУБОПРОВОДАМ**

*Тараканец Е.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Лапшин Б.М., к.т.н., заведующий  
лабораторией №62*

По магистральным нефтегазопроводам пропускают различного рода технологические внутретрубные объекты (ВТО): скребки, поршни, разделители, кайманы и средства внутретрубной диагностики. Перемещение этих объектов по трубопроводам необходимо контролировать для исключения негативных последствий, которые могут возникнуть в случае потери местонахождения ВТО. С этой целью вдоль трубопровода на всём его протяжении устанавливаются датчики-сигнализаторы, которые при прохождении ВТО отправляют сигнал в систему линейной телемеханики. До недавнего времени в качестве таких датчиков в основном использовались и используются сигнализаторы двух видов: механические типа СКР, СР, СРУ и акустические типа ДПС-5В, ДПС-7В, СПРА-4. Оба вида этих сигнализаторов имеют ряд недостатков. Основным недостатком механических сигнализаторов является необходимость врезки в стенку трубы рычажной системы. Главный недостаток акустических сигнализаторов обусловлен необходимостью постоянного акустического контакта между датчиком и стенкой трубы, качество которого необходимо контролировать в процессе эксплуатации сигнализатора, поскольку нарушение контакта снижает достоверность контроля и ведет к пропуску ВТО. Указанных выше недостатков лишены магнитные сигнализаторы. Поскольку сам датчик можно устанавливать на трубопровод без врезки и нарушения целостности противокоррозионной изоляции.

Принцип работы магнитных сигнализаторов основан на регистрации локальных изменений магнитного поля Земли вблизи датчика, расположенного над трубой, в момент прохождения по трубе ВТО, имеющего в своём конструктиве чёрный металл. При этом толщина стенок трубы слабо влияет на чувствительность магнитного датчика. На рисунке 1 показана схема работы прибора СПРМ-1, основанного на магнитном сигнализаторе прохождения ВТО, разработанная в ООО «Фотон».

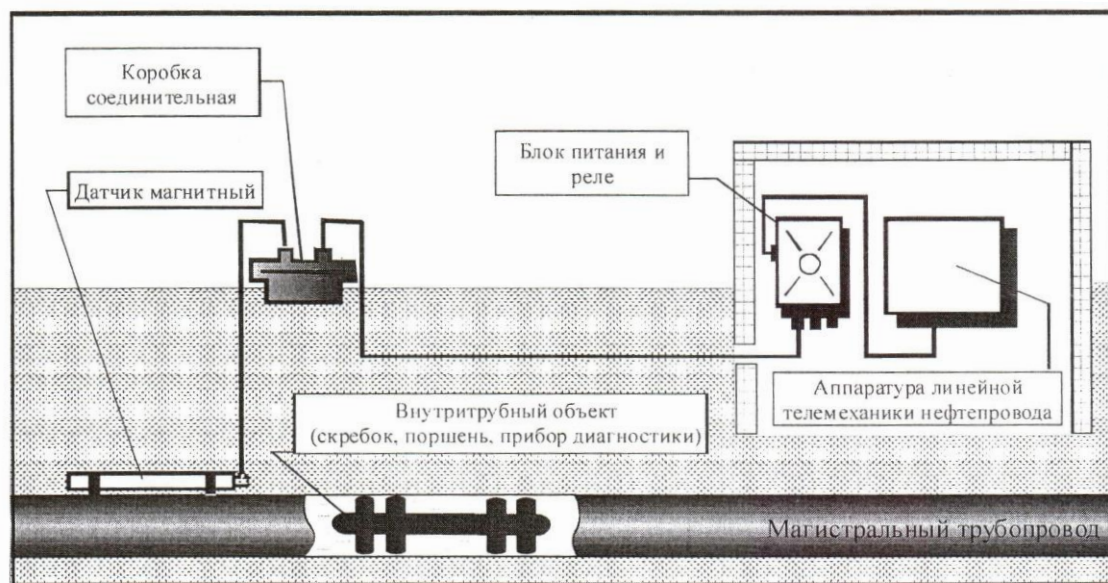


Рисунок 1. Схема работы прибора, основанного на магнитном сигнализаторе прохождения ВТО

В качестве магнитного сигнализатора в этом приборе используется катушка индуктивности, реагирующая на изменение магнитного поля Земли при прохождении по трубе объектов, содержащих чёрные металлы.

Основными преимуществами такой конструкции датчика является отсутствие подводимого питания и хорошая чувствительность. В настоящее время в приборе с качестве сигнализатора используется катушка с длиной обмотки 82 мм. В процессе эксплуатации прибора возникла необходимость спроектировать катушку с меньшей длиной обмотки.

В ходе был проведен анализ существующей конструкции катушки и возможности ее уменьшения. Были рассчитаны требуемые параметры и разработана конструкция новой катушки.

## Список информационных источников

1. Б.М. Лапшин, А.Л. Овчинников, В.Ф. Булгаков, ООО «Фонон»
2. Фрумкин Г.Д. Расчёт и конструирование радиоаппаратуры: Учебник для радиотехнич. спец. техникумов. – 5е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1989. – 463 с.: ил.
3. Волгов, В.А. Детали и узлы радиоэлектронной аппаратуры / В.А. Волгов. – М.: Энергия, 1977. – С. 329.

## ОДНОКОМПОНЕНТНЫЙ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ГИРОСКОП С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ

*Шашев Д.В.*

*Акционерное общество «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов», г. Томск*

Амплитуда первичных колебаний в микромеханических гироскопах обычно на несколько порядков больше амплитуды информативных колебаний. Для устранения нежелательных связей между этими режимами необходимо их изолировать друг от друга. Желательно, чтобы перемещение сенсорных электродов происходило только при информативных колебаниях вдоль одной оси. Для этого применяются промежуточные тела [1, 2, 3]. Функциональная схема однокомпонентного микрогироскопа представлена на рис. 1.

Первичное и информативное движение тел сенсора происходит в одной плоскости (рис. 1).

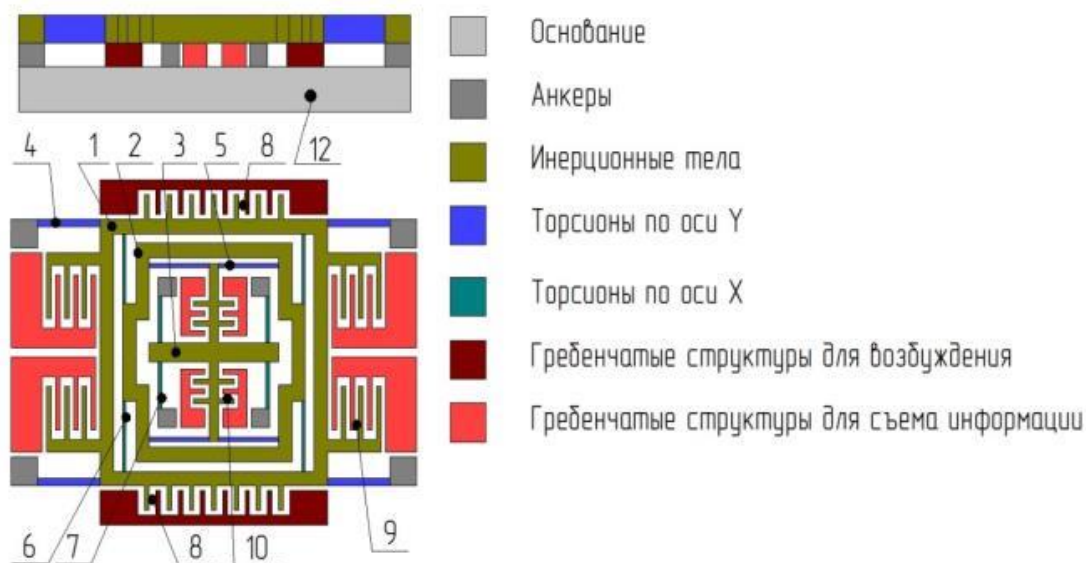


Рисунок 1 – Функциональная схема однокомпонентного Z-сенсора

Гребенчатый привод 8 возбуждает первичные колебания рамы 1, установленной на упругом подвесе 4, вдоль оси Y. Внутри этой рамы на упругом подвесе 6 установлено промежуточное тело 2, которое связано с инерционным телом 3 через упругие элементы 5.

Жёсткости упругих элементов таковы, что промежуточное тело совершает первичные колебания вместе с рамой 1. Возникающая при наличии скорости  $\Omega_z$  сила Кориолиса через промежуточное тело 2 приводит в колебательное движение вдоль оси X инерционное тело 3, установленное в основании 12 на упругом подвесе 7.

Сенсорные электроды 10 связаны с инерционным телом 3, которое совершает информативное движение вдоль оси X, но не участвует в первичном движении. Это минимизирует нежелательное изменение ёмкости сенсорных электродов из-за первичного движения.

Эквивалентная схема сенсора гироскопа, как системы с сосредоточенными массами, представлена на рис.2. Где  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  – масса рамы 1, промежуточного тела 2 и инерционного тела 3, соответственно.  $k_1$  – жёсткость упругого подвеса 4 по оси Y;  $k_{2x}$ ,  $k_{2y}$  – жёсткость упругого подвеса 6 по осям X и Y;  $k_{3x}$ ,  $k_{3y}$  – жёсткость упругого подвеса 5 по осям X и Y;  $k_{4x}$ ,  $k_{4y}$  – жёсткость упругого подвеса 7 по осям X и Y;  $\mu_x$ ,  $\mu_y$  – коэффициенты сил вязкого трения.

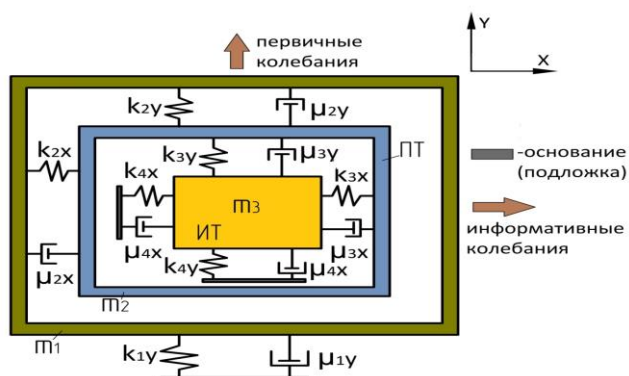


Рисунок 2 – Эквивалентная схема однокомпонентного Z-сенсора с промежуточным телом

При проектировании сенсора необходимо обеспечить выполнение соотношений между жесткостями по осям X и Y

$$k_{2x} \ll k_{2y}, \quad k_{3y} \ll k_{3x}, \quad k_{4x} \ll k_{4y}. \quad (1)$$

В этом случае математическая модель сенсора имеет вид

$$\begin{aligned} m_y \ddot{y} + \mu_y \dot{y} + k_y y &= F_{эл} + m_y a_y, \\ m_x \ddot{x} + \mu_x \dot{x} + k_x x &= 2m_2 \dot{y} \Omega_z - k_{xy} y + m_x a_x, \end{aligned} \quad (2)$$

где введены обозначения:  $m_y = m_1 + m_2$ ;  $m_x = m_2 + m_3$ ;  $\mu_y = \mu_{1y} + \mu_{3y}$ ;  $\mu_x = \mu_{4x} + \mu_{2x}$ ;  $k_y$ ,  $k_x$  – суммарные жёсткости упругих подвесов по осям X

и  $Y$ ;  $k_{xy}$  – перекрёстная жёсткость;  $F_{эл} = f_m \sin qt$  – гармоническая сила вибропривода, возбуждающая первичные колебания по закону

$$y(t) = y_m \sin(qt + \varphi_0).$$

Амплитуда и фаза первичных колебаний определяется выражениями

$$y_m = \frac{f_m}{m_y \sqrt{(\omega_y^2 - q^2)^2 + \frac{\omega_y^2 q^2}{Q_y^2}}}, \varphi_0 = \arctg \frac{\omega_y q}{Q_y(\omega_y^2 - q^2)} \quad (3)$$

Информативные колебания инерционного тела вдоль измерительной оси имеют вид

$$x(t) = \frac{m_2 2 \Omega_z y_m \omega_y}{m_x \cdot \sqrt{(\omega_x^2 - \omega_y^2)^2 + \frac{\omega_y^2 \omega_x^2}{Q_x^2}}} \cos(\omega_y t + \varepsilon_1), \quad (4)$$

где  $\omega_x$ ,  $Q_x$  – собственная частота и добротность информативного канала;  $\varepsilon_1$  – сдиг фаз первичных и информативных колебаний.

Механический масштабный коэффициент сенсора

$$k_m = \frac{m_2 2 \Omega_z y_m \omega_y}{m_x \cdot \sqrt{(\omega_x^2 - \omega_y^2)^2 + \frac{\omega_y^2 \omega_x^2}{Q_x^2}}}, \text{ при резонансе } k_m = \frac{2 m_2 y_m Q_x}{m_x \omega_x}. \quad (5)$$

Перемещение инерционного тела преобразуется в изменение ёмкости  $C_x$ , зависящее от величины измеряемой скорости  $\Omega_z$ . При наличии ускорения и конечной перекрёстной жёсткости между каналами первичные и вторичные колебания определяются выражениями

$$y(t) = \frac{f_m}{m_y \sqrt{(\omega_y^2 - q^2)^2 + \frac{\omega_y^2 q^2}{Q_y^2}}} \sin(qt + \varphi_0) + \frac{a_{ym}}{\sqrt{(\omega_y^2 - \omega^2)^2 + \frac{\omega_y^2 \omega^2}{Q_y^2}}} \sin(\omega t + \varphi),$$

$$\begin{aligned}
x(t) = & \frac{m_2 2\Omega_z y_m \omega_y}{m_x \sqrt{(\omega_x^2 - \omega_y^2)^2 + \frac{\omega_y^2 \omega_x^2}{Q_x^2}}} \cos(\omega_y t + \varepsilon_1) \\
& + \frac{a_{xm}}{\sqrt{(\omega_x^2 - \omega^2)^2 + \frac{\omega_x^2 \omega^2}{Q_x^2}}} \sin(\omega t + \varepsilon_2) - \\
& - \frac{k_{xy} y_m}{m_x \sqrt{(\omega_x^2 - \omega_y^2)^2 + \frac{\omega_y^2 \omega_x^2}{Q_x^2}}} \sin(\omega_y t + \varepsilon_1),
\end{aligned}$$

Таким образом, применение промежуточного тела в микрогироскопе позволяет устранить влияние первичных колебаний на перемещение сенсорных электродов, что повышает точность микрогироскопа.

*Работа выполнена в Томском политехническом университете при финансовой поддержке Минобрнауки России, ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы», Соглашение № 14.575.21.0068, уникальный идентификатор соглашения RFMEFI57514X0068.*

### Список информационных источников

1. Acar C., Shkel A.M. Inherently Robust Micromachined Gyroscopes with 2-DOF Sense-Mode Oscillator./ journal of microelectromechanical systems, vol. 15, №. 2, april 2006. p. 280-287.
2. Riaza K., Bazazc S.A., Saleemb M.M., Shakoord R.I. Design, damping estimation and experimental characterization of decoupled 3-DoF robust MEMS gyroscope / Sensors and Actuators A: Physical 172 (2011), p.523-532.
3. Wang W., Lv X., Sun F. Design of Micromachined Vibratory Gyroscope with Two Degree-of-Freedom Drive-Mode and Sense-Mode. / IEEE Sensors journal, vol. 12, №. 7, July 2012.



## Секция 4: Сварка и родственные технологии

## УСТАНОВКА ДЛЯ ГАЗОАБРАЗИВНОГО ИЗНАШИВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Азаркин А.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Дегтерёв А.С., ассистент кафедры  
оборудования и технологии сварочного производства*

До 50 % случаев выхода из строя деталей машин и механизмов связаны с газоабразивным износом. Газоабразивный износ – это механическое воздействие твёрдых частиц, перемещаемых потоком газа, на материал детали, в результате чего происходит разрушение металла за счет срезания, выкрашивания, выбивания и многократного пластического деформирования его поверхностных микрообъемов. Такому виду износа подвержены детали трасс пневмотранспорта, лопатки пылевых вентиляторов и насосов, клапаны, корпуса и чаши загрузочных устройств доменных печей, сопла реактивных двигателей, работающих на твердом топливе и др. [4].

Для восстановления и упрочнения перечисленных деталей широко применяют технологии наплавки износостойкими композиционными сплавами. Научные исследования в этой области направлены на разработку новых композиционных наплавочных материалов и отработку технологии их нанесения.

Эффективность научных разработок оценивают по результатам производственных или лабораторных испытаний. Последние получили широкое распространение, так как позволяют:

- минимизировать время испытаний, изменить (уменьшить) размеры и геометрию образцов, а значит сократить финансовые затраты.
- в широких пределах варьировать параметры изнашивания вплоть до достижения ими критических значений.
- контролировать процесс испытаний во времени,
- обеспечивать высокую точность получаемых экспериментальных данных;

В настоящее время распространение получили два вида установок для проведения испытаний по газоабразивному изнашиванию в лабораторных условиях. Первый тип основан на пневматическом разгоне частиц, что представляет собой струю газоабразивного потока, создаваемой компрессором. Недостатком такой конструкции заключается в том, что на этом оборудовании можно испытывать

материалы на износ только в условиях статического положения одного образца по отношению к абразивному потоку[1].

Второй тип регламентирован ГОСТ 23.201-78[3] «Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытания материалов и покрытий на газоабразивное изнашивание с помощью центробежного ускорителя». Различия между первым типом и вторым заключается в том, что она позволяет проводить испытание одновременно 16 образцов под различными углами атаки абразивного потока, помимо этого простота конструкции, относительно низкие шумовые работы установки, и низкая цена изготовления. Остальные функции такого оборудования не имеют различий, и при проведении экспериментов возможно[2]:

- варьировать скорость потока абразивных частиц;
- варьировать фракционный состав абразивных частиц крупность (максимально до 3 мм);
- варьировать расстояние вылета абразивных частиц до поверхности образца;
- применять образцы различной толщины;
- производить изнашивание образцов при различных углах атаки.

Целью данной работы является разработка установки по ГОСТ 23.201-78 для дальнейшего проведения испытаний и исследования газоабразивного изнашивания композиционных покрытий.

Изучив ГОСТ 23.201-78 и другую литературу, была разработана установка для газоабразивного изнашивания, а также принято множество уникальных конструктивных решений. Чертеж установки изображен на рисунке 1. 3D модель изображена на рисунке 2.

Установка для газоабразивного износа состоит из следующих элементов: плиты (1); пластины с ребрами жесткости (2), на которую крепится электродвигатель; защиты электродвигателя (4); электродвигателя (3); пластины (5), на которую устанавливается кожух; кожуха (6); составного ротора (8), с четырьмя прямоугольными проточками; вал (7), на который крепится ротор, соединяясь с электродвигателем; крышки кожуха (10); приспособления (9) для крепления образцов; стойки (11) для крепления бункера; приспособления (12) для подачи абразивного порошка; бункер с абразивным порошком (13) и образец (14) для проведения испытания.

Принцип действия машины:

Перед началом испытания образцы взвешиваются на аналитических весах, после чего их закрепляют в приспособлении (9) под требуемыми углами (15°, 30°, 60° 90°). Это приспособление имеет 4 степени свободы относительно кожуха (6). После этого

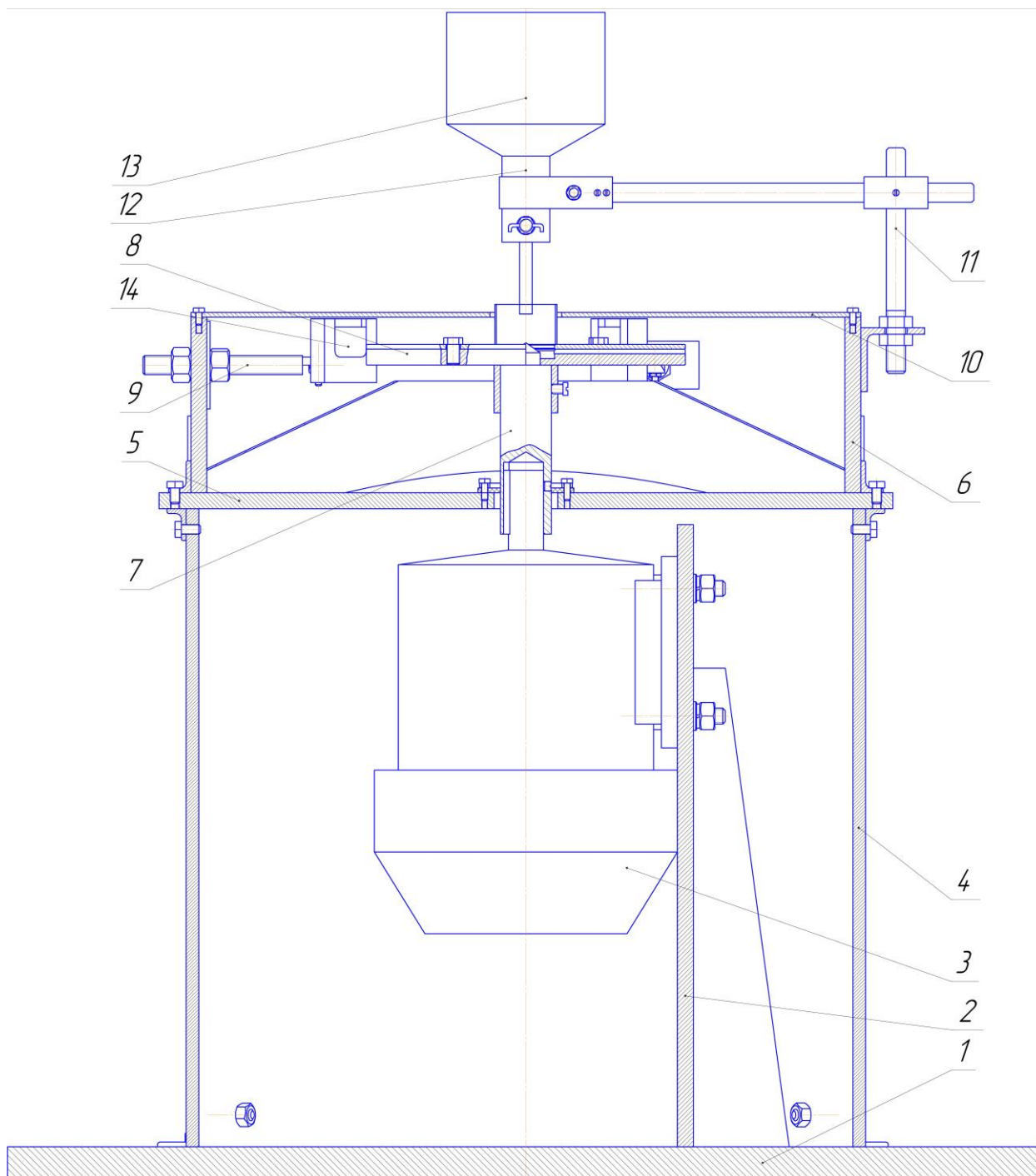


Рисунок 1 – Чертёж установки для газоабразивного износа

устанавливается крышка (10). Следующим шагом является запуск электро двигателя, что приводит в движение ротор. Разгоняясь он начинает вращаться с частотой 3000 об/мин, что обеспечивает скорость потока абразивного порошка порядка 38 м/с. Регулируя заслонку в приспособлении (12), для подачи абразивного порошка из бункера (13), настраивается скорость подачи абразивного порошка в полость ротора

(8). Абразивный порошок, попадая в полость ротора, под действием центробежных сил начинает вылетать через прямоугольные проточки ротора и соударяться с поверхностью образцов, тем самым изнашивая образцы с наплавленным покрытием. После завершения процесса газоабразивного изнашивания, образцы извлекаются из приспособления (9) и взвешиваются на аналитических весах, после чего определяются потери массы образцов, для определения износа. Так же оценить величину износа возможно с помощью профилографа.

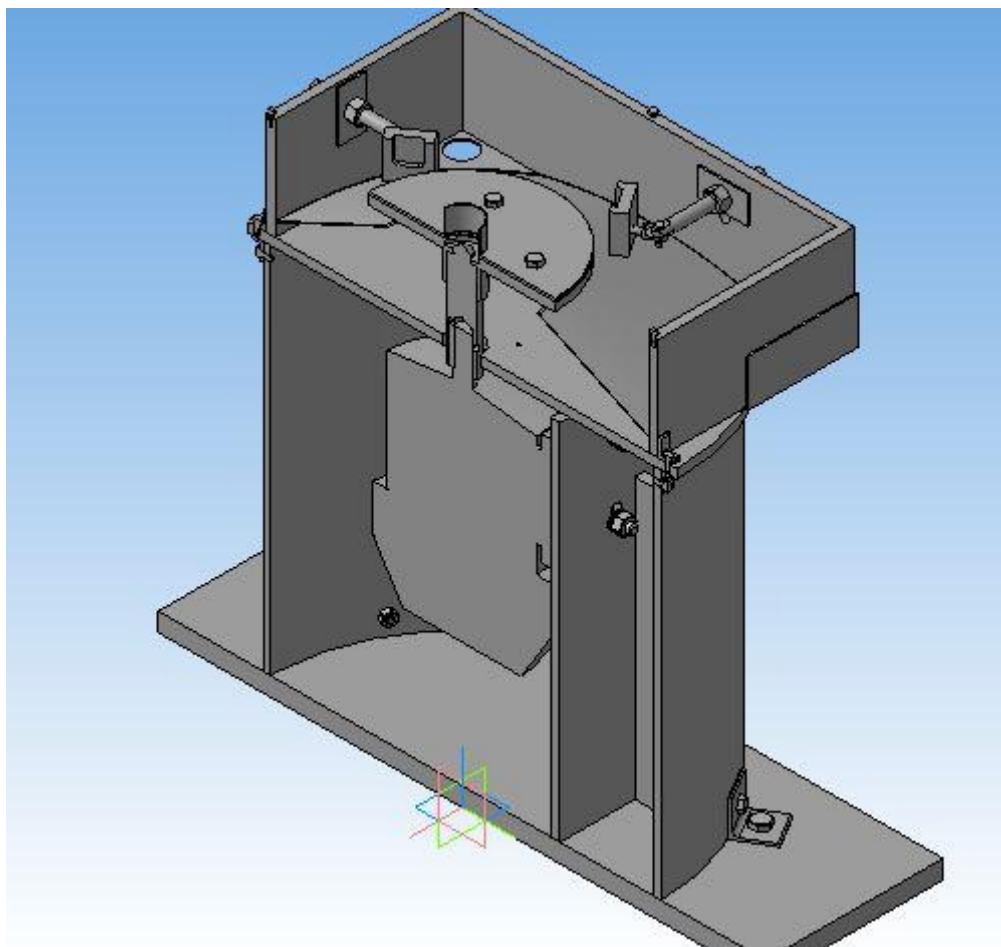


Рисунок 2 – 3D модель установки для газоабразивного износа

В ходе проделанной работы была спроектирована, изготовлена и отлажена установка для газоабразивного изнашивания композиционных покрытий по ГОСТ 23.201-78.

#### **Список информационных источников**

1.Куксенова Л. И., Лаптева В. Г., Колмаков А. Г., Рыбакова Л. М. Методы испытания на трение и износ. – ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ, 2001. – 152с.

2.Середа Е. А., Копченков В. Г. // Лабораторная установка для исследования газоабразивного изнашивания. 2006. № 10. С. 53-56.

3. ГОСТ 23.201-78. Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытания материалов и покрытий на газоабразивное изнашивание с помощью центробежного ускорителя. – Москва: Национальные стандарты, 2006. – 10 с.

4. Nutchings I. M. Abrasive wear and manufacturing processes. Metal. Ital. – 2002 (94), № 2, 17 – 21.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СВАРИВАЕМОСТИ ПЕНОМАТЕРИАЛОВ**

*Безгинов Р.О.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Крехтулева Р.А., к. ф. – м.н., доцент  
кафедры оборудования и технологии сварочного производства*

Современная металлургическая промышленность в различных странах мира с каждым годом наращивает производство пеноалюминия, пеносталей и других пеноматериалов на основе металлов. Намечается стремительный рост номенклатуры изделий из пеносплавов. Это связано с совершенно уникальными свойствами получаемых пеноматериалов: повышенными шумозащитным, теплозащитными и ударозащитными характеристиками, а также их легкостью. Плотность пеносплавов может быть в 2 - 10 раз ниже, чем у исходных монолитных материалов основы. Линейные размеры пор могут варьироваться от долей микрона до нескольких миллиметров. Внутренняя структура материала основы зависит от общей пористости и технологии изготовления пеноматериала. Перспектива применения сверхлегких пеноматериалов обещает быть весьма привлекательной в таких отраслях промышленности, как строительство, самолетостроение, наземный и водный транспорт, станкостроение и других.

На сегодняшний день существенным фактором, который препятствует широкому применению металлических пеноматериалов, является проблема их соединения в одно целое. Традиционные технологии сварки плавлением для соединения пористых элементов малопригодны. Как показывает опыт, существуют определенные трудности при выборе рациональных режимов для получения

качественных сварных соединений сваркой плавлением [1,2]. В связи с этим требуются более подробные исследования.

В данной работе применен метод электронного проектирования технологии сварки плавлением, Рассмотрена аргодуговая сварка неплавящимся электродом. Способы ее проектирования описаны в работах [3,4]. Использована математическая модель нагрева структурно неоднородного материала движущимся электродуговым источником [3]. Она имеет следующий вид:

уравнение теплопроводности

$$\rho(T) \cdot C_p(T) \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \cdot \left( \lambda(T) \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \cdot \left( \lambda(T) \cdot \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \cdot \left( \lambda(T) \cdot \frac{\partial T}{\partial z} \right); \quad (1)$$

уравнение фазовых превращений:

$$L_k \cdot V_k = \lambda_s \frac{\partial T}{\partial n_{+0}} - \lambda_l \frac{\partial T}{\partial n_{-0}}; \quad (2)$$

распределение плотности потока энергии по поверхности материала в зоне действия источника:

$$q(r) = \frac{I \cdot U \cdot \eta}{\pi \cdot e^{(-k \cdot r^2)}}; \quad (3)$$

начальные и граничные условия:

$$T(x, y, z, 0) = T_0; \quad (4)$$

$$\lambda_1(T) \frac{\partial T_1}{\partial n} = \lambda_2(T) \frac{\partial T_2}{\partial n}, \quad x, y, z \in S_{12}; \quad (5)$$

$$\lambda_1(T) \frac{\partial T_1}{\partial n} = \lambda_3(T) \frac{\partial T_3}{\partial n}, \quad x, y, z \in S_{R-r}; \quad (6)$$

$$\lambda_1(T) \frac{\partial T}{\partial n} = q \quad x, y, z \in S_r; \quad (7)$$

$$\lambda_1(T) \frac{\partial T_1}{\partial n} = \lambda_4(T) \frac{\partial T_4}{\partial n}, \quad x, y, z \in \Gamma_1; \quad (8)$$

$$\lambda_2(T) \frac{\partial T_2}{\partial n} = \lambda_4(T) \frac{\partial T_4}{\partial n}, \quad x, y, z \in \Gamma_2. \quad (9)$$

В уравнениях (1) – (9) приняты следующие обозначения:  $\rho(T)$  – плотность;  $C_p(T)$  – теплоемкость;  $T$  – температура;  $t$  – время;  $x, y, z$  – пространственные координаты;  $\lambda(T)$  – зависимость коэффициента теплопроводности от температуры;  $L_k$  – теплота фазового перехода (в том числе, плавление, испарение, кристаллизация);  $V_k$  – скорость фронта фазового перехода;  $n$  – вектор нормали к границе раздела фаз (индексы внизу  $\pm$  указывают на разные стороны от границы раздела);  $\lambda_s, \lambda_l$  – коэффициенты теплопроводности материала в состоянии

фазового перехода (например, в твердой и жидкой фазах соответственно);  $q$  – поглощенное количество тепла в поверхностном объеме;  $r$  – радиус теплового пятна от источника нагрева;  $\eta, k, I$ , и  $U$  – параметры, управляющие мощностью источника нагрева;  $S_{12}$  – площадь контакта нагреваемого образца с включением;  $S_{R-r}$  – площадь контакта образца с защитным газом;  $S_r$  – площадь контакта с источником нагрева (площадь теплового пятна);  $\Gamma_1$  – свободная поверхность нагреваемого образца;  $\Gamma_2$  – свободная поверхность включения. В обозначениях физических параметров индекс «1» относится к материалу основы нагреваемого образца, «2» – материалу включения, «3» – защитному газу, «4» – газовой среде. Все теплофизические параметры модели вводятся с той степенью нелинейности, которая определяется экспериментом, без каких-либо упрощений.

Источник нагрева движется по поверхности прямолинейно. Система уравнений (1) - (9) решается численно конечно-разностным методом.

В расчетах макроструктуру пенистого (пористого) материала задавали послойно, как по стохастическому распределению, так и упорядоченно. Размер пор и их распределение по толщине слоя не изменяли. Линейные размеры пор составляли от 0,4 до 2,5 мм, Нижнее ограничение обусловлено тем, что сварочный источник нагрева практически не реагирует на одиночные поры размером 0,2x0,2x0,2 мм и меньше [4]. Увеличение количества мелких пор изменяет теплофизические свойства материала в целом, но не локально. Верхнее ограничение размера пор обусловлено технологией получения пеноматериалов.

В работе применяли три типа проектирования CAD/CAE/CAM (Computer Aided Design/ Computer Aided Engineering/ Computer Aided Manufacturing). На Рис.1 представлены примеры системы CAD проектирования пеноматериалов с различным распределением пор.

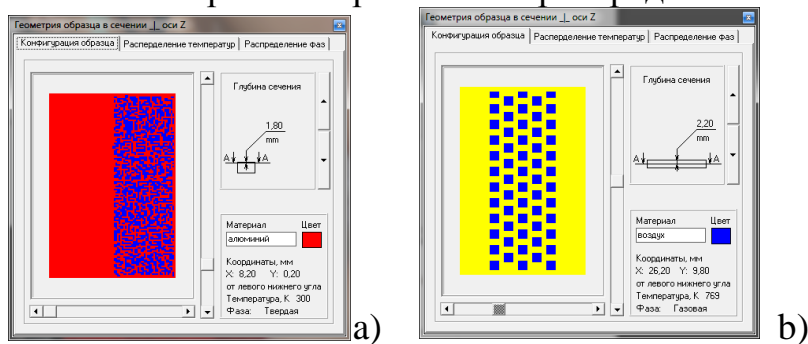




Рис. 1. Примеры конструирования пеноматериала путем послойного стохастического (а) и упорядоченного (б) заполнения порами.

По изложенной схеме были сконструированы пеноматериалы с различной формой пор и различной пористостью. Проводили расчеты формирования сварных соединений в пеноматериалах на основе стали Ст3 и технически чистого алюминия. Рассматривали поры, заполненные воздухом или вакуумом. В соответствии с рекомендациями [4] исследовали только закрытоячеистые пеноматериалы (пористая поверхность которых закрыта тонким слоем сплошного металла).

На рис. 2 представлены фрагменты поростали, на основе которой проводили CAD/CAE/CAM – проектирование и экспериментальные исследования формирования сварного шва при аргодуговой сварке неплавящимся электродом.



Рис. 2. Фрагмент поростали "с)" с программной моделью "а)" и кривые изменения температуры "b)" по длине и по глубине образца через 0,4 мм сверху вниз.

На рис.3а представлены результаты CAD/CAE/CAM - проектирования сварного соединения пеноалюминия со сплошной пластиной из алюминиевого сплава Д16 и экспериментальный образец (3, b), выполненный в соответствии с расчетами..

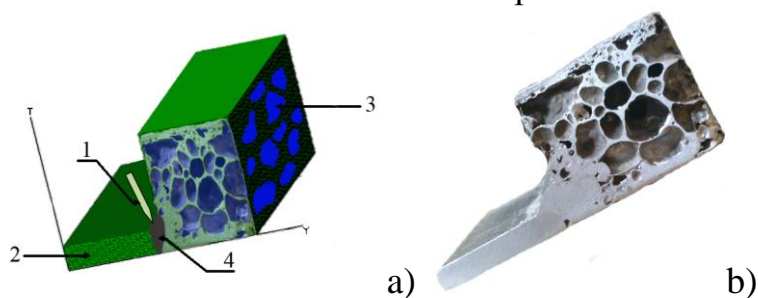


Рис.3. Схема компьютерного эксперимента (а) и физический аналог (b): 1- положение источника нагрева, 2- пластина сплошного алюминия, 3 – пеноалюминий, 4 – сварной шов

В заключение отметим, что при моделировании сварки пеноалюминия стохастическое распределение пор внутри образца неизвестно, поэтому его задавали произвольно, но таким образом, чтобы вес (общая пористость) модельного и реального образцов совпадали.

По результатам компьютерных экспериментов проведены реальные физические эксперименты, позволившие подтвердить достоверность численных моделей и обосновать технологические режимы, при которых можно обеспечить свариваемость пеноматериалов в широком интервале изменения пористости.

### **Список информационных источников**

1. Shih J.-S., Tzeng Y.-F., Yang J.-B. Principal component analysis for multiple quality characteristics optimization of metal inert gas welding aluminum foam plate/Materials and Design 32 (2011) 1253–1261

2. Smith B.N., Szymszewska S., Hajjar J.F., Schafer B.W., Arwade S.R. Steel foam for structure: A review of applications, manufacturing and material properties/Journal of Constructional Steel Research 71 (2012) 1-10.

3. Кректулева Р.А. Компьютерное моделирование и анализ теплофизических процессов при сварке неплавящимся электродом с использованием теплофизических покрытий // Сварка и Диагностика. – 2011. – №4. – С.45-50.

4. Кректулева Р.А., Мишин М.А. Анализ свариваемости пеноалюминия по результатам компьютерных экспериментов.//Сварка и диагностика. –2012. – №3. – С.38-41.

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ**

*Буряков С.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Киселев А. С., к.т.н., доцент кафедры  
оборудования и технологии сварочного производства*

Один из способов повышения технико-эксплуатационных показателей и ремонтпригодности промышленного оборудования является разделение его на функциональные блоки. В частности, этот принцип широко используется при разработке оборудования для дуговой и контактной сварки. Как правило функциональные блоки

выполнены в виде отдельных печатных плат, что значительно снижает затраты при изготовлении и ремонте.

Недостатком такого подхода является необходимость разработки блоков источника питания и его корпуса каждый раз, когда необходимо изменить способ сварки или величину номинального сварочного тока. Особенно трудозатратна разработка нестандартного оборудования для контактной сварки, т.к. величина сварочного тока составляет 5 кА и более, что предъявляет особые требования к элементной базе и компоновки блоков источника питания.

С целью расширения технологических возможностей оборудования для контактной сварки, сотрудниками кафедры оборудования и технологии сварочного производства института неразрушающего контроля Томского политехнического университета, был предложен оригинальный способ формирования импульса сварочного тока [1], который основан на использовании множества независимых модулей стабилизаторов тока.

Однако в настоящее время готовых технических решений для реализации предложенного способа не существует. В связи с этим возникает необходимость разработки, оригинальной конструкции источников питания, на основе которой возможно создание оборудования для контактной сварки с номинальным током 5...24 кА. Первоначальный анализ конструктивных особенностей стационарного промышленного оборудования показал, что наиболее часто в качестве основы их корпуса используется стандартная 19 дюймовая стойка. При этом целесообразно использовать продукцию фирмы Shroff, т.к. она доступна в широком ассортименте и хорошо задокументирована (чертежи, 3D-модели) [ссылка на сайт шроф].

На основе опытных конструкторских работ, было установлено, что потенциально все электронные компоненты источника питания с номинальным током 24 кА возможно разместить в объеме стандартной 19 дюймовой стойки высотой 42U. При этом согласно требованиям ГОСТ 28601.2–90 максимальные габаритные размеры одного блока не должны превышать 500x450 мм, а высота кратна 44 мм.

Микропроцессорная система управления источника питания оснащена 8-ми разрядным микроконтроллером фирмы «Atmel», поэтому для удобства управления модулями стабилизаторов тока необходимо что бы их количество в одном блоке было кратно 8-ми (8, 16, 24 и т.д.). Согласно требованиям технического задания, дискретность изменения величины сварочного тока не должна превышать 1 % от номинального значения сварочного тока (5...24 кА) в следствии чего выходной ток одного универсального модуля был выбран равным 50 А.

С целью размещения всех блоков источника питания с номинальным током 24 кА в одной стойке высотой 42U, необходимо что бы, один блок включал в себя 16 модулей стабилизаторов тока, а их количество составляло 30 шт. Для выполнения этого условия, габаритные размеры одного модуля стабилизатора тока не должны превышать 400×33×27 мм. Внешний вид разработанного модуля приведен на рис. 1.

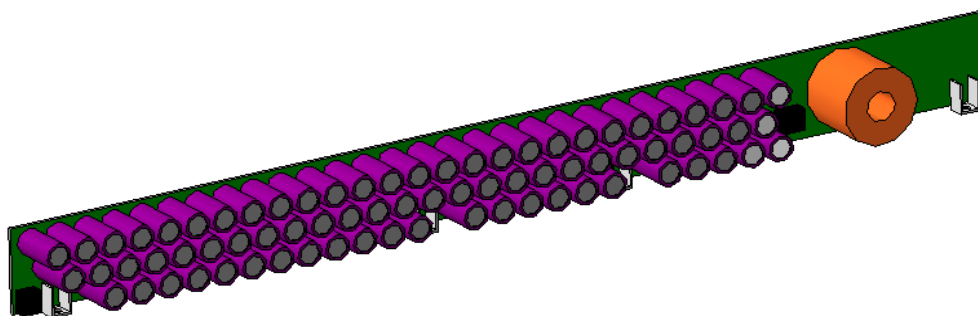


Рисунок 1 –Модуль стабилизатора тока

Модули стабилизаторов тока в блоке установлены на базовую печатную плату, которая в свою очередь, закреплена при помощи диэлектрического крепежа к корпусу блока. Вентиляторы принудительного охлаждения установлены на боковых гранях корпуса блока. Для повышения эффективности охлаждения, холодный воздух поступает с правой стороны модулей и обдувает его электронные компоненты, а нагретый воздух выбрасывается с противоположной стороны. Для удобства монтажа и обслуживания блоков, все силовые разъемы выполнены на основе винтовых терминалов. Внешний вид с установленными модулями стабилизаторов тока приведен на рисунке (Рис. 2).

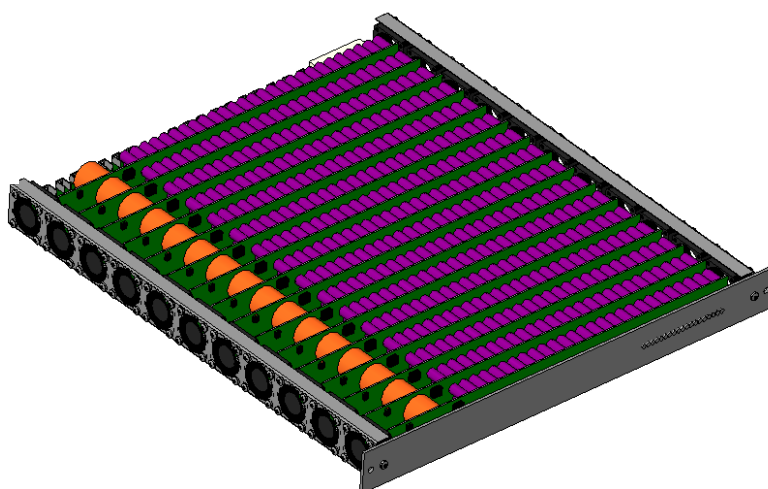


Рисунок 2 – Блок стабилизаторов тока

Внешний вид источника питания с номинальным током 24 кА приведен на рис. 3. В его состав входят: 30 блоков стабилизаторов тока, блок зарядных устройств, управляющий компьютер с сенсорным дисплеем.

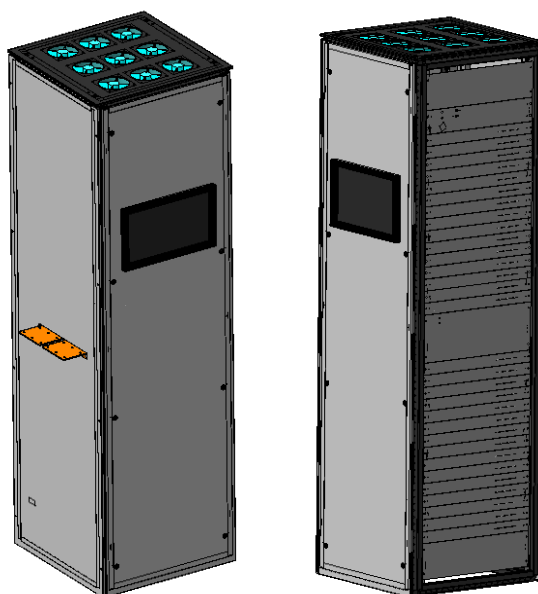


Рисунок 3 – Внешний вид источника питания с номинальным током 24 кА

В настоящее время источник питания с номинальным током 24 кА работает в составе установки контактной стыковой сварки. Результаты его эксплуатации свидетельствуют о правильности выбранных технических решений, что подтверждается его продолжительной надежной работой и качеством конечных изделий.

## Список информационных источников

1. СПОСОБ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ И ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ: пат. 2236333 Рос. Федерация: МПК7 В23К11/24/ Киселев А.С. и др.; заявитель и патентообладатель Томский политехнический университет, ОАО "Новосибирский завод химконцентратов"– № 2003103870/02; заявл. 10.02.2003; опубл. 20.09.2004, Бюл. № 23 (II ч.). – 5 с.

2. PENTAIREQUIPMENT AND ELECTRONICS PROTECTION [Электронный ресурс]: офиц. сайт. Москва, 2002. URL: <http://www.pentairprotect.ru/> (дата обращения: 12.05.2015).

## УПРАВЛЕНИЕ УГЛОМ НАКЛОНА СВАРОЧНОЙ ГОЛОВКИ ПРИ СВАРКЕ НЕПОВОРОТНЫХ СТЫКОВ ТРУБОПРОВОДОВ

*Габерлинг И.П., Михеев А.С., Лисицын А.А., Князьков А.Ф.  
Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Князьков А.Ф., к.т.н., доцент кафедры  
оборудования и технологии сварочного производства*

Анализ научно-технической литературы по автоматизации сварки неповоротных стыков магистральных трубопроводов показывает, что для решения этой проблемы необходим специализированный робот, оснащенный средствами геометрической и технологической адаптацией.

Геометрическая адаптация определяет угол наклона сварочной головки в плоскости стыка, чтобы направить силовое давление дуги в противофазе с результирующей силой отрывающей сварочную ванну от трубы.

Роботизация процессов сварки неповоротных стыков трубопровода имеет свои особенности, одна из которых постоянно меняющееся пространственное положение сварочной ванны от нижнего до потолочного.

Так как сварочный стык имеет кольцевую форму в вертикальной плоскости неподвижной трубы (рис.1), то не требуется манипулятор изделия, а манипулятор инструмента имеет три степени свободы (координаты) – переносное движение сварочной головки вокруг горизонтально расположенной трубы по гибкой ленте, установленной

на изолирующих стойках параллельно линии стыка, переносное движение сварочной головки в перпендикулярной плоскости относительно линии стыка, для сварки всех проходов сварочного стыка и ориентирующее движение – вращение сварочной головки вокруг оси перпендикулярной линии стыка и параллельной к образующей трубы, для изменения угла наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны для сварки углом назад или вперед, причем мнимый центр вращения проходит через сварочную ванну.

Сущность геометрической адаптации заключается главным образом в следующем. В основу конструкций той части робота, которая отвечает за пространственное ориентирование рабочего органа – сварочной горелки, положена возможность изменения угла  $\beta$  наклона сварочной головки относительно нормали, как показано на рисунке 1. Это угол определяет направления сил, вызванных давлением дуги, оказывающих воздействия на формирование сварочной ванны. На формирование сварочной ванны оказывают воздействия и множество других факторов. Таким образом, целью геометрической адаптации является осуществления соответствия угла наклона сварочной головки прочим условиям формирования сварочного шва.

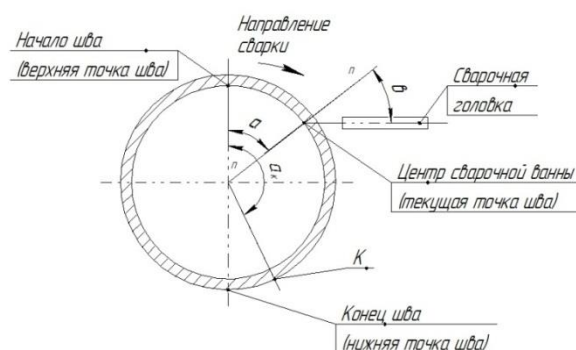


Рисунок 1 - Расположение сварного шва на трубе.

Система геометрической адаптации (СГА) должна в каждый момент времени обеспечивать равенство угла наклона сварочной головки некоторому требуемому значению.

Требуемое значение угла наклона сварочной головки определяется в соответствии с эмпирическим законом, установленным с учетом целого ряда факторов. Данный закон представляет собой оптимальную зависимость угла наклона сварочной головки от пространственного положения сварочной ванны. Пространственное положение сварочной ванны определяется углом  $\alpha$  между линией действия силы тяжести и линией  $n - n$ , соединяющий центр окружности сварного шва с центром сварочной ванны (рис.1). Закон изменения угла наклона сварочной головки в виде ломаной 1 представлен на рисунке 2.

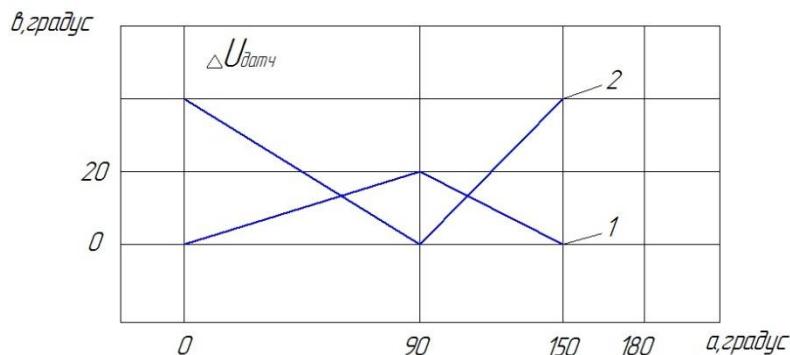


Рисунок 2 - Требуемый закон изменения угла наклона сварочной головки (ломаная 1) и фактический закон изменения напряжения на выходе функционального датчика пространственного положения сварочной ванны (ломаная 2) в зависимости от углового пространственного положения сварочной ванны (в соответствии с рис. 2).

Для реализации закона изменения угла наклона сварочной головки, представленного на рисунке 3 ломаная 1, была предложена система геометрической адаптации, работающая в соответствии с функционально схемой, представленной на рисунке 3.

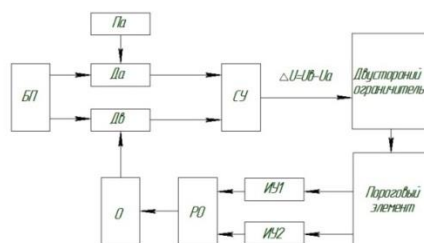


Рисунок 3 - Функциональная схема СГА.

В Функциональной схеме (рис. 3) Па – приводное устройство перемещения сварочной головки вдоль линии стыка; Да – функциональный датчик пространственного положения сварочной ванны; Дв – датчик угла наклона сварочной головки; СУ – сравнивающее устройство; ИУ1 и ИУ2 – исполнительные устройства; РО – регулирующий орган; О – объект (сварочная головки).

Функциональная схема СГА, как видно из рис.3, содержит обратную связь. Физическая сущность этой обратной связи заключается в следующем. Функциональный датчик пространственного положения (Да) на выходе имеет величину напряжения, изменяющуюся в функции пространственного положения сварочной ванны. На схеме (рис.3) эта величина напряжения показана как  $U_{\alpha}=f(\alpha)$ , она отображает требуемое значение угла наклона сварочной головки. Фактическое значение угла наклона сварочной головки фиксируется датчиком Дв в виде напряжения  $U_{\beta}$ . Разница напряжений  $U_{\beta}$  и  $U_{\alpha}$ , снимаемых с соответствующих датчиков является величиной,



задающей управляющее воздействие на объект. Регулирующий орган, представляющий собой двигатель привода изменения угла наклона сварочной головки, работает по релейному принципу. Изменение угла наклона сварочной головки происходит в обоих направлениях, следовательно, требуется реверсирование рабочего органа. Это реверсирование, в соответствии со схемой (рис.3), осуществляется исполнительными устройствами ИУ1 и ИУ2.

Таким образом, ключевую роль в возможности представленного управления углом наклона сварочной головки, играет функциональный датчик угла наклона сварочной головки Да, поскольку именно он генерирует напряжение, отображающее значение угла наклона сварочной головки.

Предлагаемый вариант СГА осуществляет управление углом наклона сварочной головки в соответствии с требуемым законом на базе функционального датчика пространственного положения сварочной ванны.

### **Список информационных источников**

1. Пат. 2167753 РФ. МПК<sup>7</sup> G01C 9/12. Автомат для дуговой сварки неповоротных стыков трубопроводов / А.Ф. Князьков, С.А. Князьков, Д.В. Пилипенко. Бюл. №15, опубл. 27.05.2001 г.

2. Пат. 2241207 РФ. МПК<sup>7</sup> G01C 9/12. Функциональный датчик пространственного положения сварочной ванны / А.Ф. Князьков, С.А. Князьков, С.В. Неклюдов, Ю.Н. Дементьев. Бюл. №33 от 27.11.2004 г.

## **ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ПРОЦЕССА СВАРКИ ВОЗДУХОСБОРНИКА**

*Горелов И.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Киселев А.С., к.т.н., доцент кафедры  
оборудования и технологии сварочного производства*

### **Введение**

В настоящее время в нефтегазовой отрасли России эксплуатируется большое число нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) для хранения, транспортировки и переработки различных нефтепродуктов, а также пожаро- и взрывоопасных жидкостей. НПЗ относится к опасным объектам. Одной из составных частей НПЗ

является воздухоборник (ресивер) для буферного запаса воздуха или азота [1].

Параметры вертикальных проточных воздухоборников с эллиптическими днищами варьируется в диапазоне от 0,1...80 м<sup>3</sup>. Основное назначение воздухоборника сглаживание пульсаций поступающего от компрессора сжатого воздуха, а также охлаждения и сбора конденсата. Воздухоборник выравнивает давление сжатого воздуха, таким образом, устраняя сильную пульсацию. Возрастающие нагрузки на эксплуатирующее оборудование, требует расширение и обновление парка.

**Цель работы** – повысить технологичность процесса сварки воздухоборника и оценить эффективность предложенных мер, с точки зрения производительности труда и себестоимости сварочных операций.

### **Технологичность процессов сварки**

Воздушный ресивер представляет собой сварную металлическую конструкцию в виде цилиндрической обечайки, двух эллиптических днищ и опор (рис. 1). На обечайке и днищах ресивера предусмотрены резьбовые штуцеры для установки предохранительного клапана и манометра, раздаточного вентиля, пробки для слива конденсата, а также смотровое окошко, для проведения осмотра состояния внутренних стенок воздухоборника.

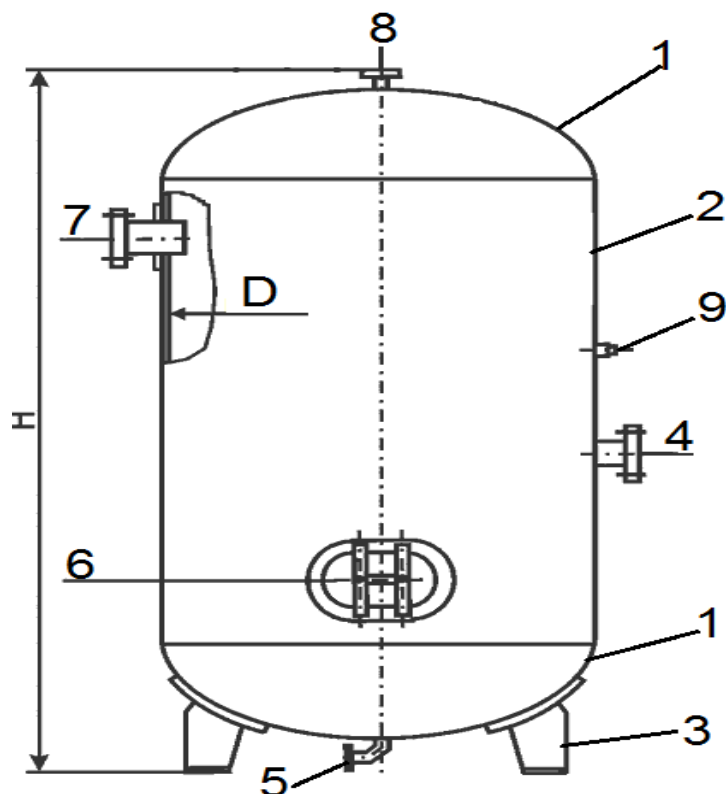


Рисунок 1 – Составные части воздухоборника:

1 – эллиптическое днище; 2 - цилиндрическая обечайка; 3 – опора; 4 – штуцер для входа воздуха; 5 – пробка для слива конденсата; 6 – смотровой люк; 7 – штуцер для выхода воздуха; 8 – резервный штуцер; 9 – штуцер для манометра давления.

С целью достижения поставленной цели по изготовлению массивной части воздухоборника, предложено использовать автоматическую сварку под слоем флюса взамен ручной дуговой сварки покрытыми электродами. Предложенный метод, характеризуется более высокой производительностью труда и низкой себестоимостью сварочных операций. При этом обеспечивается применение больших токов, более концентрированным и полным использованием теплоты в закрытой зоне дуги, экономия электродного металла при значительном снижении потерь на угар, разбрызгивание металла и огарки. Кроме того, было предложено повысить технологичность процесса изготовления мелких частей воздухоборника (штуцер, смотровой люк), заменяя ручную дуговую сварку покрытыми электродами на механизированную сварку в среде защитных газов. Данный метод значительно увеличил производительность труда, качество сварных соединений

### Список информационных источников

1. ПБ 03-576-03 "Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением".

2. ПБ 03-584-03 "Правила проектирования, изготовления и приемки сосудов и аппаратов стальных сварных".

3. ОСТ 26-291-94 "Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия".

## **ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ НИКЕЛИРОВАНИЕ И ЦИНКОВАНИЕ СТАЛИ**

*Гудим Н.А.*

*Юргинский технологический институт Томского  
политехнического университета, г. Юрга*

*Научный руководитель: Деменкова Л.Г., старший преподаватель  
кафедры естественнонаучного образования*

Электрохимическое осаждение металлов, будучи основой гальванотехники, нашло применение в большинстве отраслей народного хозяйства благодаря чрезвычайно широким возможностям использования легко видоизменяемых методов осаждения. В последние годы гальванотехника получает новый виток развития не только в технике, но и для изготовления уникальных сувениров, превратившись в доходный бизнес. Суть технологии заключается в нанесении слоя металла на предмет гальваническим методом, что обеспечивает равномерность покрытия на всей поверхности. Раньше покрывать слоем металла можно было только металлы, теперь, благодаря новейшим достижениям науки, подобные покрытия возможны практически для любых материалов.

К сожалению, научные основы большинства методов электрохимического осаждения разработаны еще недостаточно. Имеется множество эмпирических описаний процессов. Разработка научных основ в гальванотехнике стала возможной только в последние годы в связи со значительным прогрессом в областях электрокристаллизации, физики твердого тела и массопереноса в жидкостях. Несмотря на большое число исследований, ещё нет оснований говорить о создании достаточных основ для научного подхода к проблемам промышленной практики электрохимического осаждения металлов, например таких, которые позволили бы заранее рассчитывать оптимальные варианты решения конкретной практической задачи.

Для получения защитных покрытий часто используют никель ( $\varphi^\circ(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) = - 0,23 \text{ В}$ ). Никелирование обычно проводят в растворе сульфата никеля по реакции  $\text{NiSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ni} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{O}_2$ . Благодаря пассивации никель стоек против действия атмосферы, щелочей и некоторых кислот. В гальванической паре с железом ( $\varphi^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = - 0,44 \text{ В}$ ) никель является катодом. Это значит, что для защиты основного металла (стали) от коррозии покрытие должно быть целостным. В процессе никелирования на катоде одновременно с никелем выделяется водород по реакции:  $2 \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$  ( $\varphi^\circ = - 0,83 \text{ В}$ ). Она требует лишнего тока и приводит к подщелачиванию раствора с последующим образованием осадка гидроксида никеля. Чтобы этого избежать, нужно поддерживать pH раствора в диапазоне 2,8-5,8 при помощи буферных растворов. При более низких pH усилится выделение водорода, при более высоких – будет выпадать осадок гидроксида никеля.

Другой способ защиты стали – оцинковывание.  $E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = - 0,76 \text{ В}$ , поэтому в гальванической паре с железом цинк является анодом. Он защищает железо, корродируя сам. Гальваническое цинкование делает особенно равномерное и гладкое покрытие поверхности металла. Адгезия гальванических покрытий обеспечивается молекулярными силами при взаимодействии молекул цинка и основного металла. Так как, на силу этого взаимодействия влияет наличие любых пленок (жировых или окисных) на поверхности покрываемых изделий, чего не удастся полностью избежать при массовом производстве, толщина гальванических покрытий обычно не превышает 20-30 мкм. Электролитическое цинкование имеет серьёзный недостаток: необходима очистка сточных вод от цинка. Это достаточно дорогостоящая технология, требующая строительства очистных сооружений, потому иногда экономически более выгодно проводить цинкование металла другими способами.

При электрохимическом осаждении металлов важную роль играет плотность покрытия и качество его сцепления с поверхностью. Оно зависит от различных факторов, в частности, от чистоты поверхности, также оно сильно зависит от плотности тока  $J$  – отношения силы тока  $I$  к площади поверхности электрода  $S$ :

$$J = I / S. \quad (1)$$

Условия, при которых поверхность обладает оптимальными свойствами, часто приходится подбирать экспериментально.

Целью данной работы является изучение влияния плотности тока на качество цинкового и никелевого покрытия стали. В литературе есть

сведения, что осаждение постоянным током позволяет повысить блеск и твердость никелевых покрытий, а электроосаждение никеля импульсным током дает возможность получить зеркально-блестящие покрытия из обычных электролитов никелирования без применения блескообразующих добавок [3]. Наложение ультразвука позволяет существенно интенсифицировать процесс электроосаждения. При этом повышается допустимая плотность тока осаждения, из электролитов обычного состава получают светлые, прочные и практически беспористые осадки при весьма малых толщинах покрытия, одновременно улучшается блеск покрытий, снижаются внутренние напряжения [2]. Как правило, наименее грубые покрытия получают при определенных оптимальных плотностях тока, выше или ниже которых начинается увеличение шероховатости осадка. Лишь при очень высоких плотностях тока покрытие становится некачественным. В действительности же изменение плотности тока в различных электролитах по-разному меняет шероховатость покрытий. В одних – в широком диапазоне скоростей осаждения шероховатость остается неизменной, в других – увеличение плотности тока ведет к сглаживанию, в третьих – к огрублению поверхности. При увеличении плотности тока шероховатость осадков может проходить через максимум или минимум [1]. Таким образом, невозможно однозначно оценить влияние интенсивности ведения электролиза на чистоту покрытия. В зависимости от вида осаждаемого металла, природы поляризации и лимитирующей стадии процесса электрокристаллизации увеличение плотности тока будет сказываться неоднозначно.

Перед проведением электроосаждения следует тщательно очистить поверхность стального катода от механических загрязнений, жировых и оксидных пленок, чтобы получить блестящие покрытия с хорошей адгезией к электроду. Для этого наливают 50 мл раствора для обезжиривания ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  – 20-30 г/л,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  – 25-30 г/л) в стакан на 100 мл и нагревают на электрической плитке до  $t = 60-70$  °С. Электроды помещают в стакан на 5-10 минут. Затем электроды вынимают и промывают при той же температуре дистиллированной водой. Электроды высушивают сжатым воздухом или промывают спиртом или ацетоном.

Опыты проводились при плотностях тока  $J = 100, 200, 300, 400, 500$  А/м<sup>2</sup>. При силе тока 20 мА была рассчитана площадь электрода, необходимая для достижения заданной плотности тока, а также на какую длину надо погрузить электрод, чтобы получить требуемую площадь контакта с раствором. Для расчётов была использована

формула площади поверхности цилиндра. Для цилиндра диаметром  $d$  и высотой  $l$  она составляет

$$S = \pi \cdot d \cdot l. \quad (2)$$

Площадь торцевых поверхностей при расчётах пренебрегаем. Из этого следует, что длина стальной проволоки  $l$ , которую нужно погрузить, составляет

$$l = S / (\pi \cdot d). \quad (3)$$

Для проведения эксперимента потенциостат подключается по двухэлектродной схеме (рис.1), установка для электрохимического осаждения покрытий представлена на рисунке 2.

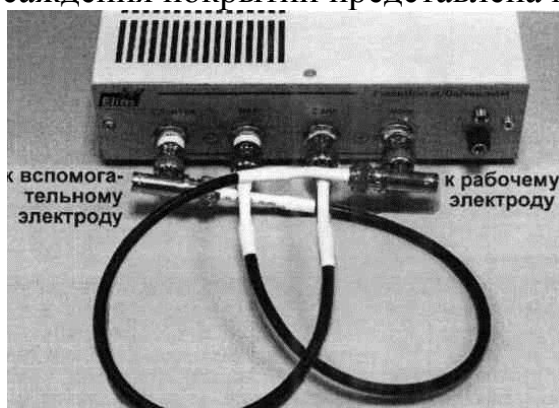


Рисунок 1. Замыкание разъемов при двухэлектродной схеме

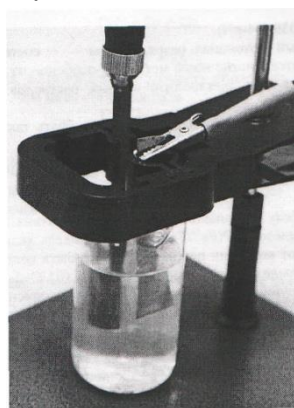


Рисунок 2. Установка для проведения опытов по двухэлектродной схеме

В качестве электролитов для осаждения металлов использовались следующие растворы: для осаждения цинка (г/л):  $ZnSO_4 - 250$ ,  $Na_2SO_4 - 80$ ,  $KAl(SO_4)_2 - 50$ ,  $pH = 3,6-4,4$ ; для осаждения никеля (г/л):  $NiSO_4 - 250$ ,  $NiCl_2 - 50$ ,  $H_3BO_3 - 40$ . Электрохимическое осаждение проводилось в течение 0,5 ч. По окончании электроосаждения электрод вынимали из ячейки, промывали дистиллированной водой, ацетоном или спиртом. Полученные покрытия визуально сравнивали для установления влияния плотности тока на качество осадков металла.

Установлено, что увеличение плотности тока в заданных пределах способствует упрочнению и увеличению блеска покрытий. Однако следует помнить, что при значительном превышении плотности тока покрытие из мелкокристаллического (компактного) переходит в дендритное (порошкообразное)[4]. Средняя оптимальная плотность тока равняется  $300 \text{ A/m}^2$ . В дальнейшем экспериментальная работа будет проводиться в направлении влияния состава электролита, температуры, а также добавок и примесей на качество покрытия.

## Список информационных источников

- 1.Петров Ю.В. Шероховатость гальванических покрытий на постоянном токе [Электронный ресурс]. – <http://galvplat.ru/art5122.htm>
- 2.Слепченко Т.В. Влияние режима электролиза [Электронный ресурс]. – <http://msd.com.ua/proizvodstvo-elektricheskix-akkumulyatorov/vliyanie-rezhima-elektroliza/>
- 3.Стекольников Ю.А., Стекольников Н.М. Физико-химические процессы в технологии машиностроения: учеб. пособие. – Елец: Издательство Елецкого государственного университета имени И.А. Бунина, 2008. – 136 с.
- 4.Уханов А.С. Гальваническое никелирование [Электронный ресурс]. – <http://zctc.ru/sections/nickel>

## СКОРОСТЬ ИЗНАШИВАНИЯ АБРАЗИВОМ РАЗЛИЧНОЙ ТВЕРДОСТИ Fe-Cr-V-Mo-C ПОКРЫТИЙ

*Залевский М.Ю., Дегтерёв А.С.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: А.С. Дегтерёв, ассистент кафедры  
оборудования и технологии сварочного производства”*

В работах [1, 2, 3] было показано, что режим наплавки оказывает существенное влияние на микростроение Fe-Cr-V-Mo-C покрытий, полученных плазменной наплавкой одиночными валиками промышленного порошка Пр-Х18ФНМ. Он определяет среднее число частиц карбида  $MC$ , их диаметры, фактор формы, объемную долю, равномерность распределения в объеме покрытий, количество остаточного аустенита в аустенитно-мартенситной матрице, размер зерен матрицы, объемную долю эвтектического карбида  $M_7C_3$ , равномерность его распределения.

Известно, что абразивная износостойкость композиционного материала определяется как его микроструктурными параметрами, так и формой, размерами, твердостью абразивных частиц.

Целью настоящей работы является исследование скорости изнашивания абразивом различной твердости Fe-Cr-V-Mo-C упрочняющих слоев, отличающихся микростроением.

## Материалы и методы исследования



В качестве наплавочного материала в работе применяли промышленный порошок ПР-Х18ФНМ, фракцией от 50 до 200 мкм, следующего химического состава (мас. %): 2,1...2,4 С, 17...19 Cr, 2...3 Ni, 7...8 V, 2...2,6 Mo, Fe – основа. В качестве основного материала (подложки) использовали пластины из стали 20 размером 250×100×10 мм, поверхность которых предварительно шлифовалась.

Покрyтия наносили на установке УПН-303УХЛ4 с водоохлаждаемым плазмотроном. В качестве плазмообразующего, транспортирующего и защитного газов применяли аргон высшего сорта.

Покрyтия наплавляли за один проход током прямой полярности, величина которого варьировалась в пределах от 220 до 260 А.

Напряжение на дуге составляло 34...39 В, расстояние от плазмотрона до изделия 10...12 мм. Диаметр плазмообразующего сопла был равен 6 мм, а диаметр вольфрамовой вставки медного электрода 5 мм. Наплавку вели с линейной скоростью в 4,5 м/ч без и с поперечными колебаниями плазмотрона размахом 10, 20 и 30 мм. Частоту колебаний варьировали в пределах от 0,25 до 0,5 Гц. Скорость подачи порошка задавали в диапазоне от 0,65 до 2,2 кг/ч.

Микрошлифы изготавливали механическим шлифованием и механическим полированием на алмазных пастах различной дисперсности и пасте ГОИ. Химическое травление производилось при комнатной температуре методом погружения образцов. Для макротравления использовали 4 % раствор  $\text{HNO}_3$  в  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . Время травления составляло 15...20 с. Частицы карбида ванадия, выявляли рельефным полированием и исследовали с применением метода темнопольного освещения. Для выявления эвтектического карбида  $\text{M}_7\text{C}_3$  применяли химический реактив следующего состава: 8,3 %  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , 8,3 %  $\text{KOH}$ , 83,4 %  $\text{H}_2\text{O}$ . Время травления: 60 с.

Анализ микроструктуры покрытий проводили с помощью оптического микроскопа Olympus GX51, снабженного анализатором изображений SIAMS 700. С его помощью оценивали объемную долю карбида  $\text{M}_7\text{C}_3$ , объемную долю, средний диаметр и средний фактор формы частиц MC, рассчитанный как отношение ортогональной максимальной проекции частицы к максимальной проекции частицы; а также число частиц MC, приходящихся на единицу площади шлифа ( $10^4$  мкм<sup>2</sup>).

Исследования фазового состава наплавленных покрытий проводили на дифрактометре Shimadzu XRD 6000 с фильтрованным  $\text{Co}_{\text{K}\alpha}$  – излучением в режиме сканирования в интервале углов  $2\Theta$  от  $10^\circ$  до  $110^\circ$ , с шагом  $0,1^\circ$ .

Испытания на износ при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы проводили по ГОСТ 23.208-79. Испытания длились в течение не менее 165 мин, с определением потери массы образцов через каждые 15 мин на аналитических весах. В качестве абразивного материала использовался электрокорунд фракцией менее 500 мкм угловатой формы и кварцевый песок угловатой формы двух фракций: менее 200 мкм и 200...500 мкм.

### Результаты и обсуждение

В исследованных композиционных покрытиях каждая фазовая составляющая вносит свой вклад в общий уровень их износостойкости. Анализ результатов испытаний на износ кварцевым песком фракцией 200...500 мкм показал, что скорость изнашивания Fe-Cr-V-Mo-C покрытий линейно возрастает от 0,11 до 0,22 мг/мин с увеличением доли основного металла в наплавленном покрытии от 5 до 55 %, с ростом твердости от 44, 5 до 56 HRC, с уменьшением средней объемной доли частиц карбида ванадия от 11 до 3 %, уменьшением объемной доли карбида  $M_7C_3$  от 26 до 1,5 %, с изменением соотношения между  $\alpha$ - и  $\gamma$ -твердыми растворами матрицы в результате увеличения доли  $\alpha$ -фазы в ней от 20 до 75 %.

Скорость изнашивания не зависит от среднего диаметра частиц карбида MC в пределах его средних значений 1,1 ... 2,1 мкм и увеличивается с изменением формы частиц MC от равноосной к вытянутой, т.е. с уменьшением фактора формы MC от 0,81 до 0,62. Высокий уровень сопротивления изнашиванию демонстрируют покрытия, в микроструктуре которых равномерно распределены на площади в  $10^4$  мкм<sup>2</sup> не менее 350 частиц карбида ванадия.

При истирании частицами кварца размерами менее 200 мкм опытных образцов их скорость изнашивания мало отличается от скорости изнашивания крупным  $SiO_2$ . Она принимает значения от 0,1 до 0,18 мг/мин. Зависимости, связывающие потерю массы покрытий в единицу времени с микроструктурными параметрами, долей основного металла в наплавленном металле и твердостью носят схожий характер.

Уменьшение износостойкости упрочняющих слоев с уменьшением объемных долей карбидных фаз и доли остаточного аустенита в матрице можно объяснить следующим образом. Кварцевый песок имеет твердость 1000...1200 HV<sub>0,1</sub>, уступая твердости карбидных включений Fe-Cr-V-Mo-C композита, а именно VC (2900 HV<sub>0,1</sub>) и  $M_7C_3$  (1380 HV<sub>0,1</sub>) [4]. Потому армирующие матрицу фазы эффективно препятствуют глубокому внедрению и свободному движению частиц

кварцевого песка по всей поверхности покрытия. В результате многократного на отдельных участках между карбидами микровыдавливания и микрорезанья острыми гранями абразивных частиц метастабильный остаточный аустенит матрицы пластически деформируется и затем, упрочняясь, превращается в мартенсит. В результате бездиффузионной перестройки решетки происходит поглощение части энергии фрикционного взаимодействия. А значит, сокращение объемной доли остаточного аустенита способствует снижению уровня износостойкости покрытий.

Таким образом, при изнашивании кварцевым песком, как состояние матрицы, так и объемная доля, число и форма упрочняющих фаз Fe-Cr-V-Mo-C покрытий вносят существенный вклад в сопротивление абразивному износу.

Скорость изнашивания покрытий электрокорундом на порядок превосходит скорость износа кварцевым песком и составляет 1,1...1,7 мг/мин. Поверхности образцов после испытаний покрыты хорошо различимыми царапинами, расположенными параллельно направлению скольжения абразивных частиц. Электрокорунд (2000...2400 HV<sub>0,1</sub> [4]) значительно превосходит по твердости карбид  $M_7C_3$  и аустенитно-мартенситную матрицу покрытий, уступая лишь частицам карбида ванадия. Потому в ходе испытаний острые грани абразива режут твердые растворы матрицы вместе с эвтектическим карбидом  $M_7C_3$ . Часть высокотвердых частиц MC целиком уносятся с рабочей поверхности образца вместе со срезаемыми менее твердыми фазами, не внося вклад в повышение сопротивления изнашиванию из-за малых своих размеров. Часть MC, вступающих в контакт с абразивными частицами, повреждаются, вдавливаются в матрицу или вырываются из нее.

### Выводы

1. Скорость изнашивания Fe-Cr-V-Mo-C покрытий электрокорундом в 8...10 раз выше скорости изнашивания их кварцевым песком.

2. Лучшие износостойкие свойства (вне зависимости от твердости абразива) демонстрируют покрытия, имеющие следующее микростроение: объемную долю частиц карбида MC не менее 9 %, при их количестве на фиксируемой площади шлифа не менее 350 штук, равноосной формы, с фактором формы не менее 0,75; не менее 19 объемных % карбида  $M_7C_3$ ; матрицу, содержащую от 19 до 35 %  $\alpha$  – фазы.

3. Высокий уровень эксплуатационных характеристик можно обеспечить в покрытиях, доля основного металла в наплавленном у

которых не превышает 20 %, а твердость принимает значения 44,5...46,5 HRC.

### **Список информационных источников**

1. Дегтерёв А.С., Гнюсов С.Ф. Влияние технологических параметров плазменной порошковой наплавки током прямой полярности на формируемую структуру Fe–Cr–V–Mo–C покрытий // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320. – № 2. – С. 87–94.

2. Гнюсов С. Ф., Дегтерёв А. С. Влияние режимов плазменной наплавки на микроструктуру карбида ванадия в покрытиях на основе порошка ПР-Х18ФНМ // [Известия Томского политехнического университета](#). – 2014. – Т. 324. – № 2. – С. 63–71.

3. Дегтерев А.С., Советченко Б.Ф., Трущенко Е.А., Гнюсов С.Ф. Влияние технологических параметров плазменной порошковой наплавки на формируемую структуру покрытий системы Fe-Cr-V-Mo-C // Сварка и диагностика. – 2011. – № 4. – С. 13 – 20.

4. Арзамасов Б.Н., Т.В., Герасимов С.А. и др. Справочник по конструкционным материалам. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 640 с.

# ИМПУЛЬСНАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА ПРИ СВАРКЕ ПОРОШКОВЫМИ ПРОВОЛОКАМИ

*Князьков А.Ф., Зевакин И.А., Поляков Ю.В.*

*Научный руководитель: Князьков А.Ф., к.т.н., доцент кафедры оборудования и технологии сварочного производства*

Порошковая проволока представляет интерес для автоматизации сварочных процессов, однако в научно-технической литературе практически отсутствует информация по импульсному управлению процессом сварки как самозащитными порошковыми проволоками, так и с дополнительной защитой в газах и их смесях[1].

Сварка порошковыми проволоками в стационарном режиме горения дуги приводит к ряду проблем, которые влекут за собой большое количество отрицательных факторов, что в конечном итоге приводит к браку сварных соединений. При сварке порошковыми проволоками в стационарном режиме наблюдается большое разбрызгивание электродного металла при больших значениях сварочного тока, химический состав наплавленного металла при различных параметрах режимов разный, что приводит к плохим механическим свойствам и следовательно плохо сказывается на качестве сварных швов, плохое формирование сварных соединений в вертикальном и потолочном положениях.

Проведенный анализ сварки порошковыми проволоками говорит о том, что целесообразно использовать импульсное управление плавлением и переносом электродного металла импульсами специальной формы, как показано на рисунке 1.

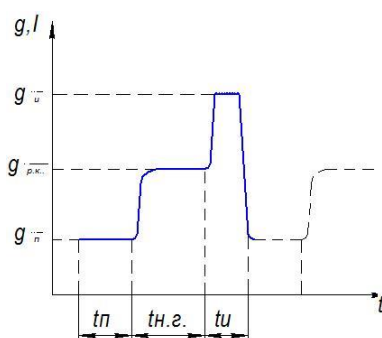


Рисунок 1- Эпюра тока и теплового потока импульсного управления процессом

Обозначения принятые на рисунке 1:  $q_u$ - тепловой поток во время импульса тока переносящего каплю;  $q_{p.k.}$ - тепловой поток во время номинального значения тока на расплавления капли;  $q_n$ - тепловой поток во время паузы между импульсами тока

При сварке порошковыми проволоками при импульсном питании сварочной дуги согласно эюре тока, действует ряд сил, которые способствуют как переносу капли электродного металла в сварочную ванну, так и удерживают каплю электродного металла на торце порошковой проволоки. На электродную каплю расплавленного металла в дуге действуют следующие основные силы: тяжести, поверхностного натяжения, электромагнитного происхождения, теплового происхождения, реактивного давления паров испаряющихся с металла капли, сила отдачи.

При разработке модели плавления порошковой проволоки при импульсном питании сварочной дуги необходимо определить допущения, условия, силы действующие на каплю, этапы формирования и переноса капли.

Порошковая проволока будет расплавляться при номинальном значении сварочного тока при котором проявляются наилучшие сварочно- технологические свойства электрода и затем при увеличении амплитуды током импульса электродная капля будет переносится в сварочную ванну, тепловой поток во время паузы необходим для поддержания непрерывного горения дуги.

Для анализа характера сил действующих на электродную каплю, период каплеобразования разделим на этапы.

**Первый этап** определяется длительностью паузы, когда плавление порошковой проволоки совсем незначительное. Расплавленный жидкий металл, оставшийся после отрыва электродной капли формируется в сегмент на торце электрода. Газообразование с поверхности сердечника невелико, но достаточно для защиты зоны сварки. Поскольку на данном этапе активное пятно занимает незначительную часть поверхности нижней части сегмента жидкого металла, то есть пятно контрагировано, а столб дуги имеет цилиндрическую форму.

Все силы действующие на каплю на данном этапе незначительные по величине, масса жидкого металла так же незначительна, вследствие этого сила поверхностного натяжения будет наибольшей, а результирующая всех сил направлена к торцу электрода.

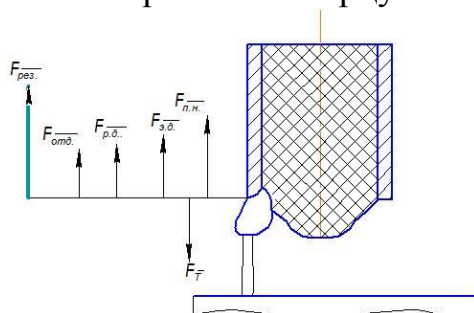


Рисунок 2- Схема модели на этапе паузы

**Второй этап** тепловой поток, при котором порошковая проволока расплавляется при номинальном значении сварочного тока. Активное пятно скачкообразно увеличивается. Все силы, действующие на каплю электродного металла, резко форсируются. Столб дуги принимает несколько коническую форму, расширяющуюся к сварочной ванне, что приводит к незначительному возникновению электродинамической силы направленной в сторону изделия, но не имеющая существенного влияния на перенос электродного металла. На этом этапе результирующая сила так же не может оторвать каплю от электрода и перенести ее в сварочную ванну.

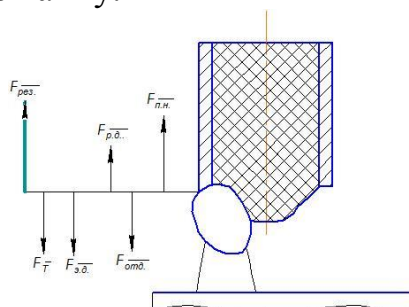


Рисунок 3- Схема модели при номинальном значении сварочного тока

**Третий этап.** На третьем этапе теплового потока резко увеличивается сварочный ток и все силы действующие на каплю. Результирующая всех сил направлена в сторону сварочной ванны. Формируется шейка между каплей и оболочкой порошковой проволоки. Капля под действием результирующей силы получает момент количества движения в сторону сварочной ванны.

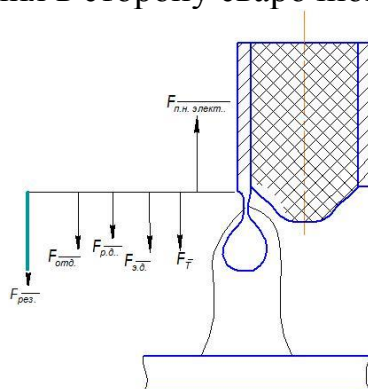


Рисунок 4 – Схема модели образования шейки

На **четвертом этапе** под действием результирующей силы происходит разрыв шейки и капля электродного металла ускорено переносится в сварочную ванну при любом ее пространственном положении.

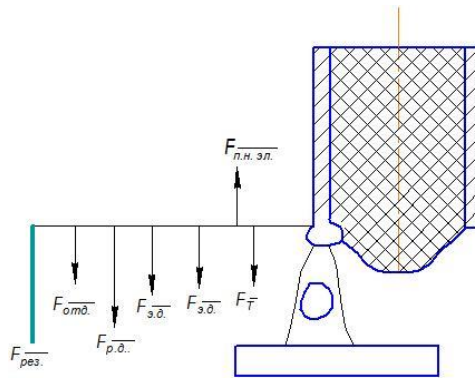


Рисунок 5- Схема модели отрыва электродной капли

После отрыва электродной капли дуга несколько удлиняется, вводится пауза, для того чтобы напряжение дуги снизилось до заданного напряжения горения дуги и затем процесс повторяется.

Выводы:

Разработанный процесс позволяет получать постоянный химический состав наплавленного металла, так как каждая капля расплавляется дозированным количеством энергии с постоянными параметрами и управляемый перенос электродного металла независимо от среднего значения сварочного тока.

### Список информационных источников

1. Сварка порошковой проволокой. Под ред. И.К. Походня и др.-К.: Наукова думка,- 1972.-223 с.

## ОСОБЕННОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ПРИ КОНТАКТНОЙ И ДУГОВОЙ СВАРКЕ

*Зеленков А.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Гордынец А.С., к.т.н., ассистент кафедры  
оборудования и технологии сварочного производства*

Вектор развития источников питания для контактной и дуговой сварки направлен на улучшение их энергоэффективности, снижение массогабаритных показателей и расширение технологических возможностей. В настоящее время это достигается благодаря использованию принципа высокочастотного преобразования электрической энергии [1]. В свою очередь, особое внимание уделяется



повышению качества соединений, что достигается стабилизацией электрических параметров режима сварки. Однако получение достоверных сведений о быстропротекающих процессах в электрической сварочной цепи является сложной задачей. В частности, регистрация истинного значения напряжения между электродами при дуговой и контактной сварке затруднена из-за отсутствия возможности непосредственного подключения к ним измерительных средств.

Таким образом, на практике приходится осуществлять измерения на некотором удалении от электродов, что вносит существенную погрешность за счет дополнительного падения напряжения на участках сварочной цепи.

В работе предложен метод дистанционного измерения напряжения на нагрузке при дуговой и контактной сварке, в основу которого положен принцип компенсации аддитивных помех.

Исследование проводили на экспериментальной установке для контактной сварки, функциональная схема которой приведена на рис. 1. В состав установки входят: цифровой синтезатор тока, датчик тока  $RS$  ( $i_2$ ) в сварочной цепи, многофункциональное устройство сбора данных *USB-6210 National Instrument* и нагрузка, состоящая из индуктивности сварочной цепи ( $L_{св}$ ), активного сопротивления ( $R_{св}$ ) и общего сопротивления металла между электродами ( $r_{ээ}$ ).

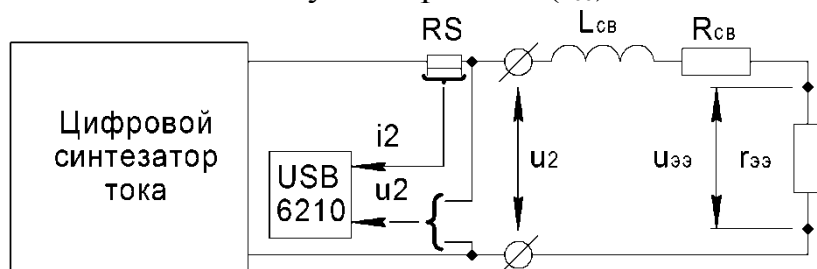


Рисунок 1 – Функциональная схема

Электромагнитные процессы в сварочной цепи описываются уравнением:

$$u_2 - L_{св} \cdot \frac{di_2}{dt} - R_{св} \cdot i_2 - r_{ээ} \cdot i_2 = 0,$$

где  $u_2$  – напряжение на клеммах подключения сварочной цепи, В;

$i_2$  – ток сварочной цепи, А;

$R_{св}$  – сопротивление сварочной цепи, Ом;

$L_{св}$  – индуктивность сварочной цепи, Гн;

$r_{ээ}$  – общее сопротивление металла между электродами, Ом.

Из анализа уравнения следует, что напряжение измеряемое на клеммах подключения сварочной цепи ( $u_2$ ) состоит из суммы падений напряжений на ее индуктивности ( $L_{CB} \cdot \frac{di_2}{dt}$ ), активном сопротивлении ( $R_{CB} \cdot i_2$ ) и на общем сопротивлении металла между электродами ( $u_{ээ}$ ). В работе была предложена структурная схема дистанционного измерения напряжения между электродами, которая представлена на рис. 2. При этом значение активного сопротивления ( $R_{CB}$ ) и индуктивности ( $L_{CB}$ ) сварочной цепи соответствовали 170 мкОм и 1,1 мкГн, соответственно.

В состав схемы измерения напряжения входят: умножители на константу (1 и 3), дифференциатор (2), сумматор (4) и фильтр низкой частоты (5). Необходимость использования фильтра низкой частоты обусловлена высокой частотой коммутации сварочного тока.

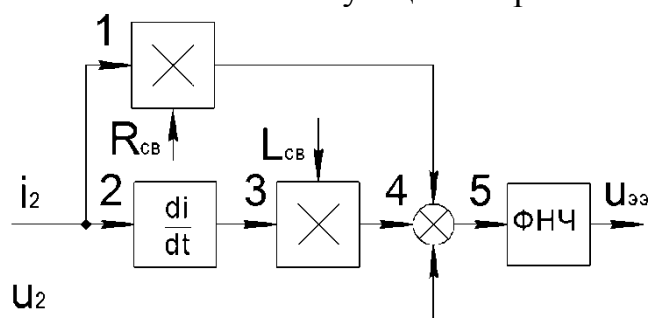


Рисунок 2 – Структурная схема измерения напряжения

Предложенный метод измерения напряжения был реализован в табличном процессоре *Microsoft Excel 2010*.

В качестве входных данных использовали амплитудно-временные параметры импульса тока  $i_2$  в цепи нагрузки и напряжение  $u_2$  на клеммах подключения сварочной цепи, зарегистрированные с периодом дискретизации 10 мкс (рис. 3). Численное дифференцирование значений тока  $i_2$  производили по формулам центральной разностной производной [2]. Фильтрацию данных производили по уравнению экспоненциального сглаживания [3].

Расчетное значение падения напряжения на элементах цепи нагрузки ( $L_{CB} \frac{di_2}{dt}$ ,  $R_{CB} i_2$ ) представлены на рис. 4, а изменение напряжения между электродами ( $u_{ээ}$ ) на рис. 5.

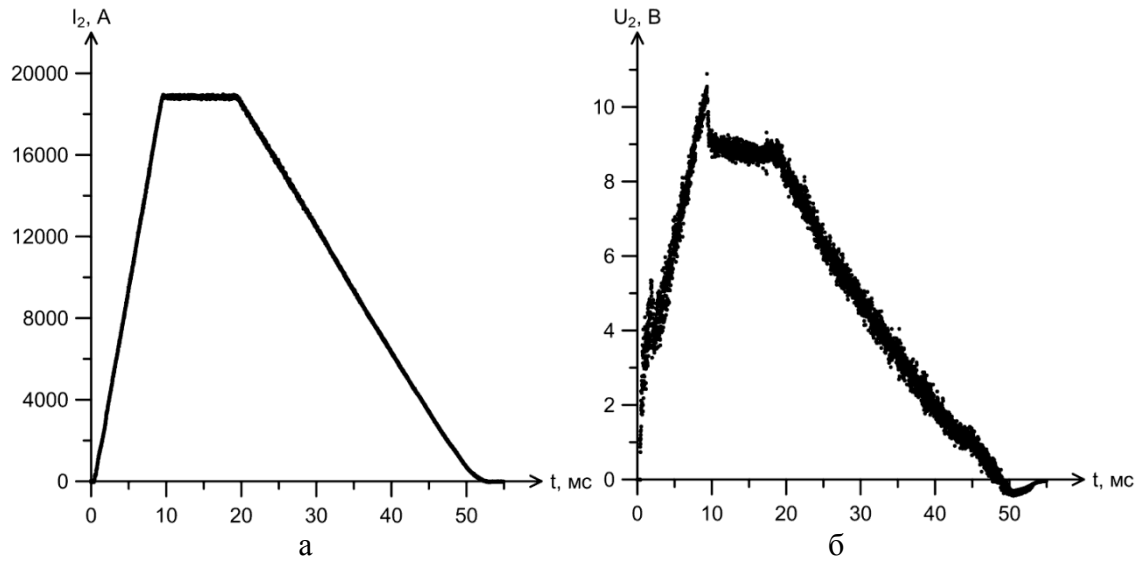


Рисунок 3 – Амплитудно – временные параметры входных данных:  
 а – ток  $i_2$ ; б – напряжение  $u_2$ .

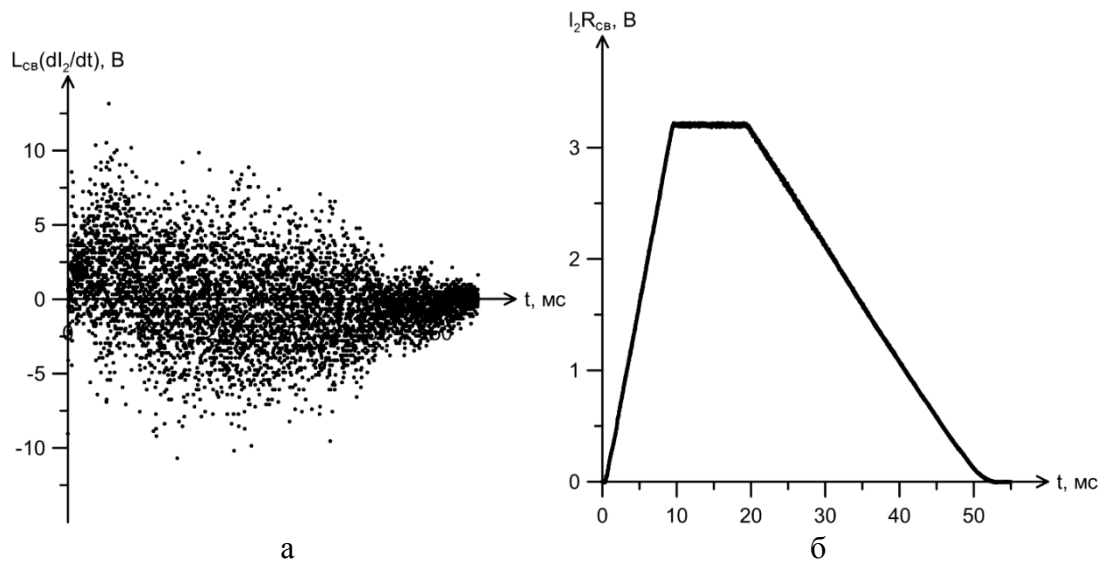


Рисунок 4 – Расчетное значение падения напряжения:  
 а – на индуктивности  $L_{cb}$ ; б – на сопротивлении  $R_{cb}$ .

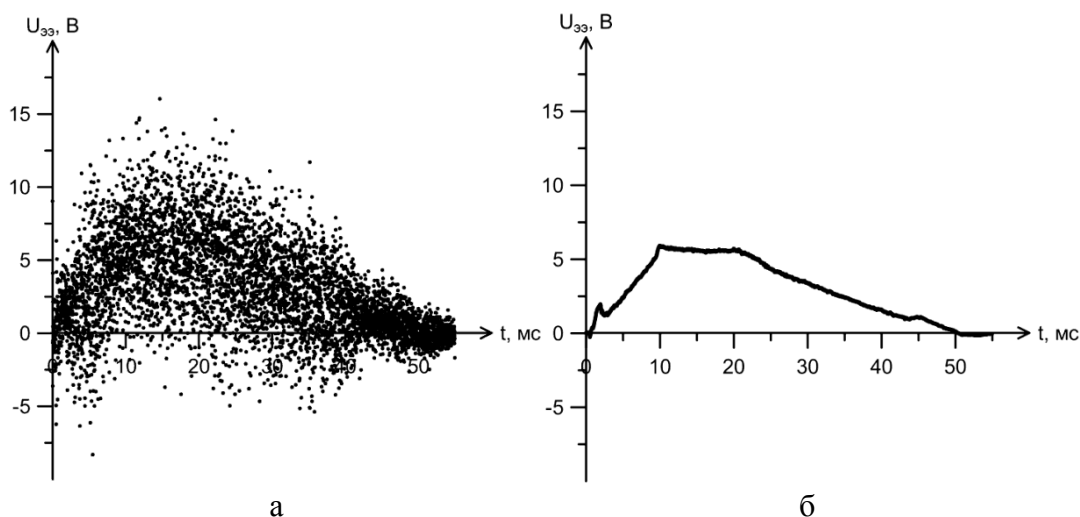


Рисунок 5 – Напряжение между электродами:  
а – до применения ФНЧ; б – после применения ФНЧ.

Сравнительный анализ временных диаграмм изменения напряжения в точках подключения цепи нагрузки (рис. 3 б) и после обработки, согласно предложенной схеме (рис. 5 б) показал, что предложенный метод измерения напряжения позволяет избавиться от влияния индуктивности в полезном сигнале и его зашумленности.

Таким образом, предложенный метод дистанционного измерения напряжения на нагрузке позволяет компенсировать аддитивные помехи и может быть рекомендован для использования в современном сварочном оборудовании.

### Список информационных источников

1. Милютин В.С., Шалимов М.П., Шанчуров С.М. Источники питания для сварки. М.: Айрис-пресс, 2007. – 384 с.
2. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. – М.: Наука, 1989. – 432 с.
3. Лэм Г. Аналоговые и цифровые фильтры. М: Мир, 1982. – 592 с.

# ПОВЕРХНОСТНАЯ ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ СТАЛИ 10P6M5

*Исакин И.А., Зыков И.Ю.*

*Научный руководитель: Гнюсов С.Ф., д.т.н., профессор кафедры  
оборудования и технологии сварочного производства*

## Введение

Лазеры успешно применяются в материаловедческой области для технологических операций резки, сварки, наплавки, напыления и термической обработки благодаря производительности, качеству и эффективности лазерного луча. Высокая концентрация энергии, локальность, возможность регулирования лазерного излучения в широком интервале режимов, отсутствие необходимости в защитной среде, высокая производительность, экологическая чистота, лёгкая автоматизация и переналадка оборудования, а также его быстрая окупаемость – всё это является основными преимуществами лазерной обработки материалов [1].

С помощью лазерного излучения предоставляется возможность целенаправленно изменять структуру поверхностного слоя материала толщиной от нескольких десятков микрон до нескольких миллиметров без оплавления и с оплавлением поверхности, которое приводит к образованию литого ядра с мелкодисперсной структурой за счёт сверх высоких скоростей нагрева и охлаждения  $10^3-10^7 \text{ K}\cdot\text{c}^{-1}$  [1-5]. Благодаря этому предоставляется возможность дискретного упрочнения по методу Шарпи [1]. Этот метод обеспечивает получение композиционного покрытия, в котором мягкая пластичная матрица равномерно упрочнена твёрдыми включениями и, следовательно, несет основную нагрузку в процессе эксплуатации.

Особый интерес вызывает поверхностная лазерная обработка конструкционных и инструментальных материалов, которая позволяет увеличить стойкость резцов в 2-5 раз, штампов в 2-3 раз, а также увеличить сопротивление износу деталей машин и продлить их долговечность в несколько раз [1]. Выбор параметров режима лазерной обработки для достижения необходимого уровня свойств поверхностных слоёв упрочняемого материала является нерешённой задачей для большинства конструкционных материалов.

В условиях работы пар трения с высокими контактными нагрузками и дефицитом смазки необходимы тонкие упрочнённые слои на уровне общего поверхностного упрочнения композиционными покрытиями, которые бы свели к минимуму износ в паре трения как на

этапе приработки, так и в ходе установившегося износа. С помощью лазерного луча можно получить такие тонкие прочные слои на более толстом вязком подслое, который будет релаксировать ударные нагрузки, и препятствовать развитию трещин. В этой связи актуальна задача использования комбинированных технологий получения износостойких покрытий с широким комплексом свойств.

**Цель работы** – исследование влияния лазерного оплавления поверхности упрочняющих слоёв на основе стали 10P6M5, сформированных электронно-лучевой наплавкой, на микроструктуру литого ядра и зоны термического влияния.

### **Материал, оборудование и методика проведения исследований**

Для поверхностного лазерного оплавления использовали упрочняющие слои, которые были получены методом электронно-лучевой наплавки в вакууме. Для наплавки использовали порошок из быстрорежущей стали 10P6M5 и композиционную смесь порошков 10P6M5+20% WC, в качестве основного металла - сталь 20. Методика наплавки подробно описана в работе [2]. После наплавки образцы подвергались термической обработке – отпуску при температуре 843 К (сталь 10P6M5) и 883 К (сталь 10P6M5+20% WC) в течение 1 ч. с последующим охлаждением на воздухе.

Исходная микроструктура упрочненного слоя на основе стали 10P6M5 представляет собой мартенситно-аустенитную матрицу (85:15), в которой распределена карбидная фаза. Упрочняющая фаза в покрытиях представлена карбидами  $M_6C$ ,  $M_2C$  и VC. Карбид  $M_6C$  расположен по границам зерен матрицы в виде эвтектической сетки. Его средний размер равен 3,8 мкм, объемная доля – ~10,5%. Второй морфологический тип карбидов это дисперсные вытянутые карбиды типа  $M_2C$  (средний размер в радиальном направлении  $L_p = 1,35$  мкм, в тангенциальном –  $L_t = 0,35$  мкм), расположенные внутри зерен матрицы. Карбид ванадия представлен отдельными округлыми выделениями в основном расположенными вблизи эвтектических карбидов типа  $M_6C$ . Средний размер частиц карбида ванадия равен 0,65 мкм, а их объемная доля не превышает 0,9%. Для покрытия сталь 10P6M5+20% WC эвтектический карбид  $M_6C$  имеет средний размер 5,9 мкм (~15% об.), карбид  $M_2C$  – 0,35 мкм (~10% об.) и VC - 0,65 мкм (0,9% об.). Матрица находится в аустенитно-мартенситном состоянии (~50:50 %). В процессе однократного отпуска уменьшается объемное содержание аустенита и происходит дополнительное выделение вторичного карбида в объеме зерен матрицы.

Проводили лазерное оплавление плоской поверхности покрытий размером 25×4,5 мм (высота образца 8 мм, толщина наплавленного слоя 4 мм). Данная поверхность перед оплавлением подвергалась механическому шлифованию и полированию на алмазных пастах различной дисперсности.

Для оплавления образцов применялась лазерная установка «BlackLight» на основе неодимового лазера с ламповой накачкой и управляемым разрядом производства ООО «Лазерный центр» г. Санкт-Петербург. Установка состоит из блока излучателя и технологической бинокулярной приставки.

Поверхность наплавки облучалась одиночными импульсами. При облучении варьировалась длительность импульса, от которой в конечном итоге зависит его энергия (см. таблицу 1). С увеличением длительности импульса его энергия возрастает не пропорционально из-за ограниченной величины напряжения конденсатора источника лазерного излучения. Газовая защита не применялась.

Таблица 1 – параметры режимов лазерной обработки.

Длительность импульса, мс	2	4	6	8	10	15	20
Энергия импульса, Дж	2.2	4.2	5.5	7	7.3	9	10
Импульсная мощность, кВт	1.1	1.05	0.917	0.875	0.73	0.6	0.5
Диаметр зоны обработки, мм	0.52	0.66	0.73	0.78	0.79	0.8	0.85
Плотность мощности, кВт/см <sup>2</sup>	518	307	219	183	149	119	88
Удельный энерговклад, Дж/см <sup>2</sup>	1036	1228	1314	1466	1490	1791	1763

После оплавления поверхности лазером она полировалась для удаления окисной плёнки. Для исследования глубины точечного оплавления и величины зоны термического влияния образцы разрезались параллельно оси пучка по диаметру оплавленной точки с помощью электроэрозионной резки. Для выявления структуры ЗТВ микрошлифы подвергали травлению 2% раствором HNO<sub>3</sub> в этиловом спирте. Структуру литого ядра выявляли с помощью травления в смеси кислот HNO<sub>3</sub> и HCl (1:3). Микроструктуру исследовали с помощью оптического микроскопа (ОМ) Olimpus GX 51, снабжённого анализатором SIAMS 700.

## Результаты и обсуждения

На рисунке 1 представлен внешний вид оплавленных областей композиционных покрытий сталь 10P6M5 (а) и сталь 10P6M5+20% WC (б). Видно, что они имеют округлую форму, которая состоит из литого ядра и тонкой более темной оторочки по его периметру. В данной оторочке можно выделить несколько колец (от 3 до 6 в зависимости от режима обработки) отличающихся по цвету и толщине. Данные кольца можно отнести к ЗТВ. В центре литого ядра фиксируется небольшое углубление, на поверхности которого остается окисная пленка. Диаметр зоны литого ядра с ЗТВ увеличивается с ростом длительности импульса от 520 мкм при  $\tau_{\text{имп}}=2$  мс до 850 мкм при  $\tau_{\text{имп}}=20$  мс, таблица 1. При этом минимальный диаметр литого ядра 430 мкм, а максимальный - 660 мкм.

Для композиционного покрытия сталь 10P6M5+20% WC (б) наблюдаются трещины, проходящие как по литому ядру, так и по ЗТВ, не получающие своего дальнейшего развития в объеме основного металла покрытия. Формирование трещин в композиционном покрытии можно связать как с увеличением объемной доли исходных карбидных выделений, так и с увеличением их средних размеров, особенно для эвтектического карбида, расположенного по границам зерен матрицы.

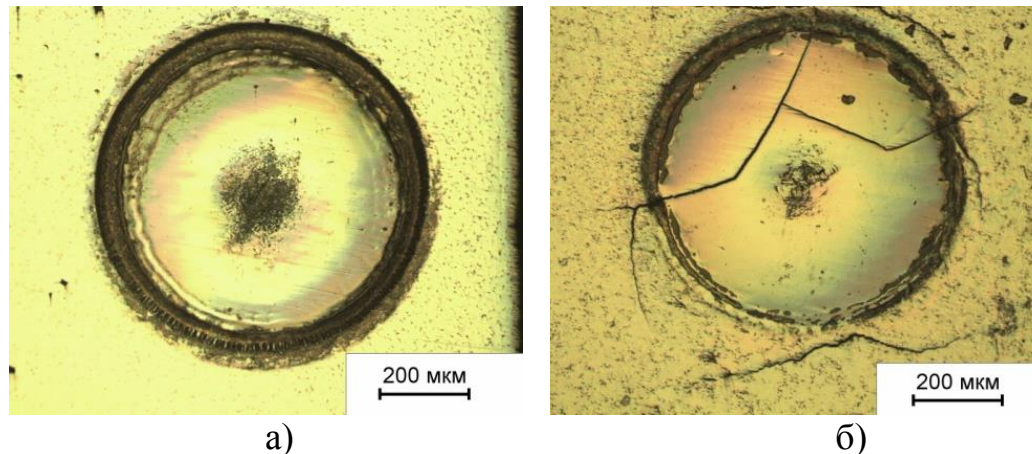


Рисунок 1 – Внешний вид зон оплавления наплавки 10P6M5 (а) и 10P6M5+20% WC (б)

На рисунке 2 представлена типичная микроструктура поперечного сечения оплавленного ядра. Анализ всех поперечных сечений показал, что минимальная глубина проплавления составляет 40 мкм при  $\tau_{\text{имп}}=2$  мс, а максимальная - 350 мкм при  $\tau_{\text{имп}}=10-20$  мс. Размер ЗТВ в зависимости от режима обработки изменяется в интервале 30-150 мкм.



В литом ядре по степени травимости явно выделяются две зоны (А и Б, рисунок 2,а,в). Зона А состоит из однородной дисперсной двухфазной структуры, которая имеет дендритно-ячеистое строение, рисунок 2,в. Зона Б слабо протравливается и имеет в основном дендритное строение, более мелкое чем, в зоне А. Объёмная доля зоны Б выше, чем зоны А.

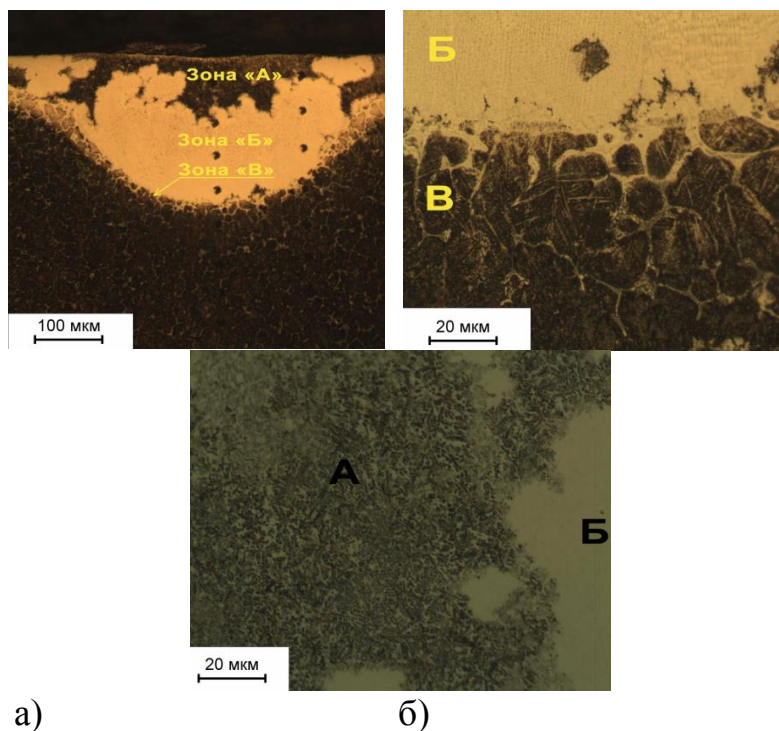


Рисунок 2 – Микроструктура поперечного сечения литого ядра покрытий сталь 10P6M5

Структура ЗТВ (зона В, рисунок 2,б) состоит из зёрен исходной матрицы и эвтектики по границам зерен, которая частично подверглась переплаву в ходе воздействия лазерного луча (см. слабо протравленные участки границ зерен, находящиеся в непосредственном контакте с литым ядром, рисунок 2,б). Это обусловлено более низкой температурой плавления эвтектики аустенит – карбид  $M_6C$ . В самих зернах матрицы ЗТВ явно фиксируются иглы мартенсита, проходящие через все аустенитное зерно, в то время как в основном покрытии мартенситные иглы ОМ не фиксируются (так называемый бесструктурный мартенсит, рисунок 2,б).

На рисунке 3 представлена микроструктура поперечного сечения оплавленного ядра в покрытии сталь 10P6M5+20% WC. Видно, что зона А в данном покрытии занимает практически 80...90% объема литого ядра. Зона Б примыкает непосредственно к ЗТВ и имеет дендритное строение, рисунок 3,б. Зона термического влияния имеет

грубые выделения эвтектического карбида  $M_6C$ , объемная доля которых значительно выше, чем в основном материале покрытия, рисунок 3,в. Это обусловлено не полным растворением более грубых исходных эвтектических карбидов  $M_6C$  и последующим их ростом в ходе кристаллизации расплавленного объема. Данная причина является основной в формировании и развитии трещин как по ЗТВ, так и по объему самого литого ядра.

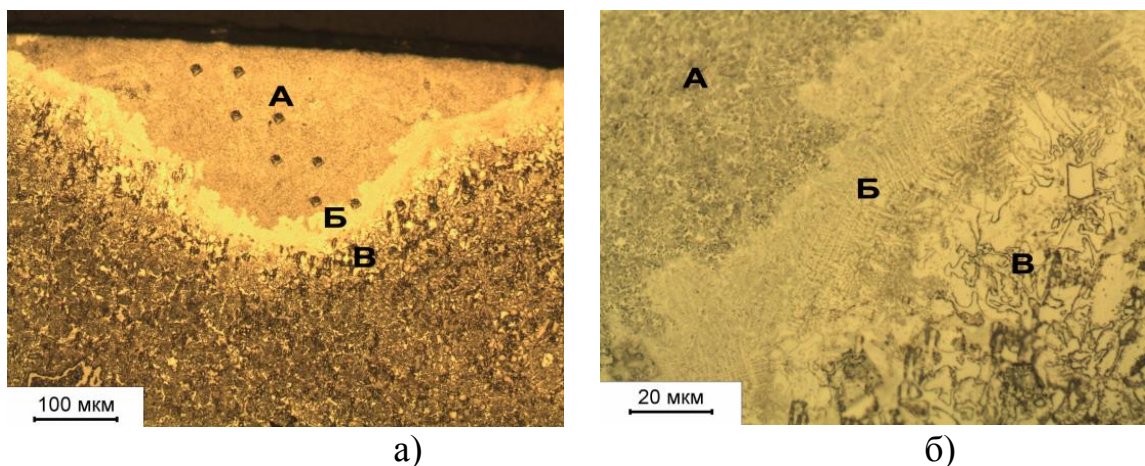


Рисунок 3 – Микроструктура поперечного сечения литого ядра покрытий сталь 10P6M5+20% WC

Образующаяся в данном исследовании микроструктура согласуется с результатами публикаций [3-5]. В данных исследованиях были обнаружены тёмные и светлые зоны в литом ядре с ультрадисперсной структурой, обладающей химической однородностью. Структура светлой зоны имеет дендритно-ячеистое строение, междендритное расстояние в которой не превышает 0.5 мкм, и состоит из непрерывной сетки эвтектических карбидов,  $\gamma$ - и  $\alpha$ -фаз. Тёмная зона более грубая по структуре и состоит из кристаллов  $\gamma$ - и  $\alpha$ -фаз и сетки эвтектических карбидов [4, 5].

Проведенные исследования нуждаются в более детальном анализе структуры с помощью растровой и просвечивающей электронной микроскопии, а также рентгенофазового анализа.

### Список информационных источников

1. Григорьянц А. Г., Шиганов И. Н., Мисюров А. И. Технологические процессы лазерной обработки. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 664 с.

2.Гнюсов С. Ф., Игнатов А. А., Дураков В. Г. // Упрочняющие технологии и покрытия. 2011. № 5. С. 15-20.

3.Kwok C.T., Cheng F.T., Man H.C. // Surface & Coatings Technology, 202 (2007), P.336–348.

4.Benyounis K.Y., Fakron O.M., Abboud J.H. // Materials and Design, 30 (2009), P.674–678.

5.Liu Z. H., Zhang D. Q., Chua C.K., Leong K.F. // Materials Characterization, 84 (2013), P.72 – 80.

## **СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ ПРОЦЕССА СВАРКИ НЕПОВОРОТНЫХ СТЫКОВ ТРУБОПРОВОДОВ**

*Лисицын А.А., Михеев А.С., Габерлинг И.П., Князьков А.Ф.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Князьков А.Ф., к.т.н., доцент кафедры  
оборудования и технологии сварочного производства*

Технологическая адаптация обеспечивает в функции пространственного положения сварочной ванны изменение параметров импульсов, чтобы скомпенсировать по величине результирующую силу, которая отрывает сварочную ванну от трубы.

Система должна обеспечивать:

- реализацию процесса импульсного питания сварочной дуги с плавящимся электродом с совмещенными функциями плавления и переноса электродного металла;

- распознавание трех режимов: холостой ход, горение дуги, короткое замыкание;

- в режиме холостого хода - минимальное потребление энергии и мгновенный переход к режиму короткого замыкания при возбуждении дуги;

- при коротком замыкании — форсированное возбуждение дуги;

- при горении дуги - стабилизацию режима на стадии капли независимо от режима сварки и возмущений, гарантированный переход капли после ее образования и квазистабильность процесса;

- возможность программирования параметров режима, и их автокоррекцию в функции управляющего или возмущающего воздействия (главным возмущением является изменение пространственного положения сварочной ванны).

Реализация этих требований выполнена с помощью специализированной системы импульсного питания построенной на базе импульсно-регулируемого сопротивления (ИРС). На рисунке 1

представлена функциональная схема системы импульсного питания выполненного по принципу импульсно-регулируемого сопротивления.

В состав такой системы входят стандартный сварочный источник питания, импульсно-регулируемое сопротивление, включенное в сварочную цепь, блок управления и блок обратной связи, регулирующий частотно-импульсную модуляцию второго рода.

ИРС представляет собой сопротивление, включенное последовательно в сварочную цепь и зашунтированное полупроводниковым ключом. Во время разомкнутого состояния ключа протекает небольшой ток дежурной дуги, выполняющий две функции. Обеспечение непрерывности горения дуги и измерение отклонения длины дуги от заданного значения. При замкнутом состоянии ключа протекает ток импульса. Изменяя время замкнутого и разомкнутого состояния ключа, можно регулировать длительность импульсов и частоту их следования. Обратная связь, действующая на интервале паузы, обеспечивает квазистабильность длины дугового промежутка за счет изменения частоты следования импульсов. Полупроводниковый ключ выполнен на тиристорах с принудительной двух ступенчатой коммутацией последовательного типа с дополнительными мероприятиями по повышению устойчивости горения дуги. Причем внутренние электромагнитные процессы форсированы таким образом, что они существенно повышают физическую устойчивость горения дуги.

В этой системе питания сварочной дуги во время импульса и паузы осуществляется от выпрямителя. В качестве импульсно-регулируемого сопротивления может быть использована комбинация сопротивлений включенных последовательно, одно из которых на время импульса закорачивается полупроводниковым ключом. При разомкнутом ключе сопротивление определяет значение тока в паузе, а при разомкнутом значение тока в импульсе.

На рисунке 1 представлена функциональная схема системы импульсного питания выполненного по принципу импульсно-регулируемого сопротивления.

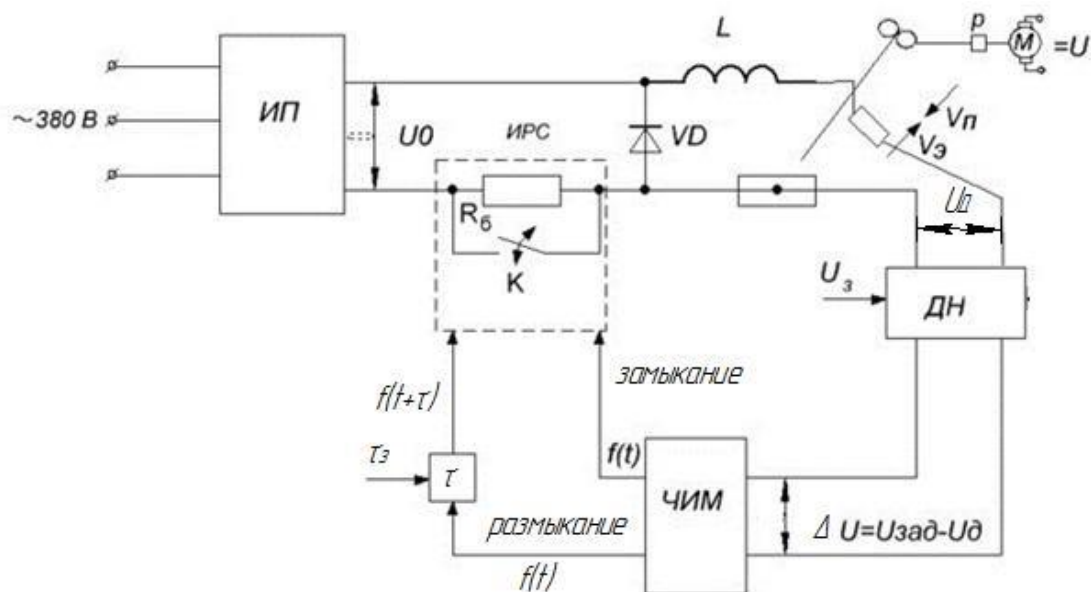


Рисунок 1 - Функциональная схема питания импульсного источника

Система состоит из источника питания ИП, балластного реостата  $R_b$ , тиристорного ключа-К, датчика напряжения ДН, частотного импульсного модулятора – ЧИМ, линии задержки-  $\tau$ ,  $\tau_3$  – заданная длительность импульсов сварочного тока, дросселя в сварочной цепи  $L$ , диода  $VD$ , шунтирующего дуговой промежуток и дроссель  $L$  в обратном направлении,  $V_n$  – скорость подачи электрода,  $V_3$  – скорость плавления электрода,  $P$  – редуктор,  $M$  – приводной двигатель,  $U_d$  – напряжение дуги

При разомкнутом состоянии тиристорного ключа- К протекает ток паузы, определяемый величиной сопротивления балластного реостата  $R_b$ . Замкнутое состояние ключа-К обеспечивает протекание тока импульса. Заданное напряжение в блоке обратной связи сравнивается с напряжением дугового промежутка, а разность этих напряжений поступает на вход частотно-импульсного модулятора (ЧИМ) и является для него модулирующей функцией. На выходе ЧИМ появляется последовательность управляющих импульсов промодулированных по частоте. Эти импульсы обеспечивают замыкание ключа К, определяя тем самым начало протекания импульса тока. Эта же последовательность импульсов, проходя через линию задержки ( $\tau$ ) с некоторым запозданием, определяемым значением ( $\tau_3$ ) также подается на ключ К и вызывает его размыкание, определяя тем самым длительность импульсов тока. При работе по программе обратная связь отключаем а частотно-импульсный модулятор работает как релаксационный генератор с заданной частотой

Импульсное питание в широком диапазоне параметров позволяет обеспечить управляемый перенос во всех пространственных положениях, что особенно важно при сварке неповоротных стыков трубопровода.

Выводы:

1. Разработанная система позволяет адаптировать структуру системы для трех режимов: холостой ход, горение дуги и короткое замыкание.

2. Система в каждом режиме осуществляет параметрическую адаптацию: в режиме холостого хода – обеспечивает энергоресурсосбережение (работает с минимальной частотой); при возбуждении с короткого замыкания – форсирует возбуждение дуги (увеличивает частоту до максимума); в режиме горения дуги – обеспечивает квазистабильность режима (дозирование энергии на расплавление каждой капли при постоянных параметрах режима).

### **Список информационных источников**

1. А.Ф. Князьков, С.А. Князьков. Активное управление плавлением и переносом электродного металла. Сварка и Диагностика. 2011. №4 С. 27-32

### **ОПТИМИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА «ГАММА-500»**

*Маслов А.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Киселев А.С, к.т.н., доцент кафедры  
оборудования и технологии сварочного производства*

На кафедре «Оборудование и технология сварочного производства» Томского политехнического университета разработано нагрузочно-регистрирующее устройство «Гамма-500», которое может быть использовано при проведении аттестационных испытаний сварочных выпрямителей и генераторов для дуговой сварки в соответствии с требованиями РД 03-614-03.

Отличительной особенностью устройства «Гамма-500» является использование вместо резистивной нагрузки электронной, управляемой микроконтроллером и обеспечивающей возможность нормирования входного тока по заданному алгоритму независимо от прикладываемого напряжения. Для оперативного анализа результатов измерений электрических параметров источников питания, а также

настройки и контроля состояния устройства в его состав включены знакосинтезирующий жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) и пульт управления.

Внутри корпуса размещены электронные блоки, которые соответствующим образом соединены между собой и с входными разъемами для подключения тестируемого источника питания. В задней стенке установлены разъем подключения сетевого кабеля и выключатель «сеть».

На рисунке 1 представлен внешний вид устройства «Гамма-500».



Рисунок 1 – Внешний вид устройства «Гамма-500» (панель управления снята)

Технические характеристики устройства «Гамма-500» приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики устройства «Гамма-500»

Наименование параметра	«Гамма-500»
Пределы регулирования входного тока, А	0...500
Дискретность регулирования входного тока, А	10
Пределы измерения входного напряжения, В	0...100
Класс точности измерений	1,0
Длительность одного цикла работы (измерения), с	2
Количество запоминаемых записей циклов работы	150
Интерфейс подключения к ПК	RS-232, US
Габаритные размеры, мм	490×290×35
Масса, кг	26

На основании опыта эксплуатации устройства «Гамма-500» был предложен вариант модернизации крепления панелей к элементам каркаса, что позволило улучшить его технические характеристики (рисунок 2).

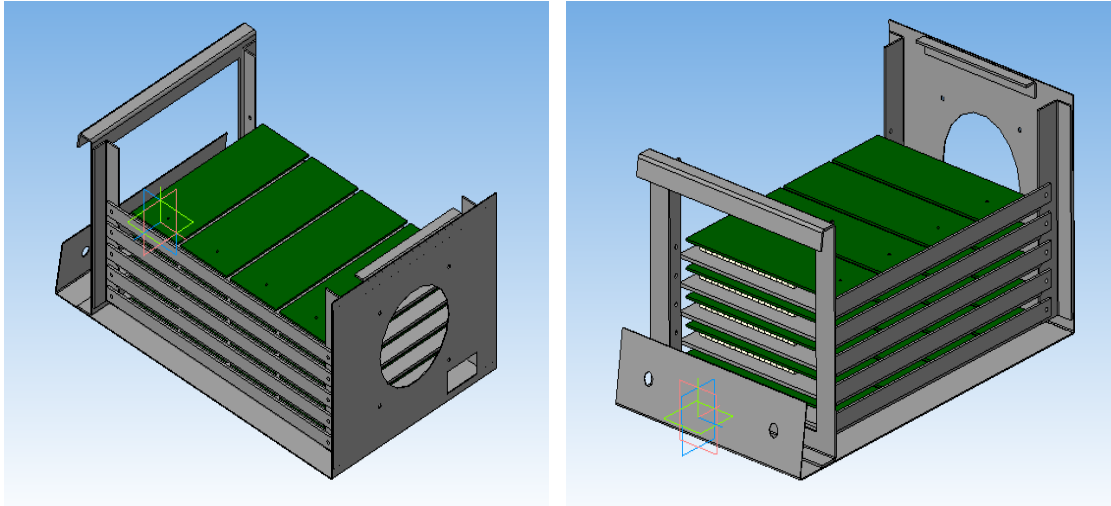


Рисунок 2 – Трехмерная модель «Гамма-500» с внесенными изменениями

С целью снижения веса устройства «Гамма-500» предложено использовать при изготовлении корпуса алюминиевый сплав, а также современные, компактные силовые полупроводниковые приборы.

### **Список информационных источников**

1. Киселев А.С., Гордынец А.С., Советченко Б.Ф. Применение электронной нагрузки для построения ВВАХ источников питания // Журнал «Сварка и Диагностика». – 2011. – № 4. – С.69-70.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ НЕФТЯНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*Панов А.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Дедюх Р.И., к.т.н., доцент кафедры оборудования и технологии сварочного производства*

Современная нефтедобывающая техника характеризуется многообразием агрегатов, оборудования и инструмента, обеспечивающих выполнение различных операций при бурении и эксплуатации скважин.

Детали насосного и бурового нефтепромыслового оборудования подвергаются в процессе эксплуатации интенсивному изнашиванию [1].

В настоящее время целый ряд деталей нефтяного оборудования восстанавливается с использованием различных методов нанесения



покрытий: ручной дуговой наплавки, наплавки в среде защитных газов, под слоем флюса и т.п. Но несмотря на широкую номенклатуру восстанавливаемых деталей, полностью решенными эти вопросы считать нельзя. В этой связи проведён анализ нефтяного оборудования и выделены детали пар трения, работающие в условиях интенсивного изнашивания, которые требуют восстановления (таблица 1) [2].

Таблица 1 – Номенклатура деталей нефтяного оборудования, требующих повышения долговечности

Оборудование	Наименование деталей	Материал
Насос ЦНС	Втулка пяты	30X13
Турбобур ЗТСШ	Диск пяты	25X1МФ
Насос 6Ш8	Зеркало	40ХН

При анализе методов повышения долговечности быстроизнашивающихся деталей было выявлено, что наиболее широкое применение для защиты деталей нефтяного оборудования от износа и коррозии получили процессы наплавки. Из новых уже применяемых в промышленности методов наплавки в последнее время все большее внимание специалистов привлекают процессы плазменной наплавки порошками, обеспечивающие высокую чистоту наплавляемых слоев [3].

Из существующих способов плазменной наплавки порошками наиболее гибким и универсальным является способ наплавки с вдуванием мелкозернистого порошка в сжатую дугу (плазменно-порошковая наплавка). Этот способ обладает такими важными преимуществами, как высокая производительность, широкая возможность легирования слоев наплавки, возможности применения любых наплавочных материалов: как самых разнообразных металлических слоев, так и композиционных материалов [4].

Цель работы – разработка технологии восстановления быстроизнашивающихся деталей нефтепромыслового оборудования плазменно-порошковой наплавкой.

### **Материалы и методы проведения исследования**

Для исследования выбрано две группы сплавов разных систем легирования: порошки самофлюсующихся хромоникелевых сплавов с бором и кремнием и порошки высокохромистых чугунов, известных под названием сормайтты. Данные сплавы очень широко применяются для восстановления деталей машин.

Наплавку проводили на серийной установке плазменно-порошковой наплавки УПН-303, в качестве подложки были выбраны сталь 40Х и 20ХНЗА. В качестве плазмообразующего, транспортирующего и защитного газа использовали аргон высшего сорта. Наплавка проводилась постоянным током обратной полярности.

Проведены испытания сплавов на стойкость против абразивного изнашивания на машине типа НК. Схема машины представлена на рисунке 1.

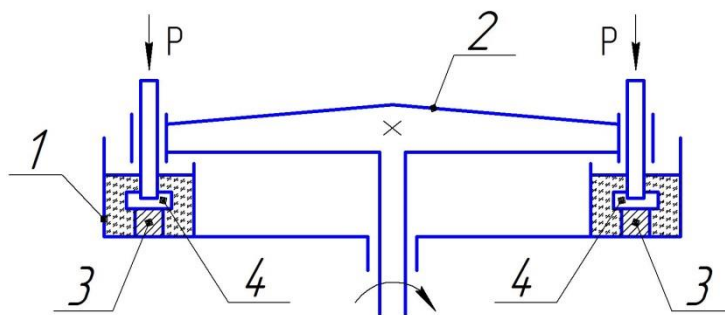


Рисунок 1 – Схема установки для испытаний сплавов на абразивное изнашивание

Машина НК имеет неподвижный кольцевой сосуд 1, на дне которого закреплено плоское кольцо 3 из красной меди. По этому кольцу скользят одинаковые по форме и размерам эталонный и испытуемый образцы, закрепленные в специальных державках 4, вращающейся поперечины 2. В сосуде 1 находится вода с абразивом. В качестве эталона использовали отожженную сталь 45. Относительную износостойкость  $\varepsilon$  определяли как отношение потери массы образца-эталона к потере массы исследуемого образца.

Для сравнения испытывали образцы из стали 25Х1МФ, которые предварительно подвергались азотированию.

Результаты испытаний представлены на рисунке 2. Из рисунка видно, что практически все исследуемые сплавы, а именно: ПР-Н77Х15С3Р2, ПР-Н73Х16С3Р3, ПР-Н70Х17С4Р4, ПГ-С1, ПР-Н65Х25С3Р3, ПГ-12Н-03, имеют более высокие значения износостойкости, чем азотированная сталь 25Х1МФ.

Так же в ходе исследований выявлено, что на качество формирования слоев при плазменно-порошковой наплавке наибольшее влияние оказывает сила сварочного тока. Для обеспечения высокой работоспособности наплавленных покрытий следует стремиться к минимальной силе тока для обеспечения минимальной доли основного металла в наплавленном и минимальное тепловое воздействие на материал подложки.

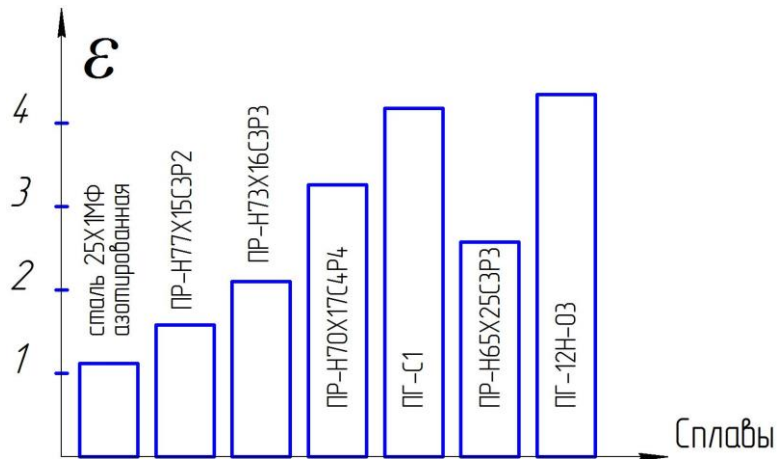


Рисунок 2 – Относительная износостойкость сплавов в условиях трения-скольжения металлических пар в гидроабразивной среде

Эффективным способом снижения среднего значения минимального тока является модуляция сварочного тока. Она также позволяет более эффективно использовать тепло сжатой дуги, за счёт чего повышается коэффициент использования порошковых материалов.

На рисунке 3 (а) видно, что при наплавке модулированным током среднее значение минимального тока, при котором наблюдается удовлетворительное формирование наплавляемых слоёв, меньше, чем при наплавке постоянным током.

Оценка влияния модуляции тока на другие характеристики процесса наплавки представляет практический интерес. В этой связи сравнивали эффективность использования сжатой дуги при наплавке модулированным и постоянным токами. Для этого определяли полный тепловой КПД процесса наплавки [5].

На рисунке 3 (б) видно, что значения полного теплового КПД процесса наплавки  $\eta_u$  модулированным током выше, чем при наплавке постоянным током.

В результате проделанной работы разработан типовой технологический процесс восстановления деталей нефтяного оборудования с помощью плазменной порошковой наплавки.

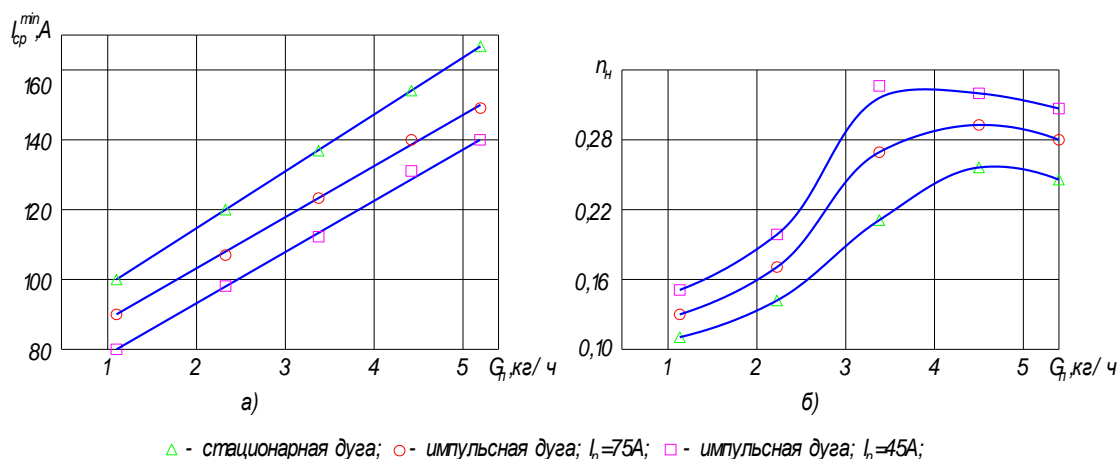


Рисунок 3 – а) Зависимость среднего значения минимального тока от расхода порошка и характера ввода тепла; б) Зависимость полного теплового КПД наплавки от расхода порошка и характера ввода тепла

Таким образом, разработанный типовой технологический процесс может быть рекомендован для использования на производстве для восстановления деталей нефтяного оборудования с целью повышения эксплуатационного периода.

### Список информационных источников

1. Спиридонов Н.В. Методы упрочнения деталей нефтяного оборудования: Обзорная информация. Сер. Машины и нефтяное оборудование. – М.: ВНИИОЭНГ, 1983. – Вып. 13 – 44 с.
2. Пивоваров Э.В. Повышение долговечности подшипников скольжения турбобуров при бурении нефтегазовых скважин в условиях КОМИ АССР// Машины и нефтяное оборудование. – 1976. - №4. – С. 23-23.
3. Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. – М.: Машиностроение, 1987. – 192 с.
4. Гладкий П.В., Фруммин И.И. Плазменная наплавка// Автоматическая сварка. – 1965. – №3. – С. 23-27.
5. Теория сварочных процессов: Учебник для вузов/ В.Н. Волченко, В.М. Ямпольский, В.А. Винокуров и др.; под ред. В.В. Фролова.- М.: Высшая школа, 1988.- 559 с.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОБСТВЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СВАРКИ

*Князьков А.Ф., Маурин Е.О., Петухов Д.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Князьков А. Ф., к.т.н., доцент кафедры  
оборудования и технологии сварочного производства*

В настоящее время на практике использование магнитного поля в качестве полезного действия до конца не изучено. Авторами работы ведутся исследования по использованию магнитного поля в качестве управления сварочной дугой для формирования сварного шва.

## 1. Причины появления магнитного дутья.

При прохождении тока по элементам сварочной цепи, в том числе и по основному металлу возникает круговое магнитное поле тока, так называемое собственное магнитное поле (магнитное дутье). Обычно собственное магнитное поле дуги отрицательно влияет на формирование сварного шва и поэтому изменение его действия для создания положительного эффекта является перспективным.

Круговые линии магнитного поля в системе источник питания-электрод-дуга-изделие-токоподвод строго перпендикулярны движению тока в этой системе. В этом случае, если токоподвод подключен к свариваемому изделию вдали дуги то, при протекании тока в системе источник питания-электрод-дуга-сварочная ванна при нарушении симметрии магнитного поля относительно электрода вследствие смещения электрода относительно точки подвода тока к изделию возникает отклонение дуги. И наоборот, если токоподвод подключен к свариваемому изделию вблизи горения дуги, то дуга не отклоняется. [1] Сущность этого процесса представлена на рисунке 1.

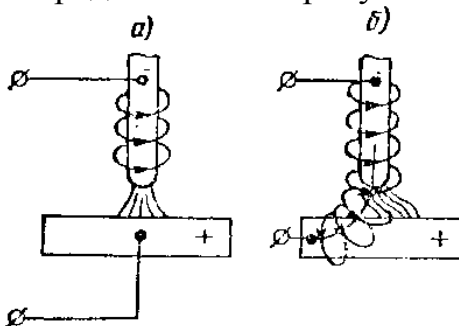


Рисунок 1– Действие собственных магнитных полей на дугу.

## 2. Влияние магнитного дутья на процесс сварки.

Причиной возникновения магнитного дутья является взаимодействие двух магнитных полей – магнитного поля тока протекающего по электроду и дуге, и магнитного поля тока протекающего по изделию.

Также на сварочную дугу может влиять магнитное поле постоянного магнита, при этом будет проявляться эффект магнитного дутья.

Действие ферромагнитных масс на отклонение дуги обусловлено тем, что магнитная проницаемость ферромагнитных материалов в тысячи раз больше магнитной проницаемости воздуха, Влияние ферромагнитных масс на отклонение сварочной дуги изображено на рисунке 2.

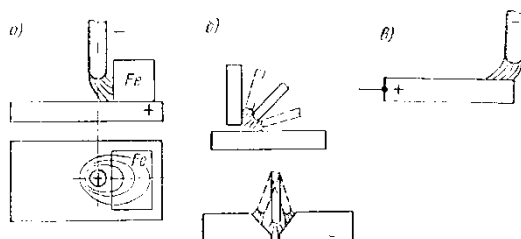


Рисунок 2 – Влияние ферромагнитных масс на отклонение сварочной дуги.

## 3. Методы ликвидации магнитного дутья.

Ниже приведены способы ликвидации магнитного дутья:

- Наклон электрода;
- Применение переменного тока высокой частоты;
- Изменение точки подвода тока.

## 4. Методы использования магнитного дутья для управления процессом сварки.

В работе [2], говорится, что если поочередно подключать ток к изделию в точках 1 – 4, то дуга 5 будет отклоняться в направлении стрелок: А, Б, В и Г на рисунке 3.

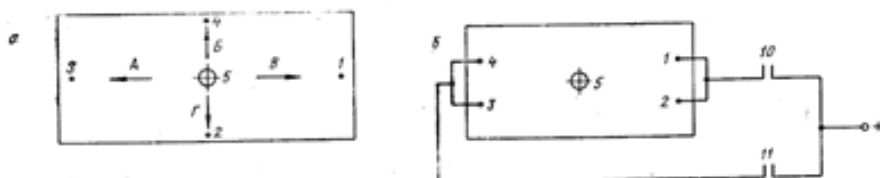


Рисунок 3 – Схема подвода тока в четырех точках.

Это будет предавать дуге вращательное движение по часовой стрелке. Если порядок подключения изменить на обратный: (1, 4, 3, 2), то дуга будет вращаться против часовой стрелки. Таким образом, изменяя порядок подключения характерных точек на изделии, можно добиться движения дуги по самым разнообразным траекториям, которые будут обеспечивать наиболее высокое качество сварного шва. Недостатками данного способа являются: при изменении режима сварки будет изменяться характер переноса электродного металла. Отклонение дуги под действием собственного магнитного поля будет зависеть от величины сварочного тока. Рекомендованное подключение к источнику тока последующей точки при не отключенной предыдущей снижает эффективность способа. Рекомендованное синхронное перемещение точек подключения с помощью скользящих контактов существенно усложняет реализацию способа.

В следующей работе [3] автор предлагает наиболее универсальный подход к управлению пространственным положением дуги на свариваемых кромках, подход, основанный на изменении параметров собственного магнитного поля дуги, а именно использовании эффекта магнитного дутья. Применение данного подхода позволяет существенно повысить стабильность и снизить зависимость эффективности управления пространственным положением сварочной дуги от условий существования процесса сварки. На рисунке 4 автор работы [3] по циклограмме описывает изменение координаты центра пятна нагрева сварочной дуги, при совершении колебаний в направлении, поперечном от оси стыка. В его работе он вводит понятия:  $T$  – период колебаний,  $T_1$  – время нахождения пятна нагрева дуги на одной и на второй –  $T_2$  свариваемых кромках,  $t_p$  – время паузы, т.е. нахождение центра пятна нагрева дуги на оси свариваемого стыка. Время нахождения пятна нагрева сварочной дуги на одной и второй свариваемых кромках, как утверждает автор, может быть различным. Автор вводит понятие количественно задаваемой характеристикой отношения времени  $T_1$  и  $T_2$  к общему времени цикла, это параметр –  $B$ , названный балансом процесса.

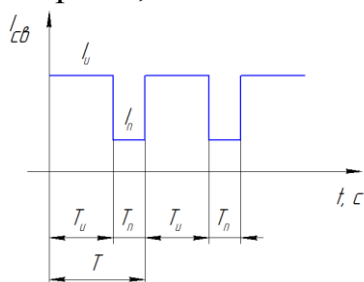


Рисунок 4 – Циклограмма изменения мощности сварочной дуги.

Недостатками данного способа являются: способ имеет ограниченную область применения. Только для сварки неплавящимся электродом и плоских изделий. Для хорошего скользящего контакта необходима специальная обработка поверхности. Громоздкость устройства. Низкая частота переключения точек подвода тока к изделию.

#### 5. Перспективы использования собственного магнитного поля для управления процессом сварки.

Анализ состояния вопроса использования собственного магнитного поля дуги, для управления процессом сварки показал, что при протекании тока по проводнику образуется магнитное поле, которое отрицательно влияет на формирование сварного шва. Однако можно использовать эффект магнитного дутья для формирования сварного шва, но чтобы избежать недостатки приведенные выше необходимо применение импульсного питания сварочной дуги.

Вывод: В результате проведения анализа состояния вопроса использования собственного магнитного поля сварочной дуги были выявлены недостатки существующих методов, а также предложен новый способ сварки с использованием импульсной системы питания.

### **Список информационных источников**

1. Технология электрической сварки плавлением. Думов С.И. Третье издание переработанное и дополненное 1987г.

2. А.М. Макара, А.Т. Назарчук, В.Г. Гордонный и А.Т. Дибец // Способ дуговой сварки плавлением с использованием в качестве источника сварочного нагрева электрической дуги. Бюллетень №12.30.03.75 // ЦНИИПИ Государственного комитета Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий.

3. И.В. Смирнов. Пространственно – параметрическое управление тепловложением при дуговой сварке. Сварка и диагностика. 2013. №4.



## СИСТЕМА ИМПУЛЬСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СВАРКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ

*Князьков А.Ф., Поляков Ю.В., Зевакин И.А.  
Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Князьков А.Ф., к.т.н., доцент кафедры  
оборудования и технологии сварочного производства*

Порошковая проволока представляет интерес для автоматизации процесса сварки неповоротных стыков магистральных трубопроводов. В настоящее время для механизированной сварки неповоротных стыков магистральных трубопроводов применяются порошковые проволоки типа INNERSHIELD марок NR-207 диаметром 1.7 мм и 208Н диаметром 1.7 и 2.0 мм на прямой полярности стационарной дугой без дополнительной защиты. Такой процесс реализуется при большом значении сварочного тока (200-300) А и сопровождающийся большим разбрызгиванием. При прохождении вертикального участка (близкого к нему) необходимо накладывать корректирующие швы, чтобы выровнять сварочный шов. Кроме того, при изменении режима сварки( по величине сварочного тока) изменяется условия нагрева, плавление и разложение шихты, что приводит к нарушению защиты, возможности попадания нерасплавленных частиц шихты в сварочную ванну, разной степени завершения металлургических реакций на стадии капли и изменение химического состава наплавленного металла.

На основании исследований проведенных на кафедре можно заметить, что во время импульса, при сварке порошковой проволокой, оболочка цилиндрической проволоки плавится быстрее, чем сердечник. При этом остается значительная выступающая часть не оплавленного сердечника из шихты, которая может попадать в сварочную ванну, образуя дефект сварного соединения. Из этого следует вывод, что применение чисто импульсного питания для сварки порошковой проволокой с цилиндрической оболочкой недопустимо. Для решения этой проблемы была разработана оптимальная форма циклограммы, позволяющая реализовать этот процесс (рисунок 1).

Процесс происходит следующим образом. Капля электродного металла плавится сложным импульсом. На промежутке времени  $t_1-t_2$  происходит плавление порошковой проволоки при оптимальной силе тока. В момент времени  $t_2-t_3$  происходит импульс тока, который переносит расплавленную каплю электродного металла в сварочную ванну. Затем в промежуток времени  $t_3-t_4$  ток уменьшается до дежурного, при котором напряжение выравнивается.

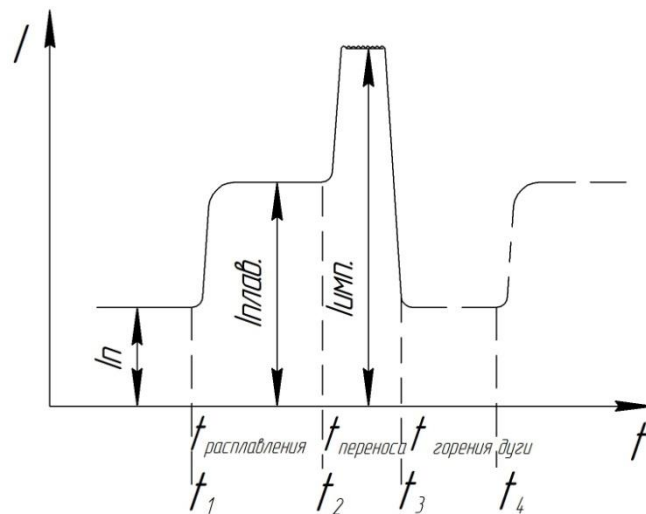


Рисунок 1 – Циклограмма процесса сварки порошковой проволокой

Для реализации такой циклограммы разработан импульсный источник питания сварочной дуги, синтезированный из различных систем, функциональная схема которого представлена ниже (рисунок2) [1, 2].

Функциональная схема содержит основные блоки и узлы для формирования импульсов сварочного тока:

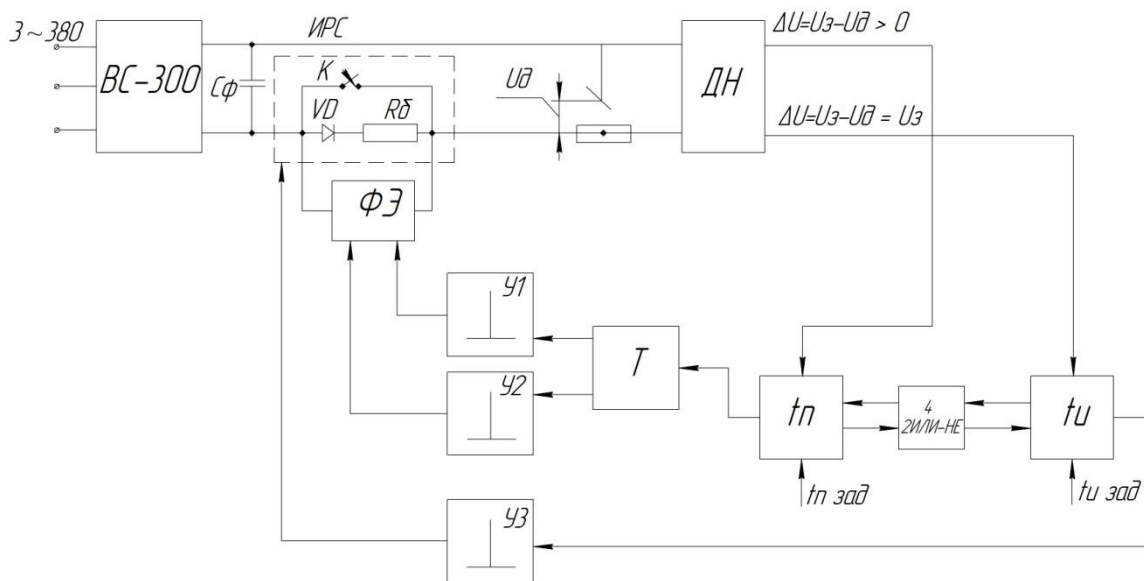


Рисунок 2 – Функциональная схема системы импульсного питания

где BC – 300 - источник питания постоянного тока с внешней, крутопадающей вольтамперной характеристикой; ИРС – импульсно регулируемое сопротивление состоящее из тиристорного ключа K и Rδ -балластного сопротивления, обеспечивающего протекание тока паузы;

ДН - датчик напряжения с двумя выходами, с одного выхода снимается текущее отклонение дугового напряжения от заданного, а с другого выхода фиксируется наличие короткого замыкания;  $t_i$  - таймер отсчитывающий длительности импульса;  $t_p$  - таймер отсчитывающий длительности паузы; У1, У2, У3 – импульсные усилители; ФЭ – формирующий элемент состоящий из однофазной мостовой схемы на тиристорах и однородной искусственной формирующей линии[2]; Т-триггер; интегральная микросхема 4 2ИЛИ-НЕ – микросхема согласующая работу таймеров длительности импульсов и длительность паузы; VD – блокирующий диод.

Работа схемы происходит следующим образом. При горении дуги на интервале паузы скорость плавления электрода значительно меньше скорости подачи, поэтому торец электрода приближается к изделию. Ток паузы протекает через балластный реостат Rб и блокирующий диод VD. Напряжение дугового промежутка уменьшается, что фиксируется цепью обратной связи. В момент когда  $U_d = U_z$  на одном из выходов таймера отсчитывающего длительность паузы ( $t_p$ ) появляется сигнал который через элемент 4 2ИЛИ-НЕ запускает таймер отсчитывающий длительность импульса. При этом в этот же момент времени с другого из выходов таймера ( $t_i$ ) поступает сигнал на усилитель У3. С выхода усилителя, сигнал поступает на замыкание ключа К. Это происходит в момент времени  $t_1$ . Начинает протекать ток расплавляющий каплю. Длительность протекания тока и размеры капли дозируются таймером  $t_i$ . В момент времени  $t_2$  таймер срабатывает. При этом заканчивается дозирование энергии на расплавление капли и со второго выхода таймера через элемент 4 2ИЛИ-НЕ запускается таймер на длительность паузы ( $t_p$ ). В момент срабатывания таймера ( $t_p$ ) с одного из его выходов поступает сигнал на вход Т-триггера. При этом с одного из выходов Т-триггера поступает сигнал на усилитель У1. После усиления с выхода У1 сигнал поступает на один из входов формирующего элемента ФЭ. При этом на интервале  $t_2 - t_3$  протекает импульс тока переносящий каплю в сварочную ванну в любом пространственном положении. С момента  $t_3$  начинает протекать ток паузы. Время паузы отсчитываемое таймером  $t_p$  корректируется при помощи цепи обратной связи. В момент времени  $t_4$  напряжение дуги становится равным заданному, таймер срабатывает и сигналом с одного из выходов через элемент 4 2ИЛИ-НЕ запускает таймер ( $t_i$ ). В этот момент с одного из выходов таймера через усилитель У3 включается ключ К и процесс повторяется.

Длительность импульса на расплавление капли заданных размеров  $t_{i\text{заданное}}$  задается предварительно и в процессе сварки ограничивается

до минимального значения в случае короткого замыкания (при первоначальном возбуждении дуги с короткого замыкания или при случайном коротком замыкании в процессе сварки) цепью обратной связи.

Длительность паузы  $t_{п\text{заданное}}$  устанавливается максимальной из условия энергоресурсосбережения в режиме холостого хода. В процессе сварки длительность паузы будет определяться автоматически цепью обратной связи в функции скорости подачи электрода, обеспечивающее равенство  $U_d = U_z$  в моменты времени  $t_1, t_4$  и т.д.

Выводы:

1) Особенностью схемы является то, что импульс, создаваемый формирующим элементом, выполняет две функции:

- формирует расплавленный металл на торце электрода в каплю и переносит ее в сварочную ванну в любом пространственном положении;

- переводит тиристор, через который протекает ток на расплавление капли, являющийся полупроводящим элементом в непроводящее состояние.

2) Система импульсного питания имеет переменную структуру:

- на интервале протекания дежурного тока работает цепь из последовательно соединенных блокирующего диода VD и балластного сопротивления Rб;

- на интервале дозированного расплавления капли ток протекает через тиристорный ключ К;

- на интервале выключения тока расплавляющего каплю, ток формируется импульсным элементом с одновременным выключением фронтом формируемого импульса тиристорного ключа К.

### **Список информационных источников**

1. Устройство для импульсного питания сварочной дуги. Пат. 2457088 РФ. А.Ф. Князьков, Ю.В. Сотокина, С.Ф. Князьков, Д.В. Уткин; Оpubл. 23.12.2010.

2. Устройство для формирования импульсов сварочного тока. Пат. 2343051 РФ. / А.Ф. Князьков, В.Л. Князьков, О.С. Бирюкова, В.А. Устинов.; Оpubл. 10.01.2009.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ**

*Попов Ю. С.*

Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Киселев А. С., к.т.н., доцент кафедры  
оборудования и технологии сварочного производства

Одним из перспективных направлений развития сварочного производства является оптимизация переноса металла при дуговой сварке плавящимся электродом с целью уменьшения разбрызгивания на завершающей стадии короткого замыкания [1, 2].

Решение этой проблемы направленно на снижение уровня налипания капель расплавленного металла на поверхность околошовной зоны.

Первоначально исследовали особенность разрушения перемычки жидкого металла на экспериментальной установке (Рис. 1), в состав которой входят: специализированный источник питания (ИП); блок управления (БУ); шунтирующий тиристор (VS); выключатель Q; цепь нагрузки (1); цифровой осциллограф (2); клеммы (3).

Специализированный источник питания позволяет нормировать амплитудно-временные параметры униполярных импульсов тока таким образом, чтобы обеспечивать интенсивный локальный нагрев металла проволоки в наименьшем её сечении до температуры плавления и последующее разрушение образовавшейся жидкой перемычки. Блок управления обеспечивает контроль напряжения на нагрузке и включение тиристора VS при превышении напряжения порогового значения.

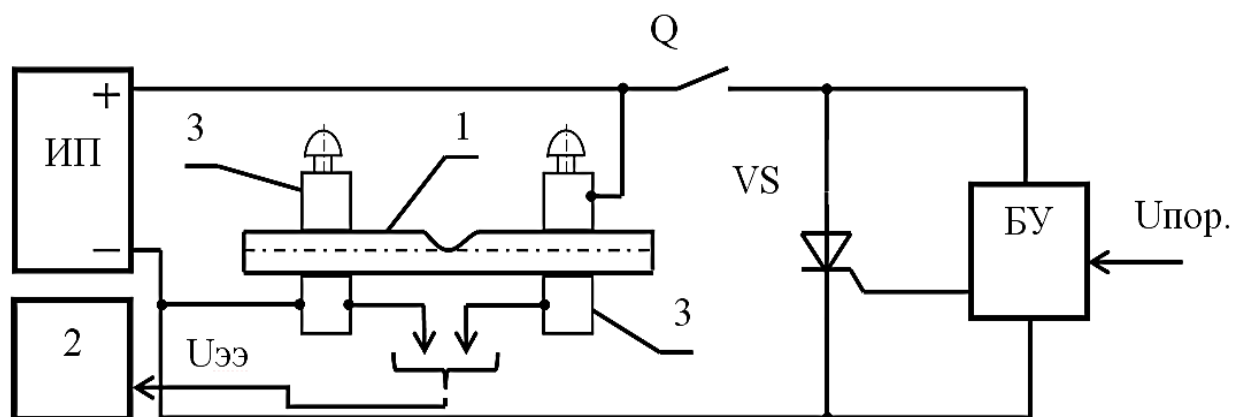


Рис. 1. Функциональная схема экспериментальной установки.

В качестве нагрузки использовали проволоку Св-08Г2С (ГОСТ 2246-70) диаметром 1мм и длиной  $45 \pm 3$ мм с искусственно созданным концентратором в средней части в виде меньшего сечения (Рис. 2).

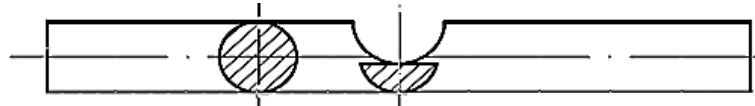
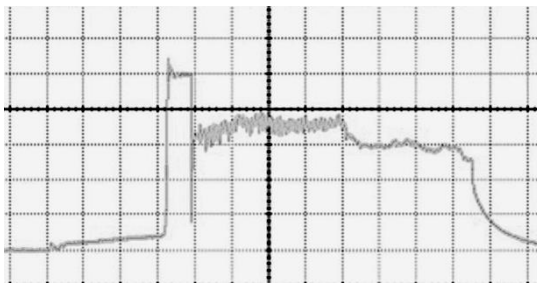
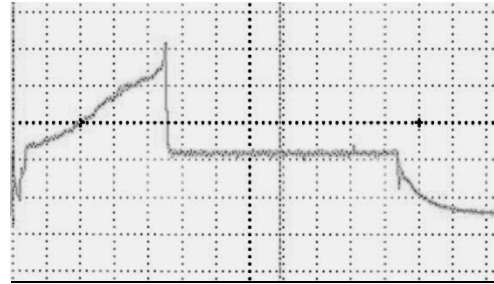


Рис. 2 – проволочный образец

При проведении экспериментальных исследований осуществляли нагрев проволочного образца кратковременным импульсом тока ( $i=1375$  А;  $t=20$  мс) и регистрировали величину падения напряжения на нагрузке (Рис. 3).



а)  $\mu u=10$  В/дел;  $\mu t=2$  мс/дел



б)  $\mu u=2$  В/дел;  $\mu t=2$  мс/дел

Рис. 3 Осциллограммы напряжения на нагрузке: а – без шунтирования (Q – выкл.), б – с шунтированием (Q – вкл.).

Анализ полученных результатов показал, что применение эффекта шунтирования тока (Q – вкл.) на завершающей стадии существования жидкой перемычки способствует ограничению энергии взрыва и, соответственно, позволяет уменьшить разбрызгивание металла [3, 4].

С целью подтверждения эффективности полученных результатов адаптировали схему ограничения тока в источник питания для ручной дуговой сварки ВДЭ-160. Осуществили наплавку валиков на поверхность пластины из стали 09Г2С (150x100x5мм) электродом LB-52U диаметром 3,2 мм. При этом часть шва выполняли при отключенном блоке шунтирования, а часть - при подключенном (Рис. 4).

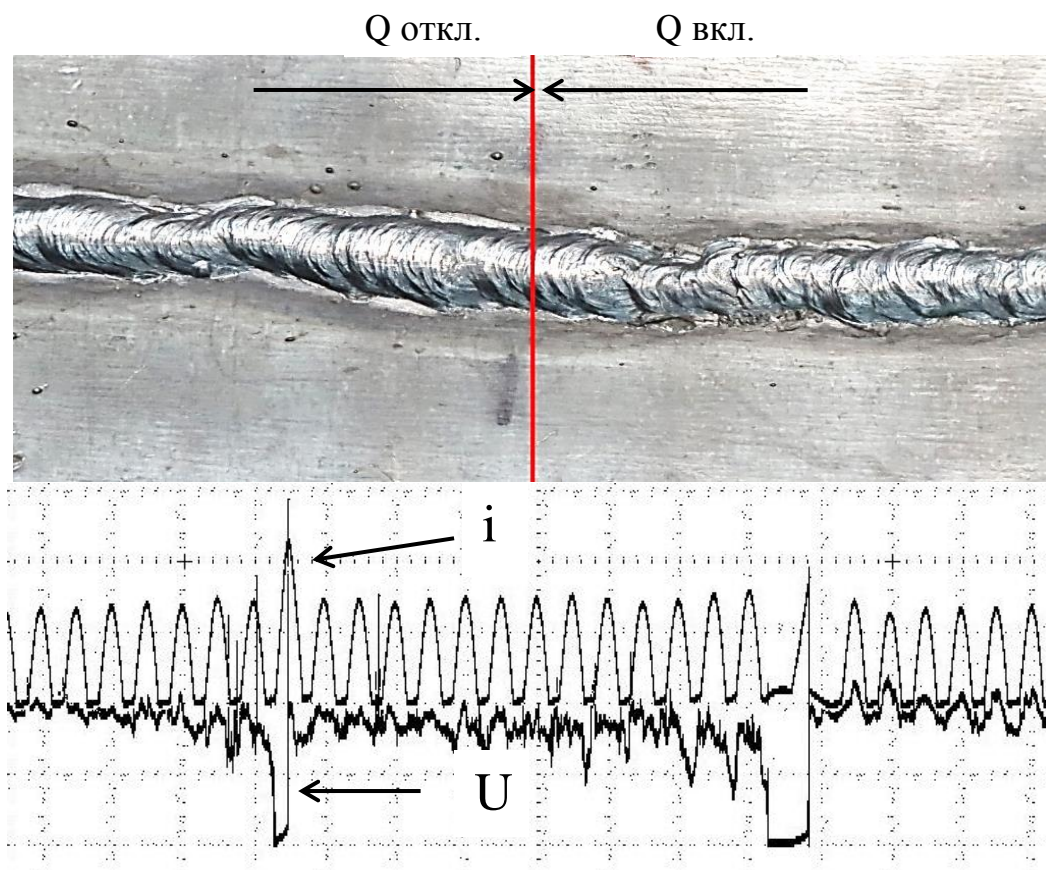


Рис. 4 фото пластины и осциллограммы.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, о том, что адаптированная в источник питания для ручной дуговой сварки схема ограничения является эффективным способом снижения разбрызгивания электродного металла при сварке. Работоспособность адаптированной схемы подтверждает осциллограмма тока в сварочной цепи и напряжения между электродом и изделием, а также фотография соответствующей поверхности наплавленной пластины.

Вывод: предложенный метод ограничения энергии взрыва перемычки электродного металла при дуговой сварке является эффективным способом снижения разбрызгивания.

### Список информационных источников

1. К вопросу о механизме разрушения перемычки жидкого металла между электродом и сварочной ванной / В. В. Степанов, В. Н. Белоусов, Д. Д. Остров // Сварочное производство. 1977. № 1. С. 3-8.
2. Атрощенко В. В., Тэфанов В. Н., Краев К. А. Экспериментальные исследования и построение математической модели процесса сварки плавящимся электродом // Сварка. Контроль.

Реновация. – 2006 : тр. 6-й науч.-техн. конф. Уфа : Гилем, 2007. - С. 12-17.

3. Лосев, В. Г. Способ электродуговой сварки плавящимся электродом с короткими замыканиями дугового промежутка. А.с. 519293.

4. Киселев А.С., Гордынец А.С., Дедюх Р.И. Способ дуговой сварки с управляемым переносом электродного металла и устройство для его осуществления // Патент RU 2 359 769 С1, 2009.

## **СПОСОБ ЗАМЕНЫ СТРУЖКИ ПРИ ВЫПЛАВКЕ ФЕРРОСИЛИЦИЯ**

*Соловян А.В.*

*Юргинский технологический институт*

*Томского политехнического университета, г. Юрга*

*Научный руководитель: Теслева Е.П., к. ф-м.н., доцент кафедры  
естественнонаучного образования*

В любом восстановительном металлургическом процессе шихта состоит из рудной составляющей и восстановителя. В производстве ферросилиция рудным компонентом шихты является кварцит, а восстановителем – коксовый орешек. Для получения ферросилиция помимо кремниевой руды и восстановителя необходим железосодержащий материал.

Железо в шихту можно ввести в виде оксидов (руда, окатыши, окалина), в виде частично восстановленного материала (металлизированные окатыши, отходы от машин огневой зачистки слитков) или в виде стальной, чугуновой стружки или их смеси – доменного присада.

Производство ферросилиция относится к бесшлаковым процессам, точнее – малошлаковым, поскольку кратность образующегося шлака составляет в среднем около 3% [1]. Шлак формируется в печи из примесей кварцита и золы восстановителя, поэтому традиционно, чтобы не увеличивать кратность шлака и не повышать удельный расход электроэнергии, железо в шихту вводится в виде стальной или чугуновой стружки.

Чугунная стружка в отличие от стальной не спутывается, хорошо дозируется, содержит минимум вредных примесей (хрома, никеля, меди), но при этом имеет в 4 раза большую концентрацию фосфора. Поэтому стружка из литейного чугуна обычного качества при производстве ферросилиция марок ФС45 и ФС65 имеет ограниченное



применение (40-60% от массы стальной стружки), а при производстве ферросилиция марки ФС75 может заменять до 100% стальной стружки. При выплавке ферросилиция марки ФС45 неограниченное применение имеет стружка из рафинированного от фосфора синтетического чугуна, в котором концентрация фосфора находится на уровне сталей рядового качества.

Предприятия, которые занимаются производством ферросилиция, приобретают металлическую стружку у специализированных поставщиков. На сегодня, в связи с резким изменением котировки курса доллара по отношению к рублю возникла проблема дефицита стружки. Основные специализированные поставщики стружки в 2015 году поспешили массово отгрузить весь имеющийся запас в зарубежные страны. Машиностроительное производство в России переживает спад выпуска продукции, и как следствие, выдает недостаточное количество стружки, которое не позволяет обеспечить потребность ферросплавной промышленности.

Таким образом, на сегодняшний день возникла острая необходимость использования заменителей железной стружки. При выборе материалов, которые могли бы заменить стружку необходимо руководствоваться следующими принципами:

1. Максимальная концентрация железа в материале.
2. Минимальная концентрация фосфора.
3. Минимум оксидов алюминия и титана.

Для сохранения текущих объемов производства ферросилиция были проанализированы и проработаны возможные варианты замены железной стружки.

*1. Полная замена стружки железной рудой.* Одним из возможных вариантов является использование железной руды вместо стружки. Из опыта выплавки ферросилиция на «Ключевском заводе ферросплавов» (Свердловская обл.) известно, что в 1959г. на одной из печей, выплавляющих ферросилиций марки ФС75, железную стружку заменяли железной рудой. Позднее, в 1971 году П.В. Топильский и др. на УЗФ повторили опыты по полной замене стружки железной рудой [2]. Результаты этих опытных компаний показали, что данный способ замены возможен, но при этом значительно увеличивается удельный расход электроэнергии. По мнению М.А. Рысса [3] применение железной руды является нецелесообразным, т.к. она вносит большое количество шлакообразующих компонентов и требует дополнительных, значительных затрат электроэнергии и углерода на восстановление оксидов железа и нагрев шлака.

2. *Замена стружки металлическим ломом (скрапом).* В качестве заменителя стружки возможно применение высокоуглеродистого низколегированного лома. Однако для введения его в шихту необходимо провести работы по его измельчению и сортировке. Для этого предприятие должно приобрести соответствующую рубительную машину либо обратиться к организациям, имеющим данное оборудование. Недостатком данного метода является значительное увеличение стоимости продукта.

3. *Частичная замена стружки железистым кварцитом.* Опыт ОАО «Серовский завод ферросплавов» (Свердловская обл.) показывает, что при определенных условиях можно часть стружки заменять высококачественной кусковой железной рудой (в частности Криворожского бассейна). Куски железной руды в верхних горизонтах печи восстанавливаются богатым оксидом углерода (CO) противоточным газом. В связи с наличием железистых кварцитов с содержанием 34-44% Fe возможно их использование взамен части кварцита и железной стружки. Однако применение железистых кварцитов в кусковом виде затруднено по ряду причин. Структура железистых кварцитов такова, что кремнезем и минералы железа имеют тонкое прораствание. При температурах колошника и, тем более верхних горизонтов ванны, оксиды железа, восстановившиеся до закиси железа, активно взаимодействуют с оксидом кремния ( $\text{SiO}_2$ ) с образованием легкоплавких составов на основе фаялита ( $2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$ ). Образование жидкой фазы резко уменьшает электросопротивление содержимого в ванне печи, приводит к сегрегации компонентов шихты, спеканию колошника, что, в конечном счете, нарушает электрический и газовый режим работы печи [4].

Чтобы избежать приведенных выше недостатков, А.А.Чайченко и В.А.Кравченко [5] подвергли брикетированию и окатыванию хвосты обогащения железистых кварцитов совместно с газовым углем на сульфитно-спиртовой барде (8-10% от массы сухих материалов). Опытные плавки проводили в печи ОКБ-616 мощностью 1200 кВт·А. Полученный ферросилиций марки ФС75 по данным авторов отвечал требованиям стандарта. Удельный расход электроэнергии был на 12,3% ниже, чем в плавках на обычной шихте, а извлечение кремния в сплав – на 9,7% выше. Описанные опыты были проведены в 1971г. С тех пор существенно повысились требования к качеству ферросилиция по содержанию примесных металлов, усовершенствованы технологические параметры выплавки ферросилиция, а так же претерпела изменение стоимость различных материалов и технологических переделов.

4. *Частичная замена стружки железорудными неофлюсованными окатышами.* Окатыши – комочки измельченного рудного концентрата. Полуфабрикат металлургического производства железа. Является продуктом обогащения железосодержащих руд специальными концентрирующими способами.

Ферросплавная компания ОАО «Кузнецкие ферросплавы» используя положительный опыт работы А.А.Чайченко и В.А.Кравченко выплавляет ферросилиций с использованием неофлюсованных железорудных окатышей АО «Соколовско-сарбайского горно-обогатительного производственного объединения» (Казахстан).

Проведение опытных плавки на ОАО «КФ» подтвердило результаты работы ОАО «СЗФ». В шихте образовались легкоплавкие составы на основе фаялита, что, в конечном счете, нарушает электрический и газовый режим работы печи.

Обобщив вышесказанное можно сделать следующие выводы:

1. Замена металлической стружки неофлюсованными железорудными окатышами при производстве ферросилиция возможна.
2. Использование окатышей требует подбора, как электрического режима, так и процентного содержания компонентов шихты.
3. При использовании окатышей как заменителя металлической стружки необходимо подобрать соответствующие флюсовые добавки.
4. Использование окатышей вызывает потери производства и перерасход электроэнергии.
5. Расчет экономической эффективности показывает, что низкая стоимость окатышей перекрывается высокой стоимостью перерасхода электроэнергии и вспомогательных материалов.

### **Список информационных источников**

1. Толстогузов Н.В. Теоретические основы и технология плавки кремнистых и марганцевых сплавов. М.: Металлургия. 1992 г. – 241 с.
2. Топильский П.В., Друинский М.И., Рукавишников Н.В., Меликаев Н.П., Пасюков В.Н. Выплавка ферросилиция с частичной заменой стальной стружки губчатым железом. // Сталь. 1971. №1.-С.333.
3. Рысс М.А. Производство ферросплавов. М.: Металлургия. 1985. – 344 с.
4. Зубов В.Л., Гасик М.И. Электрометаллургия ферросилиция. Днепропетровск: Системные технологии, 2002. – 704 с.
5. Чайченко А.А., Кравченко В.А. Исследование возможности производства ферросилиция из окискованных хвостов от обогащения железистых кварцитов. // Сталь. 1971. №10. – С. 915.

# **ЧИСЛЕННЫЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОТВОДЯЩИХ ПОКРЫТИЙ НА СТРУКТУРНОФАЗОВЫЙ СОСТАВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТОНКОЛИСТОВОЙ СТАЛИ СтЗ**

*Усов С.С., Табанов А.М.*

*Научный руководитель: Кректулева Р.А., к. ф. – м.н., доцент  
кафедры оборудования и технологии сварочного производства*

Эксплуатационные качества сварных соединений существенно зависят от структурнофазовых превращений в сварочной ванне, которые определяются многими факторами: составом сталей, режимами тепловой обработки, типом источника нагрева, геометрией обрабатываемых стальных слитков и другими причинами. В связи с этим представляет большой научный и практический интерес поиск средств и методов управления внутренней структурой сварного шва и околошовной зоны на стадии проектирования технологического процесса. Реализация идеи предпроектной подготовки важна еще и потому, что прямой контроль качества сварного соединения непосредственно в технологическом процессе трудноосуществим из-за критических условий самого производства: мощных электромагнитных полей, высоких температур до нескольких тысяч градусов, сильного светового излучения и других факторов. Надо также отметить, что с уменьшением толщины свариваемых изделий увеличивается вероятность сквозного проплавления (прожога) и утечки расплава металла, что недопустимо по причине явного брака. Для предотвращения таких ситуаций часто применяются теплоотводящие подложки из меди или алюминия. Их использование позволяет сохранить сплошность сварного шва, но одновременно с этим влияет на структурнофазовые превращения в сварном шве и зоне термического влияния.

Целью данной работы является исследование особенностей тепловых процессов в сварочной ванне при сварке тонколистовой стали СтЗ с применением теплоотводящих покрытий и оценка их роли в формировании внутренней структуры шва и зоны термического влияния. Решение задачи осуществлялось в две стадии. На первой стадии применяли средства автоматизированного проектирования (САПР) на основе программного обеспечения «Meza» [1,2], чтобы создать компьютерную модель процесса и численно рассчитать режимы, толщину подложки и ширину зазора (Рис.1), при которых получают сварные соединения с требуемыми по ГОСТу размерами.

Проектирование проводили для аргодуговой сварки неплавящимся электродом.

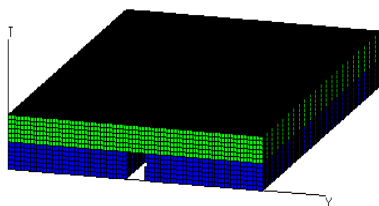


Рис.1. Компьютерная модель стального образца с теплоотводящей подложкой.

На второй стадии по рассчитанным режимам осуществляли физический эксперимент и получили сварные соединения, в которых исследовали микроструктурные изменения в зависимости от режимов сварки.

Надо отметить, что на качество внутренней структуры сварного соединения оказывают влияние все блоки технологической цепи «источник питания – дуга – сварочная ванна – сварной шов – внутренняя структура». Чтобы установить все эти взаимосвязи, вначале численно и экспериментально исследовали сталь Ст3 без подложки. Применяли методику проведения исследований, изложенную в работе [3].

Поскольку для этой марки стали диаграмма состояния хорошо известна, то ее сопоставление с расчетными температурными характеристиками свариваемой стали позволяет установить все области структурнофазовых переходов в моделируемом образце и затем путем наложения расчетных зон на реальный шлиф (Рис. 2) проверить точность прогноза.

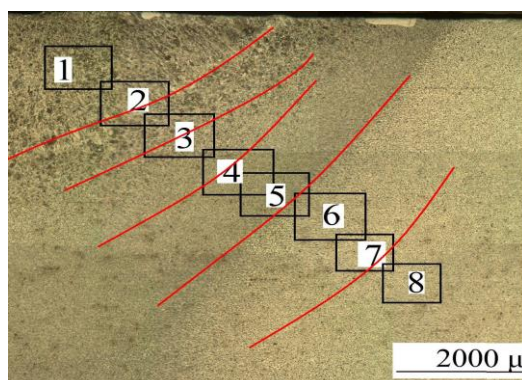


Рис.2. Макрошлиф сварного соединения с отметкой расчетных зон структурнофазовых превращений: 1 – плавление, 2 – граница сплавления, 3 – зона перегрева, 4 – переход к нормализации, 5 – зона нормализации, 6 – неполная перекристаллизация, 7 – рекристаллизация, 8 – основной металл.

Это сравнение было выполнено для различных режимов аргонодуговой сварки. Получен своеобразный атлас микроструктур, который в последующем использовали для оценки результатов управления внутренней структурой сварных соединений в свариваемых стальных образцах с подложкой.

### **Список информационных источников**

1. Кректулева Р.А., Батрагин А.В., Бежин О.Н. Применение программного обеспечения MEZA для оценки дефектности сварных соединений на стадии проектирования. // Сварка и Диагностика, 2009
2. Кректулева Р.А. Компьютерное моделирование и анализ теплофизических процессов при сварке неплавящимся электродом с использованием теплофизических покрытий // Сварка и Диагностика. – 2011. – №4. – С.45-50.
4. Кректулева Р.А., Мишин М.А., Черепанов О.И., Черепанов Р.О. Оценка зон структурнофазовых превращений при электродуговом воздействии на примере стали ст3: результаты численного прогнозирования и эксперимент. // Сварка и диагностика. – 2014. – №6. – С.26-31.

### **СИСТЕМА ПИТАНИЯ ДЛЯ ДУГИ, ГОРЯЩЕЙ В ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ**

*Шачек А.Л., Тясто А.А., Пустовых О.С.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Пустовых О.С., ассистент кафедры теоретической и прикладной механики*

Аргоно-дуговая сварка неплавящимся электродом обеспечивает высокое качество сварного шва, при сооружении металлоконструкций ответственного назначения. Одним из недостатков данного способа является низкая проплавляющая способность. В литературе встречаются данные о том, что для устранения недостатка используются различные методы и средства. Среди них можно выделить динамический режим горения сварочной дуги. Данный метод позволяет повысить проплавляющую способность на 25-30% [1], в сравнении с обычным режимом сварки. При этом улучшается формирование шва и механические свойства сварного соединения.

Препятствием для широкого применения динамического режима горения сварочной дуги является отсутствие технических средств его реализации.

Анализ научно-технической литературы показал, что в качестве накопителей энергии электрической сети могут применяться: химические элементы, маховые массы, магнитные элементы, коаксиальные кабели и формирующие линии

При разряде конденсатора накопленная энергия варьирует частоту следования разрядных импульсов от долей герц до нескольких сотен и даже тысяч герц [2]. В импульсных режимах могут быть использованы конденсаторы, специально сконструированные для этих целей и общего применения. Однако в любом случае при выборе конденсаторов должны быть учтены особенности их работы при импульсных нагрузках. Учет особенностей должен производиться по следующим показателям: способен ли конденсатор данного типа обеспечить формирование или передачу импульса, не является ли такой режим разрушающим для конденсатора. Допустимая импульсная нагрузка, на конденсаторе определяется исходя из следующих параметров импульсного режима: значений положительных и отрицательных пиков напряжения и тока, размаха переменного напряжения на конденсаторе, длительности нарастания и спада напряжения, периода и частоты следования импульсов, наличия постоянной составляющей [3].

Катушка индуктивности или дроссель также являются накопителями энергии, только здесь, в отличие от конденсатора, энергия электрического тока преобразуется в энергию магнитного поля. При замыкании электрической цепи напряжение на катушке изменится, достигнув своего максимума, и далее плавно спадает до нуля. Ток в этот период плавно изменяется по тому же закону, но от нуля до максимума [4]. Использовать магнитные элементы в качестве накопителя энергии при сварке предложено в работе [5].

Помимо конденсаторов и дросселей в качестве накопителей энергии применяют химические элементы. Электрохимические накопители энергии используют энергию химических реакций для накопления и возврата энергии. Такие накопители называются «гальваническими элементами» или «батареями» [6]. Процесс накопления энергии при использовании аккумуляторов происходит за счет химических реакции протекающих между электродами, погруженными в раствор электролита. Энергия, освобождающаяся при химическом превращении, может использоваться как электрическая. Токи, протекающие через аккумулятор, имеют предел по верхнему значению, который равен 300А. Использование аккумулятора в

качестве накопителей энергии, в частности для дуги, горячей в динамическом режиме не целесообразно, из-за повышенных тепловых потерь и как следствие низкого КПД по сравнению со стационарным режимом, и другими накопителями энергии.

Вращающиеся маховые массы при использовании ударных генераторов являются наиболее экономичными по сравнению с другими накопителями энергии: конденсаторами и дросселями [7]. Накопление энергии в ударном генераторе осуществляется в две стадии: 1) первичный двигатель небольшой мощности разгоняет ротор ударного генератора до номинальной скорости; 2) ударный генератор преобразует запасенную кинетическую энергию в электромагнитную и передает ее в нагрузку. Потери энергии вращающихся маховых масс не большие по сравнению с передаваемой энергией, т.е. КПД общей зарядной установки высокий. При этом система имеет большие массогабаритные показатели.

В работе [8, 9] в качестве накопителя энергии и устройства для формирования импульсов предложено использовать однородную искусственную линию, выполненную в виде формирующего элемента. Такая линия состоит из некоторого числа идентичных  $n$ -ячеек. Разряд формирующего элемента позволяет получать импульсы прямоугольной формы, с крутыми фронтами. Достижение полного разряда линии осуществляется при прохождении прямой волны и разряде линии до половины напряжения заряда и окончательный разряд во время обратной волны.

Для создания импульсов тока обеспечивающих режим динамического горения сварочной дуги наиболее интересна однородная искусственная формирующая линия. Линия состоит из ячеек с одинаковыми значениями индуктивностей дросселей и емкостей конденсаторов. При анализе процессов в такой линии обычно учитывают сопротивления дросселей, пренебрегая потерями в конденсаторах.

В такой системе осуществляется заряд конденсаторов через зарядный дроссель и зарядный тиристор, а разряд на дуговой промежуток осуществляется через разрядный тиристор.

Для исследования был разработан экспериментальный образец устройства, функциональная схема которого представлена на рис. 1 [8].



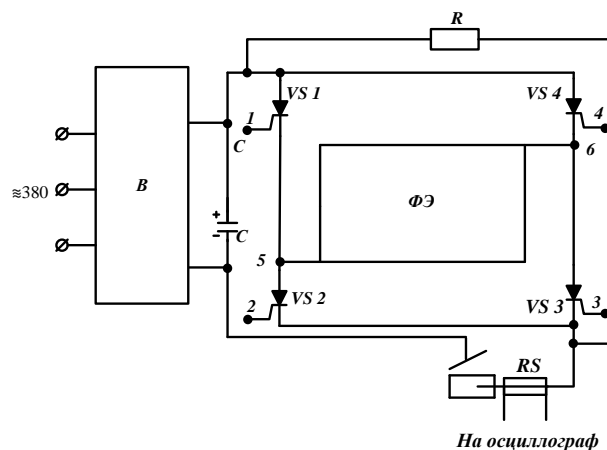


Рис. 1. Функциональная схема устройства

Устройство состоит из трехфазного выпрямителя  $B$ , обладающего жесткой внешней характеристикой и регулируемым напряжением холостого хода. Для уменьшения внутреннего сопротивления к выходным клеммам  $B$ , подключена батарея конденсаторов большой емкости  $C$ . Импульсная часть устройства выполнена в виде мостового преобразователя выполненного на тиристорах  $VS1 - VS4$ , в одну диагональ которого включен формирующий элемент  $\PhiЭ$  с ненулевыми начальными условиями. Другая диагональ включена последовательно в сварочную цепь.

Включение  $\PhiЭ$  в диагональ тиристорного моста и наличие батареи конденсаторов  $C$ , позволяет при поочередном открытии пар тиристоров  $VS1, VS3$  и  $VS2, VS4$  перезаряжать  $\PhiЭ$  на противоположную полярность через дуговой промежуток, без предварительного заряда от источника питания. Для обеспечения непрерывности горения дуги на интервале между импульсами импульсная часть зашунтирована резистором –  $R$ , обеспечивающим протекание дежурного тока через дуговой промежуток. Диапазон значений дежурного тока ограничивается минимальным значением – требованиями к физической устойчивости горения дуги и защиты, максимальным значением – технологическими требованиями.

### Список информационных источников

1. Славин Г.А., Столпнер Е.А. // Сварочное производство. – 1974. – № 2. – С. 3–5.
2. <http://www.amfilakond.ru/prim2.shtml> - Все о конденсаторах. Применение и эксплуатация.

3. Легостаев В.А., Пентегов И.В. Энергетические характеристики индуктивных накопителей для сварки. // Автоматическая сварка. – 1973. - №3. – С. 35-39.

4. [http://www.radioradar.net/hand\\_book/documentation/ind\\_emk.html](http://www.radioradar.net/hand_book/documentation/ind_emk.html) - Индуктивности и емкости.

5. Некрасов В.И., Гаврилов Г.Н. Некоторые особенности импульсного разряда аккумуляторной батареи. // Электричество. – 1968. - №12. – С. 82-83.

6. Сипайлов Г.А., Ивашин В.В., Лоос А.В. Генератор больших импульсных мощностей со ступенчатой или трапецеидальной формой тока. // Электричество. – 1967. - №5. – С. 71-75

7. Зайцев А.И., Князьков А.Ф. О формировании импульсов тока. Доклады к 1-ой конференции по автоматизации производства. Томск. - 1969. – С. 97 - 104.

8. Пат. РФ 2294269, МПК В23К 9/09, Н03К 3/53. Устройство для формирования импульсов сварочного тока. Князьков А.Ф., Князьков С.А., Лолю Я.С., Проняев А.Б. – Заявл. 27.10.2005.

9. Ицкохи Я.С., Овчинников Н.И. Импульсные и цифровые устройства. – М.: Советское радио. 1972. – 592 с.

## Секция 5: Экология и техносферная безопасность

# ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИРОВЫХ АВАРИЙ РАДИАЦИОННОГО ХАРАКТЕРА СОГЛАСНО КЛАССИФИКАЦИИ INES

*Абраменко Н.С.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Романенко С.В., д.х.н., заведующий кафедрой  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

Данная работа посвящена обоснованию актуальности исследования по определению коэффициента поглощения и кратности ослабления облачности при прохождении гамма – излучения [1]. В упомянутой статье описывается расчет основных характеристик (коэффициента поглощения и кратности ослабления облачности) найденного защитного экрана. Чтобы убедиться в целесообразности проведения дальнейших исследований, было принято решение о проведении исследования причинно-следственных связей мировых радиационных аварий, которые повлекли за собой возникновение чрезвычайной ситуации с образованием радиоактивных облакообразных скоплений.

Целью данной работы является исследование причинно-следственных связей ЧС радиационного характера в мировом масштабе.

Были поставлены следующие задачи:

- Проанализировать многочисленные источники информации о последствиях радиационных аварий, не военного происхождения и без учета переоблучения пациентов в медицинских учреждениях;
- Обобщить мировой опыт по причинам таких аварий;
- Проанализировать основные последствия аварий.

Последствия аварии приносят колоссальные материальные потери государству, ущерб здоровью людей, вплоть до нарушения генофонда нескольких поколений и, конечно же, порча окружающей среды и невозможность использования её в течение долгих лет. Еще не изобретены эффективные способы комплексной рекультивации земель и восстановлений биогеоценоза. Восстановление земель от радиоактивного загрязнения особенно актуально в странах с дефицитом свободных площадей территорий.

Основные выводы по проделанной работе:

1) Проанализировав многочисленные источники информации, было выявлено, что радиационные аварии, чаще всего случаются на атомных электростанциях.

2) Были обобщены следующие причины аварий на таких объектах:

• Человеческий фактор, т.е. неправильные действия персонала не улучшали ситуацию, а иногда и вовсе – усугубляли её. Стоит добавить к этому пункту ещё некоторую халатность, как самих управляющих операторов, так и лиц, обеспечивающих безопасную эксплуатацию обслуживаемых ими опасных технических систем;

• Конструкционные недостатки самих реакторов;

• Отказы оборудования;

• Контрольно-измерительное оборудование могло показывать неправильные данные, вследствие чего персонал предпринимал ошибочные действия;

• Неразумный выбор места расположения АЭС.

3. Аварии на анализируемых объектах влекут за собой следующие последствия:

• Утечка ядерного топлива, а также отходов ядерного топлива ведут к заражению территории, часть радиоактивного материала, совместно с благородными газами испаряются, образуя радиоактивные облакообразные скопления, которые переносятся на большие расстояния, заражая обширную территорию на своем пути. Сильный ветер усугубляет ситуацию;

• Обширное радиоактивное загрязнение окружающей среды и территорий, что приводит к частичной или полной непригодности использования её в течение многих последующих лет. Данная проблема особенно остро стоит в тех странах, которые имеют дефицит свободной территории;

• При широкомасштабном распространении последствий радиационной аварии происходит нарушение жизнедеятельности людей: от запрета на торговлю определенными продуктами до массовой эвакуации.

В заключение стоит ещё раз отметить, что объектами анализа, в большинстве случаев, оказались атомные реакторы различных электростанций. Из этого следует, что проведение дальнейших исследований будет ориентировано именно на АЭС. А на данный момент, практически каждая развитая держава использует АЭС, то можно говорить о потенциальной опасности возникновения аварии на любой из них.

Отдельного внимания заслуживает инцидент, произошедший в Бразилии. Из-за неграмотности населения произошло заражение большой группы людей и около 3 тыс. м<sup>3</sup> объектов было захоронено как радиоактивные отходы.

Доказана целесообразность проведения дальнейших исследований.

## Список информационных источников

1. Абраменко Н. С., Орлова К. Н., Семенов А. А. - Определение коэффициента поглощения и кратности ослабления облачности при прохождении гамма-излучения [электронный ресурс] // Технологии техносферной безопасности. - 2013. - Вып. 6(52). - С. 1. - Режим доступа: [<http://academygps.ru/img/UNK/asit/ttb/2013-6/05-06-13.ttb.pdf>]

## АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА АЭС

*Агакишиев С.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Задорожная Т.А. ассистент кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

Энергетика – важнейшая отрасль народного хозяйства, охватывающая энергетические ресурсы, выработку, преобразование, передачу и использование различных видов энергии. В мире идет процесс индустриализации, который требует дополнительного расхода материалов, что увеличивает энергозатраты. С ростом населения увеличиваются энергозатраты на обработку почвы, уборку урожая, производство удобрений и т.д.

В настоящее время многие природные легкодоступные ресурсы планеты исчерпываются. Добывать сырье приходится на большой глубине или на морских шельфах. Ограниченные мировые запасы нефти и газа, казалось бы, ставят человечество перед перспективой энергетического кризиса. Однако использование ядерной энергии дает человечеству возможность избежать этого.

Ядерная энергетика (атомная энергетика) – это отрасль энергетики, занимающаяся производством электрической и тепловой энергии путём преобразования ядерной энергии. Она производится в атомных электрических станциях, используется на атомных ледоколах, атомных подводных лодках. [1]

Помимо выработки большого количества энергии у АЭС есть и отрицательные стороны. Любая работающая АЭС оказывает влияние на окружающую среду по трём направлениям:

- газообразные (в том числе радиоактивные) выбросы в атмосферу;
- выбросы большого количества тепла;
- распространение вокруг АЭС жидких радиоактивных отходов.

В процессе работы реактора АЭС суммарная активность делящихся материалов возрастает в миллионы раз. Количество и состав газоаэрозольных выбросов радионуклидов в атмосферу зависит от типа реактора, продолжительности эксплуатации, мощности реактора, эффективности газо- и водоочистки. Газоаэрозольные выбросы проходят сложную систему очистки, необходимую для снижения их активности, а затем выбрасываются в атмосферу через высокую трубу, предназначенную для снижения их температуры.

Основные компоненты газоаэрозольных выбросов — радиоактивные инертные газы, аэрозоли радиоактивных продуктов деления и активированных продуктов коррозии, летучие соединения радиоактивного йода. В общей сложности в реакторе АЭС из уранового топлива образуются посредством деления атомов около 300 различных радионуклидов, из которых более 30 могут попасть в атмосферу.

В связи с вышеперечисленным существуют специальные методы и способы контроля безопасности на АЭС. Системы безопасности предназначены для предупреждения аварий и ограничения их последствий. Различают защитные, локализирующие, управляющие и обеспечивающие системы безопасности.

Защитные системы предотвращают или ограничивают повреждение ядерного топлива, оболочек ТВЭЛов (тепловыделяющий элемент) и первого контура. Основными защитными системами являются системы аварийной остановки реактора и аварийного отвода тепла от него.

Локализирующие системы предназначены для предотвращения или ограничения распространения выделяющихся при авариях радиоактивных веществ внутри АС и выхода их в окружающую среду.

Управляющие системы осуществляют приведение в действие систем безопасности, контроль, и управление ими в процессе выполнения заданных функций.

Обеспечивающие системы снабжают системы безопасности энергией, рабочей средой и создают условия для их функционирования.

Все системы и устройства безопасности должны удовлетворять высоким требованиям по качеству в соответствии с нормами и правилами конструирования, изготовления, монтажа и эксплуатации объектов ядерной техники. Также они должны включаться автоматически при возникновении аварийных ситуаций, требующих их действия.

Следует считать, что наиболее «надежный элемент» — это тот, которого нет в системе. Поэтому простота структуры системы, алгоритма ее работы является важным требованием надежности.

Решение данной задачи осуществляется путем сокращения количества арматуры в системе, протяженности и разветвленности циркуляционных контуров, использования простого по конструкции оборудования, не требующего для своего функционирования многочисленных вспомогательных систем. Отсюда можно выделить способы достижения высокого уровня надежности систем безопасности. Это: использование пассивного принципа действия, резервирование, разделение, разнообразие, повышение безотказности элементов, организационно – технические меры.

Рассмотрим более подробно использование пассивного принципа действия и разделение.

Целесообразно использование пассивных устройств, естественных процессов в системах безопасности для повышения их надежности. Повышение надежности при этом, может быть достигнуто не только благодаря тому, что пассивные устройства, как правило, проще по конструкции, а, следовательно, и более надежны по сравнению с активными устройствами, а потому, что отпадает необходимость в разветвленных управляющих и обеспечивающих системах (система электроснабжения, система вентиляции и кондиционирования и др.), т.е. в том «шлейфе» вспомогательных систем, которые сопутствуют активным устройствам. Наряду с разветвленностью, сложностью управляющих систем они подвержены различным видам возмущений, наиболее опасными из которых являются пожар, затопление, ошибочные действия персонала при проверках, ремонте систем, а также в процессе управления.

Примерами использования естественных процессов в системах безопасности являются: введение рабочих органов под действием силы тяжести, естественная циркуляция теплоносителя в системе аварийного отвода тепла, срабатывание пневматического или электромагнитного клапана под действием пружины при сбросе воздуха и снятии питания с электромагнита.

К пассивным устройствам безопасности относятся: страховочный корпус реакторов типа АСТ (вода - водяной реактор) и БН (реактор на быстрых нейтронах с электрической мощностью 600 МВт.), защитная оболочка, обратный клапан, предохранительный клапан прямого действия, гидроаккумулятор с запасом воды.

Еще один способ достижения высокого уровня надежности систем безопасности – это разделение. Которое, в свою очередь, подразделяется на два вида: структурно-функциональное разделение, физическое разделение.



Структурно-функциональное разделение каналов исключает общие элементы и связи в схемах, общие управляющие и обеспечивающие (энергоснабжение, вентиляция и др.) системы. При наличии связей в схемах независимость может достигаться введением специальных разделительных устройств, не передающих опасные возмущения от одного канала к другому (например, волоконно-оптические линии связи в управляющих системах).

Структурно-функциональное разделение защищает главным образом от внутренних отказов в системах. Для исключения отказов каналов по общей причине вследствие пожара, затопления, воздействия летящих предметов, взрывов газа предусматривается физическое разделение. Физическое разделение достигается разнесением структурно-независимых каналов системы в пространстве, организацией между ними физических барьеров, размещением каналов системы в независимых помещениях. Примером физического разделения является размещение пультов управления и контроля за состоянием важных для безопасности систем на блочном и резервном щитах управления, каналов управляющих систем в независимых помещениях систем безопасности, прокладка кабельных линий резервных каналов по разным коридорам и т. п. [2]

В наше время очень велика потребность во всех видах энергии. Атомные электростанции не исключение, но получение данного вида сырья является очень сложным и трудоемким процессом. Применение атомной энергии позволяет расширить энергетические ресурсы, способствуя этим сохранению ресурсов органического топлива, снизить стоимость электрической энергии, что особенно важно для районов, удаленных от источников топлива, снизить загрязнение атмосферы, разгрузить транспорт, занятый перевозкой топлива, помочь в снабжении электроэнергией и теплотой производств, использующих новые технологии. А для того, чтобы процесс не нарушался, следует уделять особое внимание процессам по обеспечению безопасности.

### **Список информационных источников**

1. Безопасность российских АЭС [Электронный ресурс]: материалы. URL: [http://www.rosatom.ru/nuclearindustry/npp\\_safety/](http://www.rosatom.ru/nuclearindustry/npp_safety/), свободный. Дата обращения 7.05.2015 г.

2. Безопасность АЭС, экологические аспекты работы [Электронный ресурс]: материалы. URL: <http://b-energy.ru/biblioteka.html>, свободный. Дата обращения 08.05.2015 г.

## ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ В РАБОТЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

*Алиферова Т.Е.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Бородин Ю.В., к.т.н., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

На железнодорожном транспорте появилась необходимость в решении многих актуальных проблем. Особую остроту приобрели проблемы сохранности перевозимых грузов и безопасности движения.

Для того чтобы обеспечить наибольшую безопасность на железной дороге необходимо принять меры по улучшению качества, контроля технических средств и предложить наиболее целесообразную программу для уменьшения ЧС и увеличения безопасности на ж/д транспорте, сокращения аварийности на дорогах. *Именно в этом заключается актуальность выбранной темы.*

Целью данной работы являлось выявление наиболее опасных причин возникновения аварий на ж/д транспорте, анализ статистических данных и предложение некоторых рекомендаций по снижению опасности на ж/д объектах.

Общая протяженность железнодорожных путей Российской Федерации составляет более 86 тысяч км. Система охватывает 17 железнодорожных узлов, которые тоже представляют определенную опасность. Происшествия на ЖД транспорте происходят в виде железнодорожных аварий и катастроф, крушения поездов.

Среди катастроф, крушений поездов и аварий различают: столкновения, сход подвижного состава с рельсов, наезды на препятствия на переездах, столкновения поездов между собой, пожары и взрывы на подвижном составе.

Следствием катастроф и аварий на станциях и перегонах являются:

- возгорания подвижного состава, станционных построек
  - взрыв опасного груза, приводящий к разрушению вагонов, локомотивов, пути, сооружений, зданий и депо;
- разлив, выброс в атмосферу агрессивных ядовитых веществ;
  - материальный ущерб железнодорожному хозяйству, уничтожение перевозимых грузов;
- поражение работников железной дороги, пассажиров огнем, взрывами, ядовитыми газами и жидкостями.

Природными причинами аварий и катастроф являются:

- наводнения

- обвалы, сели, оползни, снежные лавины
- землетрясения
- природные пожары
- ураганы

Причины, связанные с деятельностью человека:

- неисправность поезда, железнодорожного пути, средств сигнализации
- ошибки диспетчеров
- невнимательность и халатность машинистов

Проведен **анализ состояния безопасности движения поездов** на Западно-Сибирской железной дороге в период 2012-2013г.

Наиболее частые события, происходящие на данном участке железной дороги, являются: нарушение правил безопасности движения и эксплуатацией железнодорожного транспорта в хозяйстве движения, повреждение вагонов и задержки поездов. Приведены диаграммы происшествий за 12 месяцев 2012/2013 г (Рис.1, Рис.2, Рис.3).

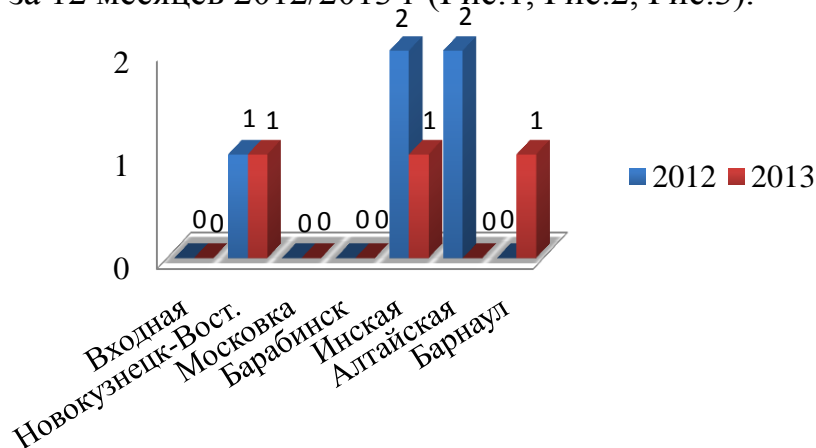


Рис.1 – Происшествия и иные, связанные с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, события с разбивкой по железнодорожным станциям, допущенные за 12 месяцев 2012/2013г.

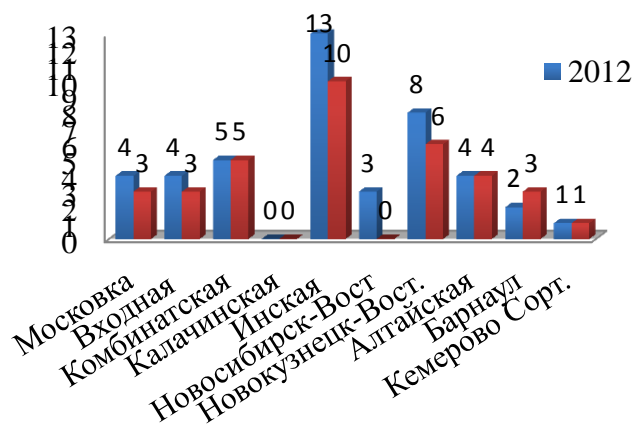


Рис.2 – Количество поврежденных вагонов с разбивкой по железнодорожным станциям за 12 месяцев 2012/2013г.

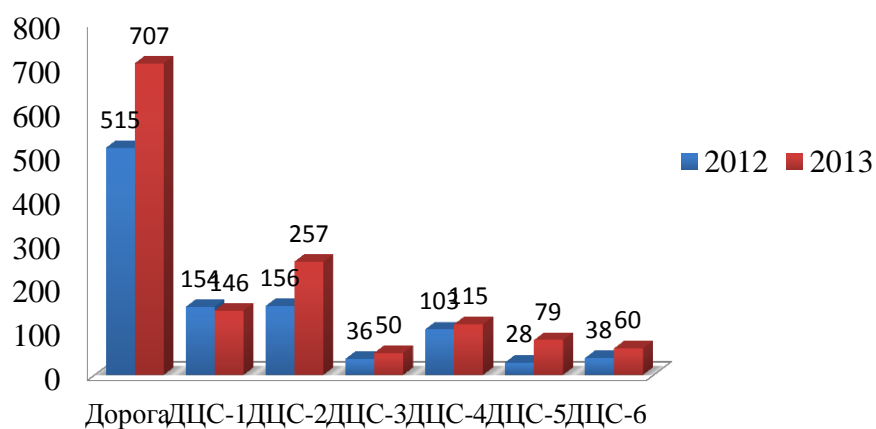


Рис.3 - Задержки поездов у входных сигналов станций дороги в разрезе ДЦС (центры организации работы станций) за 12 месяцев 2012/2013 г.

Анализ статистических данных показал, что наибольшее число случаев, происходящих в период 2012-2013 г. приходится на задержки поездов у входных сигналов станций дороги.

За 12 месяцев 2013 года общее количество задержек поездов у входных сигналов станций увеличено на 192 случая (707/515); количество задержек пассажирских поездов увеличено на 10 случаев (95/85), количество задержек грузовых поездов увеличено на 182 случая (612/430). Суммарная продолжительность задержек поездов у входных сигналов станций составила 113,5 часа, а средняя продолжительность одной задержки 9,6 минут, что на 5 минут меньше, чем в прошлом году. При этом суммарные экономические потери превысили 412,5 тыс. рублей.

Анализ допущенных задержек поездов у входных сигналов станций за истекший период 2013 года показал, что наибольшее количество задержек поездов на дороге допущено по вине работников дирекции тяги 44%, службы движения 22%, службы вагонного хозяйства 10%, службы автоматики и телемеханики 7%, дирекции по ремонту тягового подвижного состава 6%, службы путевого хозяйства 7%, прочие причины 2%, службы электрификации и электроснабжения 1%.

На основании данного анализа разработан план мероприятий по увеличению уровня безопасности на данном участке железной дороги (Табл.1).

№	Предложения корректирующих мероприятий	Цель корректирующего мероприятия	Метод и средства выполнения мероприятий
1	Ежеквартально составлять факторный анализ рисков нарушений безопасности движения в хозяйстве движения	Для снижения технологических рисков	Формирование отчета ДС
2	Дежурно-диспетчерскому аппарату станций, допустившие задержки поездов, провести повторные инструктажи по выполнению требований распоряжения «О порядке учета, расследования задержек поездов у входных сигналов и пропуска пассажирских поездов по неспециализированным путям станций	В целях снижения рисков нарушений от воздействия персонала на технологию	Повышения уровня теоретических и практических знаний
4	Снижение количества задержанных поездов у входных сигналов станций.	В целях снижения количества задержек поездов у входных сигналов станций	Разработать меры по снижению и исключения задержек поездов у входных светофоров с запрещающим показанием по каждой станции.

### Список информационных источников

1. Власов и др. Проблемы безопасности при ЧС.- 1999 г. -№ 9.
2. Егоренко. Безопасность движения ЖД транспорта, 1996г.
- 3.Безопасность жизнедеятельности на железнодорожном транспорте под ред. К.Б. Кузнецова, 2005г., 576 с.

## КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

*Бакулев Д.С., Шалагина А.А., Ахмеджанов Р.Р.  
Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Ахмеджанов Р.Р., д. б. н., профессор  
кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

Проблема загрязнений почвенного покрова углеводородами остро стоит во всех нефтедобывающих регионах России. Ежегодно проливы при нефтедобыче составляют около 3% от общего объема добытой нефти. Нефтепродукты способны накапливаться в поверхностном слое почвы, который играет роль органо-сорбционного барьера. Также нефтепродукты хорошо проникают в почвенный профиль земли. Необходимость возврата загрязненных земель в хозяйственное использование в течение лимитирующего количества времени, и ограниченность земельных ресурсов требует новых методов в ликвидации нефтезагрязнений почвы.[1]

Ликвидация последствий загрязнения почв нефтепродуктами – это сложный технологический процесс, обусловленный медленными темпами естественного самоочищения земель, особенно в почвенно-географических условиях Западной Сибири.

На сегодняшний день используется ряд методов очистки нефтезагрязненных земель:

- механический (срез и вывоз загрязненного участка);
- термический (сжигание и выпаривание нефти из грунта);
- физико-химический (выщелачивание, жидкостная экстракция);
- химический (химическое осаждение, битумизация, гидролиз);
- биологический (добавление в почву нефтеокисляющих бактериальных смесей).

Все вышеперечисленные методы имеют большое количество как положительных сторон, так и отрицательных. Объединение нескольких методов поможет создать единый алгоритм рекультивации земель, без существенных недостатков. Поможет сократить время на рекультивацию нефтезагрязненных земель, снизить ущерб нанесенный окружающей среде и улучшить качество рекультивации почв, подвергшихся загрязнению.

Во всех мероприятиях, связанных с ликвидацией последствий загрязнения, с восстановлением нарушенных земель, необходимо

исходить из главного принципа: не нанести экосистеме больший вред, чем тот, который уже нанесен при загрязнении.

Земли, в зависимости от степени загрязненности нефтепродуктами, условно можно разделить на три группы:

1. Слабо загрязненные (с содержанием углеводов до 50 г/кг почвы).

2. Средне загрязненные (с содержанием углеводов от 50 до 150 г/кг почвы).

3. Сильно загрязненные (с содержанием углеводов от 150 до 500 г/кг почвы).[2]

В ликвидации слабых загрязнений целесообразно применить технологии, включающие очистку почв с использованием бактериологических штаммов вместе с аэрацией, удобрением и поливом почвы. Однако, применение таких технологий, резко зависят от климатических и экологических условий. Следовательно, разработанный бактериальный препарат должен быть адаптирован к конкретным условиям внешней среды.

Средние загрязнения почвы нефтепродуктами целесообразно проводить методом рекультивации, предусматривающим сбор с поверхности участка разлитой нефти сорбентами, рыхление загрязненного слоя грунта с одновременным внесением в него бактериологических штаммов, минеральных удобрений и посев семян районированных трав.

При сильных загрязнениях грунтов нефтью рекультивация, как правило, проводится в два этапа. На первом этапе осуществляют оконтуривание загрязненных ареалов дренажными канавами и приемными шурфами, сброс в них нефтесодержащей жидкости, перекачку ее в накопительные емкости, осушение поверхности загрязненных участков, разделение и очистку компонентов собранной жидкости, повторное использование воды и жидких углеводов. Реализация данного этапа существенно осложнена необходимостью разделения загрязненных жидкостей (эмульсий) на нефть (нефтепродукты) и воду. В ходе проведения второго этапа рекультивационных работ, производят срезку с частично обезвоженных участков загрязненных грунтов, транспортировку и очистку их от жидких углеводов моющими жидкостями в смесителях. Обезвреженные грунты возвращают на поверхность рекультивируемых участков, а моющие жидкости после очистки повторно используют для отмывки новых партий загрязненного грунта. Возможен вариант без выемки грунта: устанавливают перфорированные трубы в грунт и под давлением в них закачивают горячую воду или специальное

биоразлагаемое моющее вещество. После собирают жидкость с нефтью и разделяют ее. На конечной стадии проводят сбор оставшихся нефтепродуктов сорбентами, добавляют в грунт бактериологические штаммы, посев семян многолетних эндомичных трав (овсяницы луговой, тимopheевки луговой, и др.) при одновременном внесении в почву торфа и минерального удобрения.[3]

Исходя из вышесказанного, весь алгоритм отчистки почв от нефтепродуктов можно представить в виде следующей схемы (рис. 1).

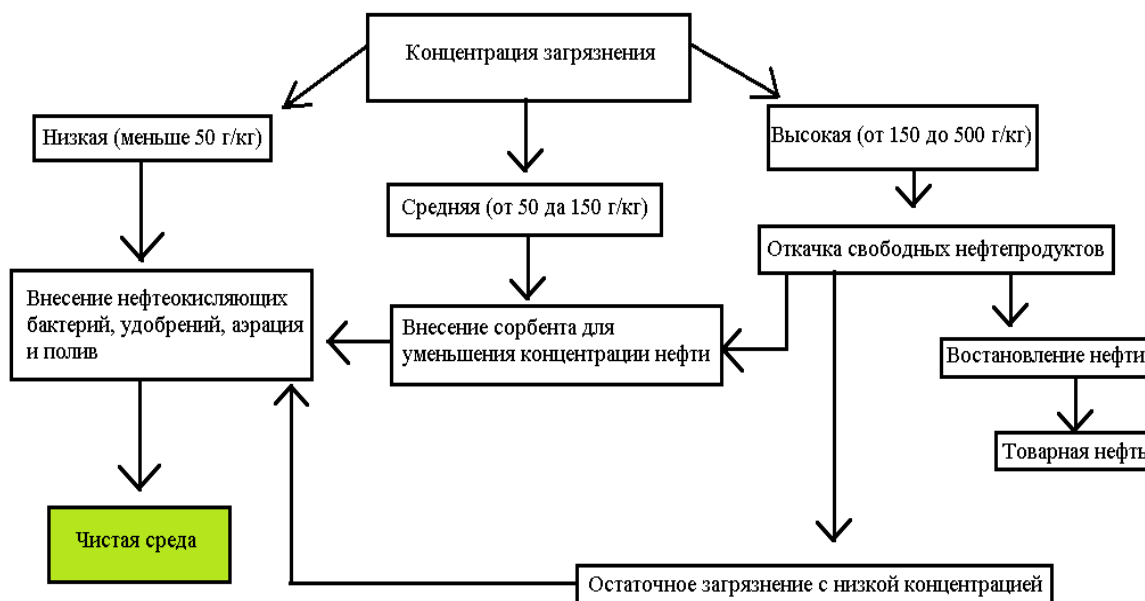


Рис. 1. Схема очистки почв от нефтепродуктов.

В основе схемы лежит применение нефтеокисляющих микроорганизмов, т.к. они способны разложить нефтепродукты на промежуточные безвредные соединения, а также сохранить структуру почвы.

Следует отметить, что несмотря на перспективность применения данных препаратов недропользователи зачастую относятся к подобным технологиям скептически из-за их относительно высокой стоимости, узкого диапазона применения. Действительно, рекультивация почв с применением микробных препаратов-нефтедеструкторов является весьма сложным и неоднозначным по результативности процессом, эффективность которого зависит от большого количества факторов (климат, состав почвы, аэрация и т.д.). Объективные сложности, сопутствующие применению микробных препаратов-биодеструкторов обусловлены, в первую очередь, условиями роста и жизнедеятельности



микроорганизмов, входящих в их состав. Эффективность планируемых работ с биопрепаратами зависит от следующих факторов:

1. Количество вылившихся нефтепродуктов, площадь, глубина и степень загрязнения почв и вод;

2. Возраст загрязнения и, соответственно, текущий состав нефтепродуктов;

3. Продолжительность вегетационного периода (с круглосуточно положительными значениями температуры воздуха и поверхности почвы);

4. Тип, влагосодержание, кислотность и другие физико-химические параметры загрязнённой почвы или нефтешлама, их целевое назначение, а также особенности местного микробиоценоза, растительности;

5. Возможность принудительной аэрации загрязнённого объекта.

В тоже время, ни один из перечисленных методов рекультивации не является полностью оптимальным и самодостаточным. Таким образом, для ликвидации нефтяных загрязнений и восстановления нефтезагрязнённых территорий необходимо сочетание различных методов воздействия на загрязнитель (механические, физико-химические и биологические).

Следует отметить, что только комплексный подход позволяет с максимальным эффектом обезвреживать загрязнённую нефтепродуктами землю.

### **Список информационных источников**

1. Нефтезагрязнённые биогеоценозы / А.А. Оборин, В.Т. Хмурчик, М.Ю. Маркарова и др. Пермь, 2008. 511 с.

2. Отчистка загрязнённых земель, поверхностных и подземных вод [Электронный ресурс] код доступа: [http://www.polyinform.ru/sites/default/files/uploads/3\\_rekultivaciya.pdf](http://www.polyinform.ru/sites/default/files/uploads/3_rekultivaciya.pdf)

3. Рекультивация нефтезагрязнённых земель [Электронный ресурс] код доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/233/2331489.html#>

4. Позднышев Г.Н., Маньрин В.Н., Савельев А.Г. Перспективные способы добычи нефти и ликвидации нефтяных загрязнений. – Самара: Бахрах-М, 2004. – 440 с.

## СОРБЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Баталова А.Ю., Мартемьянов Д.В., Назаренко О.Б.*

*Томский политехнический университет*

*Научный руководитель: Назаренко О.Б., д.т.н., профессор  
кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

В настоящее время проблема очистки воды стоит достаточно остро. В результате антропогенной деятельности человека в гидросферу попадает огромное количество различного вида загрязняющих веществ. Среди химических загрязнителей воды одно из первых мест занимает загрязнение тяжелыми металлами, так как они представляют особую опасность для живых организмов. К основным источникам загрязнения окружающей среды соединениями тяжелых металлов следует отнести промышленные предприятия черной и цветной металлургии, машиностроительные заводы, горнодобывающие предприятия и др. [1].

Неотъемлемой частью машиностроительных заводов является гальваническое производство, в сточных водах которых тяжелые металлы находятся в высоких концентрациях [2]. Поэтому они подлежат обязательной очистке перед сбросом их в канализационную систему. На большинстве предприятий гальванические сточные воды очищают на станции нейтрализации, используя метод реагентного осаждения тяжелых металлов. Данный метод является дешевым и простым в эксплуатации, однако основным его недостатком является невысокая эффективность очистки [3]. Предельно допустимые концентрации (ПДК) тяжелых металлов на выходе соответствуют ПДК в центральную систему водоотведения, но если сравнивать с ПДК для рыбохозяйственных водоемов, то они намного их превышают. Поэтому на сегодняшний день актуален вопрос поиска оптимального метода доочистки сточных вод гальванических производств, с целью минимизации сбросов тяжелых металлов в водные объекты [4].

Целью нашей работы является исследование сорбционных свойств природного минерального сорбента (цеолита) Шивыртуйского месторождения для дальнейшего использования его в системе доочистки гальванических сточных вод.

### **Материалы и методы исследования**

В данной работе были исследованы сорбционные характеристики цеолита Шивыртуйского месторождения, размер фракционного состава которого составляет 0,1–0,5 мм. Исследование проводилось на модельных растворах ионов  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Cr^{6+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  в

статических условиях на магнитной мешалке при малых оборотах вращения. Навески цеолита по 0,2 г помещали в стеклянный стакан объемом 100 мл и заливали модельным раствором с известной концентрацией определенного иона тяжелого металла, по истечении времени фазы разделяли методом фильтрации через бумажный фильтр «синяя лента» и анализировали фильтрат на остаточное содержание ионов металлов методами инверсионной вольтамперометрии и фотоколориметрии.

### Результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований цеолита Шивыртуйского месторождения были получены сорбционные характеристики, которые представлены на рис. 1 и 2.

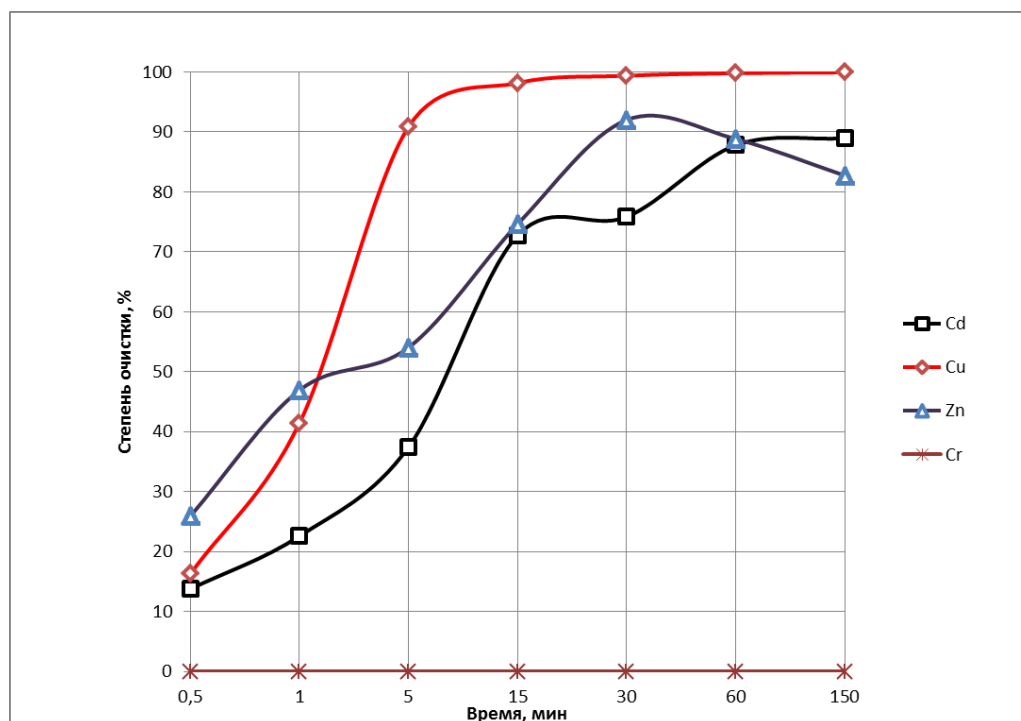


Рис. 1. Сорбционные характеристики цеолита Шивыртуйского месторождения по отношению к ионам  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Cr^{6+}$  в статических условиях

Анализируя рис. 1, можно сделать вывод, что цеолит Шивыртуйского месторождения эффективно очищает модельные растворы от ионов кадмия, цинка и меди. Наилучшая эффективность очистки была достигнута при извлечении ионов меди (до 99,9 %). Однако данный цеолит не эффективен при извлечении ионов хрома шестивалентного. Возможно, это связано с тем, что шестивалентный хром присутствует в растворе в виде анионов  $Cr_2O_7^{2-}$  и  $CrO_4^{2-}$ , так как

цеолиты являются типичными катионообменниками, поэтому процесс сорбции не происходит.

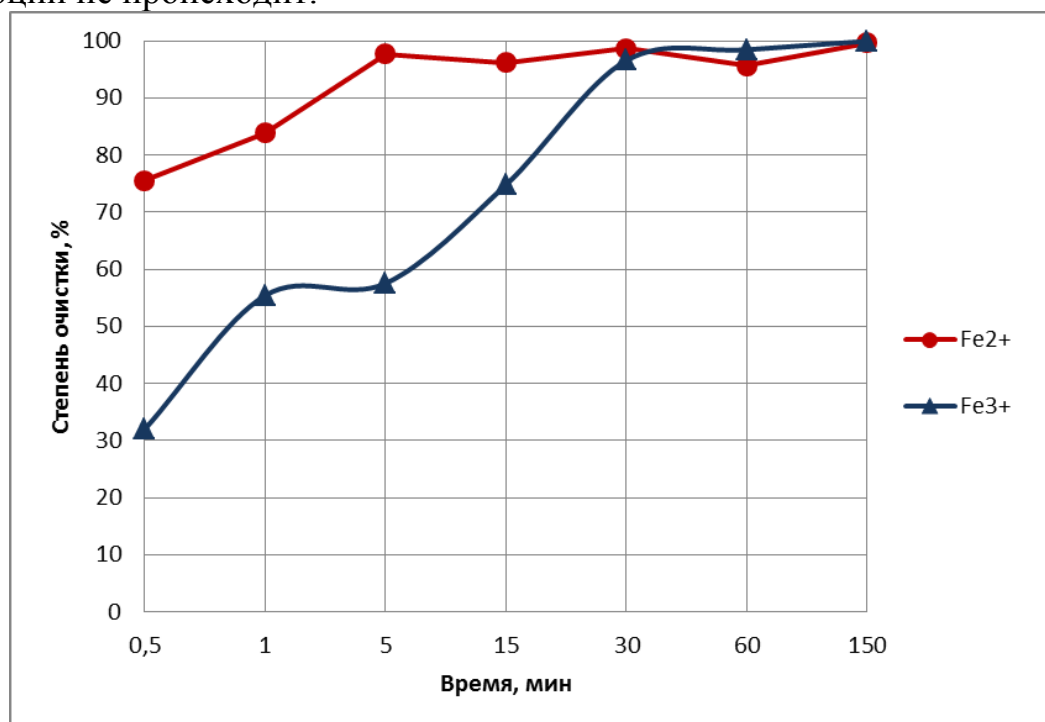


Рис. 2. Сорбционные характеристики цеолита Шивыртуйского месторождения по отношению к ионам  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  в статических условиях

Исходя из анализа данных, полученных при использовании цеолита с целью извлечения ионов  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$ , можно сделать вывод, что цеолит достаточно эффективно очищает модельный раствор. При времени контакта 30 минут степень очистки составляет 99 % как при сорбции ионов  $Fe^{2+}$ , так и при сорбции ионов  $Fe^{3+}$ . При малом времени контакта наилучшие показатели получены при сорбции ионов  $Fe^{2+}$ .

#### Выводы

В результате проведенных исследований была выявлена эффективность очистки цеолита Шивыртуйского месторождения фракционного состава 0,1–0,5 мм по извлечению ионов тяжелых металлов из модельных растворов. Степень очистки от ионов тяжелых металлов составила от 90 до 99 %, однако данный цеолит не применим для очистки воды от ионов хрома. Таким образом, можно сделать вывод, что исследуемый цеолит можно использовать в качестве фильтрующей загрузки для доочистки сточных вод гальванического производства.

## Список информационных источников

- 1 Жуков А.И., Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки производственных сточных вод. – М.: Химия, 1996. – 345 с.
- 2 Проскуряков В.А., Шмидт Л.И. Очистка сточных вод в химической промышленности. – Л.: Химия, 1977. – 463 с.
- 3 Гарипова С.А. Очистка сточных вод гальванического производства от тяжелых металлов // Экология производства. – 2011. – № 10. – С. 66–79.
- 4 Баталова А.Ю., Назаренко О.Б. Очистка сточных вод гальванического производства от тяжелых металлов на примере ОАО "МАНОТОМЬ" // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность: материалы XX Всероссийской научно-технической конференции, Томск, 2-4 Декабря 2014. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – Т. 2. – С. 136–138.

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРИД-ИОНОВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ

*Башарова А.Ю., Вторушина А.Н.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Вторушина А.Н., к.х.н., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

Охрана и рациональное использование водных ресурсов представляют собой важнейшую проблему в современном мире. При использовании воды в производственных технологических процессах и в быту она загрязняется различными неорганическими и органическими веществами, как в дисперсном, так и растворенном состоянии, т. е. образуются сточные воды, требующие очистки и обезвреживания для повторного использования в замкнутых системах водоснабжения или при сбросе в естественные водоемы.

В составе инженерных коммуникаций большинства промышленных предприятий и коммунального хозяйства населенных пунктов имеется комплекс канализационных сетей и сооружений, с помощью которых осуществляется водоотведение, предварительная и глубокая обработка сточных вод. [1] В настоящее время процесс контроля параметров сточных вод до очистных сооружений и после очистных мероприятий проводят в основном вручную. Отбор проб, пробоподготовка, проведение анализа, обработка результатов требуют определенных временных ресурсов и высокой квалификации персонала.

Перечень контролируемых параметров сточных вод достаточно широк и регламентирован нормативной документацией. Однако в связи с серьезным ужесточением требований по воздействию на окружающую среду (сброс сточных вод и т.д.) становится актуальной задача автоматизации контроля параметров сточных вод [ФЗ-219]. В данной работе рассмотрен вопрос возможности автоматизации контроля содержания хлорид-ионов в проточных системах.

Спектр методов по определению хлорид-ионов в водной среде достаточно широк: различные варианты титрования (йодометрия, меркуриметрия, аргентометрия), применение ионитов, метод Пейлина, ионометрический метод и др.

В современном мире переход на автоматизированные системы слежения за параметрами водной среды наиболее актуальная задача. Однако не все методы могут быть реализованы в автоматизированном режиме. Например, по причине сложности нивелирования мешающих факторов при анализе конкретного объекта, невозможности проведения анализа без участия оператора и т.д. Применительно к решению задачи контроля хлорид-ионов в водной среде по возможности автоматизации и дешевизне наиболее подходит метод ионометрии.

Метод ионометрии - вариант потенциометрического анализа, в котором напрямую измеряется активность иона в растворе. Измерения производят при помощи пары электродов, погружаемых в анализируемый раствор. Один из электродов – измерительный (ионоселективный), другой - электрод сравнения [3]. Ионометрия удобный, простой и экспрессный современный метод: продолжительность анализа определяется временем подготовки пробы, поскольку на само измерение тратится не более 1-2 мин. От других физико-химических методов ионометрия отличается, прежде всего, простотой и дешевизной измерительных приборов.

При реализации ионометрии в автоматическом режиме встает ряд основных задач: каким образом определять работоспособность ионселективного электрода (датчика), каким способом определять концентрацию контролируемого элемента и т.д. Существуют три практических приема определения концентрации исследуемых ионов: метод градуировки электрода, метод градуировочного графика и метод добавок. Реализация метода добавок в автоматическом режиме подразумевает использование точного расходомера, который существенно увеличит стоимость комплекса. В данной работе рассматривается возможность проведения автокалибровки датчика непосредственно в исследуемом объекте. Работоспособность датчика определяется в автоматическом режиме через определенные временные

интервалы путем генерирования определенного количества хлорид-ионов в замкнутом объеме, где находится ионселективный электрод, и последующей регистрацией датчиком полученного содержания хлорид-ионов.

Определению концентрации хлорид-ионов мешают присутствие сульфид-ионов и органических соединений. Например, при проведении потенциометрического анализа с контрольным раствором, с неизменной концентрацией хлорид-ионов, при добавлении раствора, с определенной концентрацией сульфид-ионов, наблюдается изменение потенциала, т.е. изменение активности хлора в ЭДС. С увеличением концентрации сульфид-ионов, при неизменной концентрации хлорид-ионов, приводит к увеличению погрешности измерений.

Таким образом, была показана возможность автоматизации контроля концентрации хлорид-ионов в сточных водах методом ионометрии. Предложена конструкция, позволяющая проводить автокалибровку датчика в исследуемом растворе.

#### **Список информационных источников:**

1. Инженерная защита водной среды/ А.Г. Ветошкин – Изд-во «Лань», 2014. – 416 с.

2. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков/ Д.А. Кривошеин, П.П. Кукин, В.Л. Лапин – М.: Высшая школа, 2003. – 344 с.

3. Справочник инженера-эколога/ А.И. Булатов, П.П. Макаренко, В.Ю. Шеметов – Изд-во «Недра», 1999. – Ч.1. Вода. – 732 с.

4. ФЗ-219 «О внесении изменений в ФЗ «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты РФ»

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ НА ПРИМЕРЕ КЫРГЫЗСТАНА**

*Беренбеков Н.Б.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научные руководители: Романенко С.В., д.х.н., профессор,  
заведующий кафедрой экологии и безопасности жизнедеятельности;  
Ордобаев Б.С., к.т.н., профессор, заведующий кафедрой защиты в  
чрезвычайных ситуациях, г. Бишкек, Кыргызская Республика*

За последние годы при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий актуальной проблемой становятся вопросы

энергоэффективности и ресурсосбережения, сейсмостойчивости и комфортности для проживания.

В данной работе описано технология строительства энергоэффективного сейсмостойчивого дома «Экостиль» в г. Бишкек.

### *Характеристика проектного дома*

Дом представляет собой в два этажа мансардного типа, без подвала (см. рисунок 1), с общей площадью 288 м<sup>2</sup>.

Толщина ограждающих стен 0.4 м, перегородок 0.2 м. Высота потолка первого этажа 2.7 м, второго 2.6 м. Общая площадь ограждающей поверхности стен составляет 194,27 м<sup>2</sup>, остекленной поверхности 49,33 м<sup>2</sup>, входных дверей 3,8 м<sup>2</sup> и площадь крыши 95,42 м<sup>2</sup>.



Рисунок 1 – Вид дом «экостиль», построенный по данной технологии

Дом был спроектирован по концепции пассивного дома, с учетом «солнечного юга», так, остекление с южной стороны составляет 63,27 %, с западной 20,65 %, с восточной 15,9 % и с северной стороны 0,18 % от общей площади остекления.

Расчетный потребление электроэнергии на отопление составляет от 18 до 26 кВт/м<sup>2</sup>×°С. По проекту отсутствуют альтернативные источники получения электроэнергии (ветровые, солнечные и т.д.).

#### *Общий принцип строительства*

Предлагается строить без заглубления и привязки к грунту, несущим элементом является внутренний каркас вместо стен, с помощью опалубки все ограждающие конструкции заполняется монолитным лёгким, негорючим бетоном с высоким сопротивлением теплопередаче пенополистиролбетоном [1]. Окна соответствуют всем требованиям энергоэффективного дома с высоким сопротивлением теплопередаче, покрытый специальными пленками [2].

Конструкция дома состоит из двух каркасов. Внутренний несущий каркас здания состоящий из колонн, ригелей и балок перекрытий



выполненных из труб квадратного сечения, которые заполняются бетоном для увеличения несущей способности, огне-, и сейсмостойкости. Внешний каркас здания служит для крепления листов опалубки и, по необходимости, облицовочных фасадных элементов [1].

#### *Почему полистиролбетон?*

Полистиролбетон состоит из: цемента, воды, шарика вспененного пенополистирола и воздухововлекающей смолы. Равномерно заливается по всему монолитно залитому объёму. Коэффициент сопротивления теплопередаче колеблется от 0,05 до 0,17 Вт/(м×°С), выдерживает 500 циклов замораживания-оттаивания, группа горючести Г1, удельная теплоемкость 1,06 кДж/(кг×°С), температура применения от -60 °С до +70 °С, обладает низкой сорбционной влажностью, что позволяет сохранять низкие значения теплопроводности [3].

#### *Технология строительства*

Технология предлагается по принципу строительства на основе каркасного строительства из стальных труб и технологии монолитной заливки (см. рисунок 2).

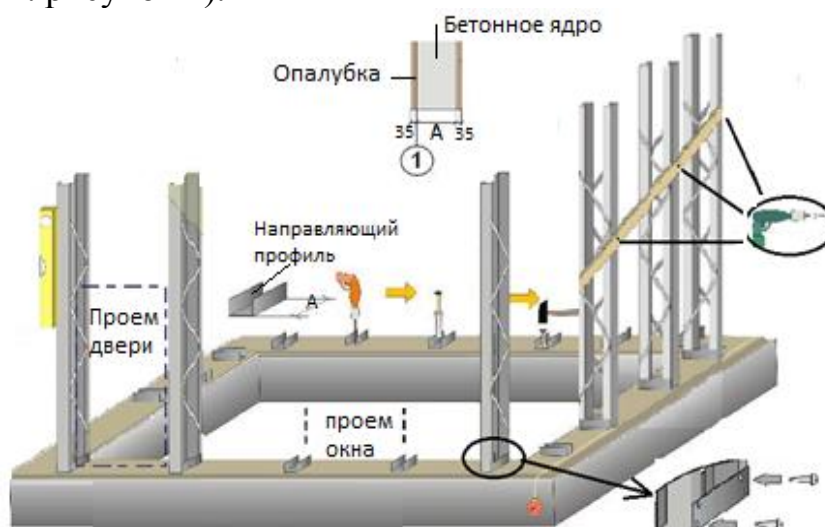


Рисунок 2 – Принцип установка несущей колонны

Фундамент представляет собой единую монолитную плиту, залитый по всей площади. На фундаменте устанавливаются профили на которых крепятся колонны необходимой высоты, и скрепляют их ригелями, образуя несущий каркас здания с проемами (см. рисунок 2).

На ригелях ставятся балки перекрытия, которые закрепляются между собой сваркой, дополнительными болтовыми или заклепками.

С внутренней стороны помещений, к колоннам и балкам перекрытий крепят гнутый профиль, а листы опалубки (по полу, стенам и потолку) закрепляют саморезами к гнутому профилю.

С наружной стороны здания, на фундамент устанавливается

внешний каркас, на необходимом расстоянии и оба каркаса скрепляются между собой, далее к внешнему каркасу, саморезами, крепят листы несъемной опалубки.

Далее в пространстве опалубки прокладывают необходимые электрические и вентиляционные коммуникации, устанавливают необходимое оборудование и устройства, (выключатели, корпуса для электро- и сантехнического оборудования и т.д.), также оконные и балконные блоки (без стеклопакетов).

В пространство опалубки заливают полистиролбетон, омоноличивая стену с включением внутрь внешнего и внутреннего каркаса здания, межэтажных перекрытий, необходимого технологического оборудования и коммуникаций. Заливку лёгким бетоном производят на всех стенах круговую, по всему периметру здания или отдельной секции, но не более 0,6 м по высоте, за одну смену, своевременно демонтируя временные фиксаторы (см. рисунок 3).

В конце заливки устанавливают стеклопакеты, и далее выполняют отделочные работы.

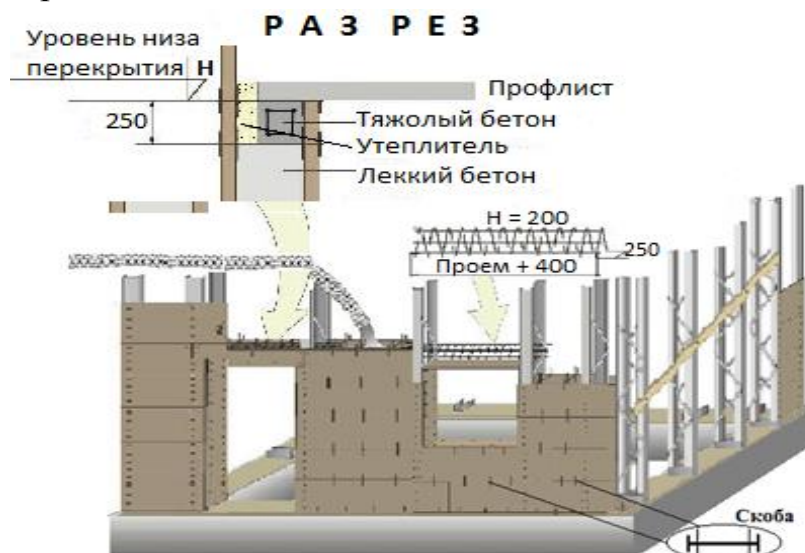


Рисунок 3 – Принцип установки опалубки и заливки полистиролбетона

Следует особо отметить что, находясь в монолитно залитом полистиролбетоне несущие конструкции здания надежно защищены от агрессивных факторов окружающей среды (влаги, воздуха, высоких температур, вибрации и т. п.), многократно увеличивая срок эксплуатации конструкции в целом [1].

Таким образом, всё здание (фундамент, все стены, перекрытия, крыша) заливается монолитно, с выбором марки ПСБ. При этом отсутствуют «мостики холода», и весь массив полистиролбетона является эффективной теплоизоляцией внутреннего пространства дома от окружающей среды.

За счет применения специальной конструкции здания, самых энергоэффективных на сегодняшний день оконных и дверных блоков, энергосберегающих материалов стен и крыши, приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла воздуха и малоинерционных отопительных систем удастся добиться снижения тепловых потерь на 90 % (в 10 раз) от нормативных показателей для зданий таких размеров согласно требований СНиП 23-02-2003 и может быть достигнут класс энергосбережения А ++ (очень высокий) [4].

Здание, построенное по такой технологии, соответствует стандартам, предъявляемым к «пассивному» дому.

#### *Выводы*

Данная технология позволяет строить быстровозводимые объекты с сроком эксплуатации сто и более лет, обладающий повышенной устойчивостью к различным опасным природным процессам и явлениям. Предусмотренные в проекте конструктивные и объемно-планировочные решения позволяют поддержать комфортные условия в помещениях летом и зимой относительно низкими эксплуатационными затратами.

### **Список информационных источников**

1. Шефер Ю.В. Ордобаев С.Б., Романенко С.В. Концепция малоэтажного сейсмоустойчивого энергоэффективного строительства. Вестник науки Сибири. 2012. № 5. Стр. 76-81

2. Бадьин Г.М. «Строительство и реконструкция малоэтажного энергоэффективного дома. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 432 с.:

3. ГОСТ Р 51263–2012. Полистиролбетон. Технические условия.

4. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.

### **ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХРОМА (VI) И ЖЕЛЕЗА (III) В ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОДАХ**

*Булыгина К.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Ларионова Е.В., к.х.н., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

Значительная биологическая роль ионов хрома и железа определяет необходимость контроля их содержания в водах различного происхождения. Известно, что железо и хром часто сопутствуют друг

другу в объектах окружающей среды и промышленных образцах. В поверхностные воды соединения трех- и шестивалентного хрома попадают в результате выщелачивания из пород (хромит, крокоит, уваровит и другие). Некоторые количества поступают в процессе разложения организмов и растений, из почв. Значительные количества могут поступать в водоемы со сточными водами гальванических цехов, красильных цехов текстильных предприятий, кожевенных заводов и предприятий химической промышленности. Понижение концентрации ионов хрома может наблюдаться в результате потребления их водными организмами и процессов адсорбции [1]. Главными источниками соединений железа в поверхностных водах являются процессы химического выветривания горных пород, сопровождающиеся их механическим разрушением и растворением. Значительные количества железа поступают с подземным стоком и со сточными водами предприятий металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и с сельскохозяйственными стоками [2].

При мониторинге сточных и природных вод содержание хрома и железа не должно превышать предельно-допустимой концентрации. Нормативы ПДК для хрома очень низкие: ПДК для вод рыбохозяйственного назначения равен  $0,02 \text{ мг/дм}^3$ , для вод хозяйственно-бытового назначения –  $0,05 \text{ мг/дм}^3$ . Нормативы ПДК для железа: ПДК для вод рыбохозяйственного назначения равен  $0,1 \text{ мг/дм}^3$ , для вод хозяйственно-бытового назначения –  $0,3 \text{ мг/дм}^3$ .

В настоящее время известны достаточно чувствительные и избирательные спектрофотометрические методики последовательного определения хрома с дифенилкарбазидом и железа с ортофенантролином [3]. При этом возможно проявление мешающего влияния железа, требующего устранения химическими способами.

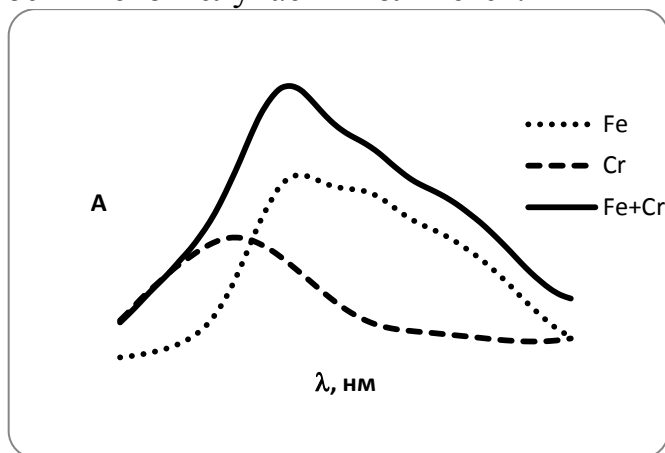
В связи с развитием аналитической химии в направлении экспрессности и компьютеризации методов анализа актуальным является разработка методики совместного определения железа и хрома из одной пробы. Эта задача может быть решена с использованием смешанного фотометрического реактива и математических приемов обработки сигналов.

Таким образом, целью данной работы является изучение возможности совместного фотометрического определения хрома (VI) и железа (III) со смешанным реактивом (дифенилкарбазид и ортофенантролин).

Для достижения цели должны быть решены следующие задачи:

- исследование аддитивности совместных спектров железа и хрома со смешанным реактивом;
- исследование выполнения закона Бугера – Ламберта – Бера;
- выбор приема обработки перекрывающихся сигналов и анализ возможности его применения на модельных смесях.

Для исследования возможности совместного определения хрома (VI) и железа (III) были изучены их индивидуальные спектры поглощения с дифенилкарбазидом и ортофенантролином в их смеси в присутствии смешанного реактива в кислой среде. Спектры снимали на УФ-Вид спектрометре Evolution в интервале длин волн от 300 до 800 нм с разрешением 10 нм. На рис. 1 представлены полученные спектры. Как видно, спектры комплексов достаточно сильно перекрываются, но условие аддитивности в этом случае выполняется.



*Рис. 1. Спектры поглощения окрашенных индивидуальных комплексов хрома (VI) и железа (III) и при совместном присутствии со смешанным реактивом (дифенилкарбазид и ортофенантролин)*

Для определения индивидуальных веществ в данном случае необходимо применение математических приемов обработки сложных перекрывающихся сигналов. Для получения информации о содержании отдельных компонентов в смеси применяют подходы, связанные с выделением отдельного сигнала из перекрывающегося контура (методы подгонки кривых, многомерное разрешение), либо с использованием общего контура без его разделения (методы многомерной калибровки, метод Фирордта и др.). В данной работе предлагается использовать модифицированный метод стандартных добавок. Метод не требует применения сложных процедур разрешения и является достаточно точным при выполнении условия аддитивности перекрывающихся сигналов и закона поглощения для отдельных комплексов.

Для модифицированного метода стандартных добавок (N-point method) требуется получить серию совместных сигналов, где к исследуемой пробе последовательно делаются добавки второго компонента в смеси. Метод основан на построении градуировочных характеристик по полученной серии сигналов при двух длинах волн. Точка пересечения градуировочных графиков  $N(-C_N, A_N)$  используется для определения концентрации двух компонентов в смеси, где  $-C_N$  является неизвестной концентрацией первого компонента в смеси и  $A_N$  – оптическая плотность второго компонента [4, 5].

В данной работе получены серии спектрофотометрических сигналов хрома (VI) и железа (III) со смешанным реактивом при их различном соотношении в смеси путем последовательных добавок железа и хрома соответственно.

Ранее была определена пара длин волн 490 и 520 нм, которые могут быть использованы для определения железа и хрома по общему спектру их комплексов со смешанным реактивом. Исследованный диапазон концентраций хрома от 0,5 до 1,5 мг/дм<sup>3</sup> и от 0,02 до 0,1 мг/дм<sup>3</sup>. Исследованный диапазон концентраций железа от 3 до 6 мг/дм<sup>3</sup> и от 0,1 до 1 мг/дм<sup>3</sup>. Были исследованы реальные образцы природной и сточной воды.

Относительно известного введенного значения была исследована правильность метода.

Таким образом, в работе показана возможность применения методики спектрофотометрического определения железа (III) и хрома (VI) со смешанным реактивом при использовании модифицированного метода стандартных добавок. Предлагаемая методика расширяет круг использования известных методик спектрофотометрического определения ионов железа и хрома и может быть использована для контроля их содержания в природных и сточных водах в пределах предельно-допустимой концентрации.

### Список информационных источников

1. Лаврухина А. К. Аналитическая химия хрома. – Л.: Химия, 1979. – 213 с.
2. Лурье Ю. Ю. Химический анализ производственных сточных вод / Ю. Ю. Лурье, А. И. Рыбникова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1974. – 335 с.
3. Методы спектрофотометрии в УФ и видимой областях в неорганическом анализе: пер. с пол. / З. Марченко, М. Бальцежак. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 711 с.

4. Rerg F. B., Falw P. C. H-point Standard Additions Method Part 1 Fundamentals and Application to Analytical Spectroscopy // Analyst. – 1988. – V. 113. – P. 1011–1016.

5. Abdollahi H. Simultaneous spectrophotometric determination of chromium(VI) and iron(III) with chromogenic mixed reagents by H-point standard addition method and partial least squares regression // Analytica Chimica Acta. – 2001. – V. 442. – P. 327–336.

6. Булыгина К. А. Совместное фотометрическое определение хрома (VI) и железа (III) с использованием модифицированного метода стандартных добавок [Электронный ресурс] // Неразрушающий контроль: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность». В 2 т, Томск, 26-30 Мая 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - Т. 2 - С. 98-101.

## **ВЛИЯНИЕ БОРНОЙ КИСЛОТЫ НА ГАЗООБРАЗНЫЕ ПРОДУКТЫ ТЕРМООКСИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ**

*Бухарева П.Б.*

*Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Назаренко О.Б., д.т.н., профессор  
кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

Полимерные материалы широко используются в промышленности и быту. Объемы их производства и потребления возрастают с каждым годом. Недостатком изделий из полимеров является их повышенная горючесть, повышенное саже- и дымовыделение, высокая скорость горения. Пожары, обусловленные горением полимеров, приводят к загрязнению окружающей среды как продуктами горения, так и огнетушащими веществами, и наносят большой ущерб народному хозяйству. Среди опасных продуктов разложения и горения полимеров можно отметить оксид углерода (IV), оксид углерода (II), хлороводород, сернистый газ, оксиды азота, хлор, альдегиды, цианистый водород [1].

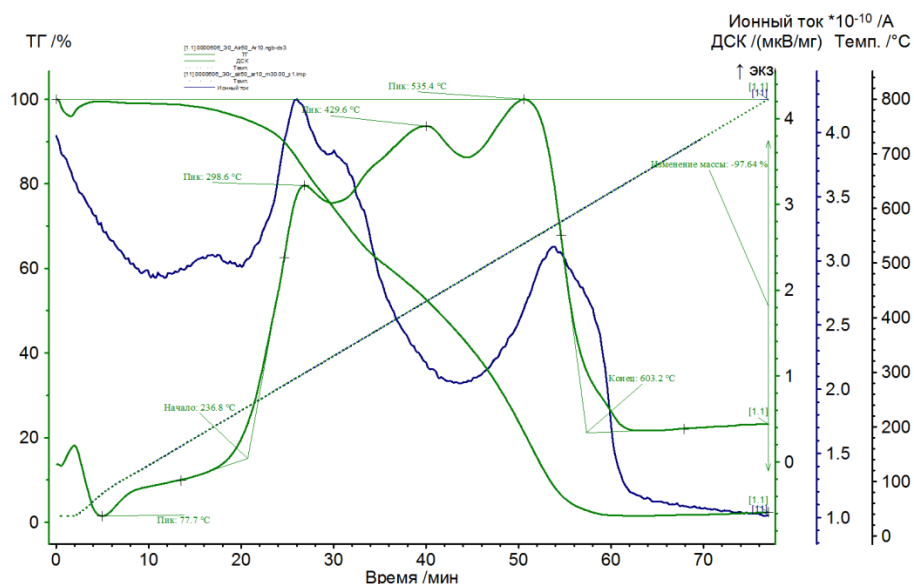
Для снижения горючести полимеров применяют замедлители горения – антипирены. Некоторые традиционные замедлители горения (хлор- и бром содержащие соединения, оксиды сурьмы и т.д.), эффективно снижающие горючесть, могут образовывать при горении высокотоксичные продукты, такие как фосген, цианистые соединения,

диоксины [2]. Поэтому проблема разработки и исследования новых экологически безопасных замедлителей горения является актуальной.

Целью данной работы являлось исследование влияния борной кислоты, используемой в качестве наполнителя, на газообразные продукты термоокислительной деструкции эпоксидных композитов.

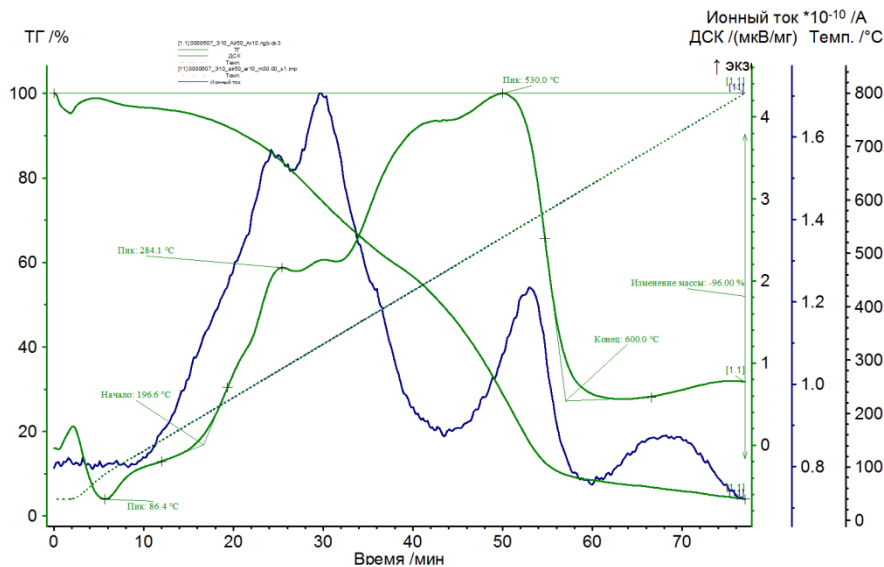
Для исследований были изготовлены образцы на основе эпоксидиановой смолы ЭД-20, отверждение которой проводили с помощью полиэтиполиамина (ПЭПА). В качестве наполнителя использовали высокодисперсный порошок борной кислоты с концентрацией 10 мас. %. С помощью газоаналитической системы на основе квадрупольного масс-спектрометра QMS 403 Aeolos, подключенного к термоанализатору STA 449C Jupiter проводился анализ выделяемых при нагреве газов. Нагрев образцов проводился в атмосфере воздуха до 800 °С со скоростью 10 °С/мин.

Полный анализ состава продуктов термоокислительной деструкции эпоксидных полимеров является трудоемким, поэтому в данной работе проведен анализ основных компонентов – воды, монооксида углерода, диоксида углерода, формальдегида. На рис. 1 представлены масс-термограммы образцов. Зависимость ионного тока дана для иона с массовым числом  $m/z = 30$ , что свидетельствуют о выделении ионов формальдегида  $[\text{CH}_2\text{O}]^+$ .



а)





б)

Рис. 1. Масс-термограммы образцов исходного эпоксидного полимера (а) и эпоксидного полимера

Борная кислота при нагревании обезвоживается с переходом в метаборную кислоту, а затем в оксид бора. Эти процессы являются эндотермическими. На этом основано действие борной кислоты как замедлителя горения. При нагревании наполненного борной кислотой образца эпоксидного полимера происходит разложение борной кислоты с выделением и испарением в ходе эндотермической реакции воды [3, 4]. Это приводит к охлаждению полимерной матрицы и разбавлению летучих продуктов деструкции полимера.

Проведен также анализ зависимостей ионных токов от температуры для ионов с массовыми числами  $m/z = 18$ ; 28; и 44, которые свидетельствуют о выделении ионов воды  $[\text{H}_2\text{O}]^+$ , монооксида углерода  $[\text{CO}]^+$  и диоксида углерода  $[\text{CO}_2]^+$ , соответственно. Результаты анализа свидетельствуют о том, что для наполненного образца наблюдается уменьшение значений ионных токов.

О снижении количества газообразных продуктов свидетельствует также увеличение выхода остатка наполненного образца по сравнению с исходным. По данным термического анализа остаточная масса наполненного образца при температуре 600 °C составила 9,8 %, в то время как для ненаполненного эпоксидного полимера эта величина составила 3 %.

Таким образом, введение борной кислоты в эпоксидный полимер в качестве наполнителя для снижения горючести также приводит к уменьшению газообразных продуктов, образующихся в ходе термоокислительной деструкции наполненного эпоксидного образца.

## Список информационных источников

1. Щеглов П.П., Пожароопасность полимерных материалов. - М.: Стройиздат, 1992. – 9 – 18 с.
2. Леонова Д. И. // Актуальные проблемы транспортной медицины. 2008. № 3 (13). С. 117–128.
3. Кодолов В. И. Замедлители горения полимерных материалов. М.: Химия, 1980. 274 с.
4. Ю-Винг Май, Жонг-Жен Ю. Полимерные нанокомпозиты. М.: Техносфера. 2011. 688 с.

## РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО ЦЕНТРА ПОДГОТОВКИ СПАСАТЕЛЕЙ НЕШТАТНЫХ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ (НАСФ)

*Буянтуев И.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Романцов И.И., к.т.н., старший преподаватель кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

Нарастающие масштабы техногенной деятельности общества, увеличение многократного проявления аварий, стихийных бедствий и катастроф усугубили проблемы, связанные с обеспечением безопасности населения, его подготовленности к действиям в чрезвычайных ситуациях. Для локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций, создаются специальные службы. Большую значимость имеет обучение населения правилам поведения в таких ситуациях, а также подготовка специальных кадров в области безопасности жизнедеятельности.

На сегодняшний день в Томске подготовкой спасателей занимается общероссийская общественная организация «Российский союз спасателей», Томская областная поисково-спасательная служба, учебный пункт пожарной охраны МЧС России по Томской области и др. профильные организации.

Подготовка спасателей направлена на приобретение навыков и умений, физических и психологических качеств, способствующих успешному выполнению оперативно-служебных задач, сохранением высокой работоспособности в условиях тяжелых физических и психологических нагрузок. Поэтому будущим спасателям необходима длительная полноценная подготовка с временным местом проживания и соответствующим оборудованием.

Создание Томского регионального учебного центра подготовки спасателей должно решить все вышеперечисленные проблемы.

На базе полигона НИИ Высоких Напряжений и Ядерной Физики Томского политехнического университета планируется строительство центра. Находится он на правом берегу р. Ушайка в 500 м южнее микрорайона «Академгородок» г. Томска. Площадь полигона около 30 000 м<sup>2</sup>.

Ниже приведены примеры тренажеров, которые будут конструироваться, а затем использоваться в подготовке спасателей.

### **Спасение при дорожно-транспортном происшествии (ДТП)**

Демонтаж крыши автомобиля с целью обеспечения удобного доступа к пострадавшим и их эвакуации из автомобиля. Устройство предназначено для обучения личного состава действиям при ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий. Работа с тренажером включает в себя разбивание стекол, разжимание двери и срезание крыши при помощи гидравлического инструмента, и спасение условно пострадавшего пассажира. Через несколько минут автомобиль приводят в порядок при помощи съемных устройств, и он готов к занятиям следующей группы.

Размер зоны тренажера: 10м x10м

Пропускная способность: за 1 час этап может пройти 16 человек:

- 4 минуты на прохождение этапа (в среднем за 4 минуты этап проходят 4 человека)

- 10 минут на подготовку этапа

Кол-во участников этапа: 4 спасателя

### **Техногенный завал**

Тренажер представляет собой полосу препятствий и позволяет отрабатывать навыки по ориентированию, прохождению узких проходов и препятствий, по спасению человека с использованием специального инструмента. Кроме того, за счет использования в конструкции тренажера качающихся полов и обрушающихся отрезков труб, он развивает у пожарных вестибулярный аппарат, маневренность, внимательность и быструю реакцию.

Конструкция завала: обрушающиеся конструкции, качающийся участок пола, узкие лазы, имитатор упавшей плиты перекрытия, имитатор труднопроходимой поверхности, имитатор металлической двери, имитатор металлической решетки.

Размеры зоны тренажера: общая площадь завала должна составлять по возможности от 20 м<sup>2</sup> до 50 кв.м.

Пропускная способность: за 1 час этап может пройти 10 человек:

- 15 минут на прохождение этапа
- 15 минут на подготовку этапа

(в среднем за 15 минут этап проходят 5 человек)

Кол-во участников этапа: 5 спасателей и 1 собака

### **Устранение утечки аварийно-химически опасных веществ**

На данном этапе отрабатываются навыки ведения аварийно-спасательных работ в зоне химического заражения (авария на химическом заводе) с использованием защитных средств и аварийно-спасательного оборудования, оказание помощи и эвакуация пострадавших.

Разработка тренажера такого типа подразумевает работу с химически опасными веществами, поэтому работа на тренажере ведется в средствах индивидуальной защиты. Тренажер представляет собой вагон-цистерну, одного из видов железно-дорожного состава. В случае аварии происходит утечка АХОВ, которую нужно устранить. Работа ведется при помощи пневматического инструмента, пластырей различного типа, лебедок и строп.

Размеры зоны тренажера: 20м x 20м

Пропускная способность: за 1 час этап может пройти 8 человек:

- 10 минут на прохождение этапа
- 15 минут на подготовку этапа

(в среднем за 10 минут этап проходят 4 человека)

Участники этапа: 2 спасателя-дозиметриста, 2 спасателя

### **Список информационных источников**

1. Учебник спасателя / С. К. Шойгу, М. И. Фалеев, Г. Н. Кириллов и др.; под общ. ред. Ю. Л. Воробьева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Краснодар: «Сов. Кубань», 2002. — 528 с.

2. Квалификационные требования, предъявляемые к спасателям МЧС России [Электронный ресурс] <http://www.spec-naz.org/>

## **К ВОПРОСУ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

*Волкова М.И.*

*Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Задорожная Т.А., ассистент кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

Пожарная опасность деревообрабатывающего производства обуславливается наличием значительного количества горючего материала, который в процессе производства подвергается механической обработке.

Этим горючим материалом является древесина, при горении которой выделяется большое количество тепла, что в свою очередь подготавливает к горению очередные порции древесины (высушивают ее, что способствует выделению летучих составляющих). В процессе обработки древесины на станках образуется большое количество отходов (стружки, опилки, древесная пыль). По мере измельчения древесины увеличивается и ее пожарная опасность, поскольку для загорания измельченной древесины требуется источник воспламенения незначительной мощности (пламя спички, непотушенный окурок, искра газо- и электросварки), а древесная пыль в смеси с воздухом способна взрываться.

Наличие в цехах сухих лесоматериалов, готовых изделий, стружки, пыли и других отходов создает условия для быстрого распространения пожара. Устройство местных отсосов и пневматического удаления отходов уменьшает количество сгораемых материалов, но сам пневматический транспорт может способствовать быстрому распространению пожара, так как отдельные станки связаны в единую систему при помощи трубопроводов. Ввиду этого пожар, возникший у какого-либо станка, может быстро распространиться по всему пневмотранспорту, включая циклон. Известны случаи самовозгорания древесных опилок. При работе лесопильных рам опилки и часть смазки падают вниз, в трансмиссионное отделение, расположенное под полом цеха. Смесь опилок и масла представляет легкогорючую массу, способную самовозгораться [1].

В данной работе ставится задача проведения анализа пожарной опасности деревоперерабатывающего предприятия и мероприятий, направленных на предотвращение возникновения и распространения пожара.

Основными причинами возникновения пожаров в деревообрабатывающих цехах обычно являются: курение и применение открытого огня при ремонтных, сварочных и других работах; неисправность электрооборудования, осветительных и силовых сетей; перегрузка двигателей; механические повреждения изоляции; трение и перегрев быстровращающихся частей машин и станков при недостаточной их смазке; искрение в момент обработки древесины при наличии в ней случайно попавших гвоздей или кусочков металла; оставление без надзора под напряжением электроклееварок и т.п. [2].

В деревообрабатывающем производстве широко применяют пневматический транспорт, основным преимуществом которого является совмещение функций непрерывного автоматического транспорта отходов, обеспыливание производственного процесса и вентиляции помещений. Правильно рассчитанная, сконструированная и смонтированная пневмоустановка обеспечивает почти полное удаление отходов и пыли. В связи с тем, что установки пневматического транспортирования перемещают из производственных помещений большие объемы воздуха, поэтому удаленный из помещений воздух должен возмещаться приточной вентиляцией.

Основными элементами обычной пневмотранспортной установки для деревообрабатывающих цехов являются: пылевой вентилятор с электродвигателем, воздушно-транспортная сеть, приемник для опилок, стружки и пыли, циклон с бункером.

Воздух, смешанный с мелкими отходами древесины, засасывается в приемники, установленные непосредственно у режущего инструмента, затем, увлекаясь воздушным потоком по разветвленным трубопроводам воздушно-транспортной сети, поступает в ступенчато-расширяющийся магистральный трубопровод, ведущий к циклону, а далее – в бункера.

В тот же момент данное оборудование при работе генерирует электростатические потенциалы, проявление которых в искровых разрядах грозит взрывом всей аспирационной системы.

Противопожарная защита деревообрабатывающих цехов сводится к предупреждению возникновения пожаров в цехах, а также ограничению площади его распространения в случае возникновения. Для этого необходимо снижать до минимума количество древесины в цехах на всех стадиях обработки, тем самым ограничивая площадь распространения пожара и уменьшая количество горючего материала.

Для ограничения распространения пожара, часто используют полную изоляцию складов готовой продукции и полуфабрикатов от производственных цехов противопожарными стенами. При

необходимости (по условиям технологии) проем между цехом и складом защищают samozакрывающейся противопожарной дверью.

Шлифовальное отделение и отделочно-окрасочные цеха отделяются от основных цехов предприятия противопожарными стенами.

При наличии в цехах вспомогательных помещений, предназначенных для обслуживания рабочих (душевые, гардеробные, медицинские пункты, комнаты отдыха, матери и ребенка, общественных организаций и др.), их выделяют из объема цеха несгораемыми стенами и перекрытиями.

Кроме отмеченных выше факторов – образование в процессе обработки древесины на станках большого количества отходов (опилки, стружки, древесная пыль), в цехах скапливается большое количество заготовок, полуфабрикатов, что создает повышенную пожарную опасность.

Большое значение имеет рациональное построение технологического процесса, которое во многом зависит от специализации и поточности лесопильно-деревообрабатывающего производства. Специализация и поточность обеспечивают ритмичность технологического процесса, создают большие возможности для внедрения в производство механизации и автоматизации.

Безопасное функционирование данных объектов опирается на ряд законодательных актов, таких как правила пожарной безопасности для предприятий и организаций ППБО 114-84, а также постановления Правительства РФ от 25.04.2012 г. № 390 о противопожарном режиме.

В заключении хотелось бы сказать, что соблюдение пожарной безопасности и своевременное обучение персонала, с последующим инструктированием, позволит избежать пожароопасных ситуаций, а в случае возникновения возгорания принять необходимые меры, которые помогут избежать человеческих жертв и большого материального урона. Именно поэтому необходимо уделять мерам пожарной безопасности должное внимание.

### **Список информационных источников**

1. Буткевичус В.Ю. Пожарная безопасность и противопожарная техника.-1981-с.59-61
2. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.q02.ru>

## **РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В ГОРОДЕ ТОМСКЕ**

*Воробьева С.О., Шибут В.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Цыганкова Т.С., к.т.н., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

Во всем мире проблема управления твердыми бытовыми отходами (ТБО) является одной из приоритетнейших.

К ТБО относятся отходы, образующиеся в жилом секторе, в предприятиях торговли, административных зданиях, учреждениях, конторах, дошкольных и учебных заведениях, культурно-спортивных учреждениях, железнодорожных и автовокзалах, аэропортах, речных портах. Кроме того, к муниципальным отходам относятся крупногабаритные отходы, дорожный и дворовый мусор.

Отходы при бесконтрольном размещении засоряют и захламляют окружающий нас природный ландшафт, являются источником поступления вредных химических, биологических и биохимических препаратов в окружающую природную среду. Это создает определенную угрозу здоровью и жизни населения.

Решение проблемы переработки отходов приобретает за последние годы первостепенное значение.

В условиях постоянного ухудшения экологической обстановки выдвигается необходимость обеспечить максимально возможную безвредность технологических процессов и безопасную утилизацию отходов.

Сложность решения всех этих проблем утилизации бытовых отходов объясняется необходимостью применения сложного капиталоемкого оборудования и отсутствием экономической обоснованности каждого конкретного решения.

Цель данной работы состоит в том, чтобы ознакомиться с составом ТБО, а также произвести анализ методов переработки и утилизации ТБО.

В связи с поставленной целью решались следующие задачи:

1. Рассмотрение методов переработки и утилизации ТБО.
2. Анализ состояния проблемы твердых бытовых отходов города Томска.
3. Выбор и обоснование наиболее экологически оптимального метода переработки ТБО для города Томска.



Сложившаяся проблема по утилизации ТБО является приоритетной и актуальной. Строительство новых полигонов ТБО требует больших денежных затрат и отчуждению земель под строительство и эксплуатацию полигонов.

Утилизацию отходов можно производить несколькими способами:

- 1.Метод сжигание отходов;
- 2.Метод биоразложения;
- 3.Метод вторичной переработки отходов.

Один из наиболее распространенных методов – сжигание отходов. Благодаря этому методу количество отходов существенно уменьшается: количество хранимого на полигонах мусора можно таким образом уменьшить в десятки раз. Но позитив от такого метода перечеркивается одним очень существенным недостатком: при сжигании происходит большой выброс вредных веществ в атмосферу. Загрязняется также и литосфера, и гидросфера. Особенно небезопасны продукты сгорания полимерного мусора, которого сегодня накапливается очень много.

Метод биоразложения тоже неплох, однако он подходит только для органических отходов. Еще один минус – наличие в компосте, получаемом вследствие биологического разложения, ряда соединений тяжелых металлов, что, соответственно, накладывает ограничение на дальнейшее использование такого компоста.

На сегодня самым эффективным способом утилизации считается все же вторичная переработка отходов. Среди недостатков метода – необходимость наличия четкой схемы сортировки мусора. Также минус метода состоит в том, что перерабатывать можно только незначительное количество бытовых отходов.

Общая черта всех методов – узкая направленность. То есть получается, что каждый из способов утилизации отходов подходит только для отдельного вида твердых бытовых отходов. К тому же у каждого отдельного метода утилизации имеются и конкретные недостатки.

В связи с этим возникает необходимость в поиске решения этой проблемы более безопасным методом, но и не забывая про экономическую сторону этого вопроса. На сегодняшний день строительство линий сортировок мусора является весьма дорогостоящим мероприятием, и возмещение расходов возможно только за счет реализации вторичного сырья, полученного при сортировке ТБО. В условиях настоящего экономического кризиса цены на вторичное сырье очень не высоки и данный способ можно рассматривать только как экологически эффективный.

В Томске существует большая проблема захоронения ТБО. Существовавший до недавнего времени полигон исчерпан и нуждается в рекультивации, кроме этого находится в непосредственной близости от города. Рост и развитие города вносит свой вклад и в увеличение количества ТБО таким образом, что планируемый на 5 лет полигон заполнился за 3,5 года. И это в том числе указывает на острую необходимость снижения экологической нагрузки на город Томск и решения проблемы с ТБО.

В связи с климатическими особенностями города методы биоразложения оказываются малоэффективными. Мусоросжигательные заводы и сам процесс сжигания мусора наносит более значительный вред окружающей среде, чем возможно, полигон. Наиболее реальным решением проблемы ТБО в Томске, должна стать вторичная переработка отходов.

В Томске ежедневно образуется около 4,5 тыс. м<sup>3</sup> ТБО, из них чуть более 90% размещаются на полигоне.

Твердые бытовые отходы состоят из различных, неоднородных по составу, свойствам, происхождению элементов:

- картонно-бумажные отходы (периодические издания из бумаги и картона, рекламные брошюры, картонные упаковки);
- полимерные отходы (пластмассы, пленка, пластик);
- биоотходы (пищевые и растительные отходы);
- металлолом (черные и цветные металлы);
- ветошь (текстильные отходы, тряпки, одежда);
- стеклянные и стеклокерамические отходы (лампочки, бутылки, посуда, сантехника);
- древесные отходы (фанера, опилки, древесина, плиты ДСП);
- строительные отходы;
- кожаные и резиновые отходы (обувь, шины и т.д.).

Состав твердых бытовых отходов рассматривается по различным признакам и свойствам: плотности, размеру, температуре плавления, химическому составу, что отражается на способе сбора и вывоза отходов, способе дальнейшей переработки вторичного сырья и разделения.

На сегодняшний день в городе Томске практически отсутствует система раздельного сбора бытового мусора, которая могла бы существенно облегчить решение проблемы ТБО и получения вторичного сырья.

Ввиду того, что количество твердых бытовых отходов со временем возрастает, сегодня потребителям предлагается довольно обширное

количество способов утилизации отходов. Конечно, все эти методы работают на то, чтобы уменьшить общее количество отходов, но при этом каждый из способов имеет как четкие преимущества, так и ряд довольно существенных недостатков, которые не позволяют использовать конкретный способ утилизации мусора шире.

### **Список информационных источников**

1. Юфит С.С. Мусоросжигатели - не решение проблемы удаления мусора // Волна, 2000. – № 2, – с.41-42.
2. Трубникова Л.И. // Экология и промышленность России, 2002, октябрь. – с.34-35.
3. Родионов А.И., Клушин В.Н. Торчешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1989. – 512 с.
4. Возобновляемые источники энергии в Томской области [электронный ресурс]: Полигон ТБО Сухово-Сухоречье. URL: <http://green.tsu.ru/tomres>. Дата обращения 01.10.2014
5. Городской информационный портал Tomsk.ru [электронный ресурс]: «Спецавтохозяйство» неправильно эксплуатирует полигон. URL: <http://www.tomsk.ru/news/view/96093>. Дата обращения 03.10.2014

## **ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЕ ЗОЛОТВАЛОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ, РАБОТАЮЩИХ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ**

*Гармонов А.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Вторушина А.Н., к.х.н., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

Уголь - один самых из древнейших видов топлива, который вплоть до середины XX века был основным источником энергии. И сейчас, несмотря на активное использование нефти, газа, урана, доля угля в мировом производстве электроэнергии составляет около 40%. В процессе его сжигания образуется не только энергия, но и отходы. Уголь состоит из органического и минерального вещества. Богатая углеродом органическая составляющая - носитель тех полезных свойств, благодаря которым уголь относится к полезным ископаемым. Минеральные компоненты ухудшают качество угля как топлива. После сжигания угля минеральные компоненты преобразуются в золу и шлак, которые складываются как отходы энергетического производства в золоотвалах. В связи с достаточно большими объемами образующихся

отходов вопросы рекультивации шлаконакопителей являются весьма актуальными.

Сегодня объем отходов теплоэнергетики в России достигает порядка 1,5 млрд. тонн, а площадь золоотвалов превысила 20 тыс. гектаров, когда земельный фонд Российской Федерации для промышленного и специального назначения на данный момент составляет 16 млн.га. На круглом столе «О нормативном обеспечении расширения использования золошлаковых отходов» в Государственной Думе было отмечено, что при современных темпах золообразования, к 2020 году объем золошлаков превысит 1,7 млрд. тонн, а к 2030 году - 2 млрд.

Образуемая при сжигании угля зола попадает в золоуловители, перемешивается с водой и подается в шлаковые трубы, которые впоследствии транспортируют водно-зольную смесь (пульпу) далеко за пределы станции. При выходе из золопроводов поток пульпы стекает в подготовленное ложе котлована-могильника: часть золы откладывается под уровнем воды, другая – намывает, так называемые, зольные пляжи.

Зола под уровнем воды не создаёт угроз атмосфере и прилегающим территориям, однако часть, намытая на пляжах, быстро отфильтровывает влагу и высыхает.

Технология сжигания углей предусматривает подготовку в виде размола угля, что приводит в процессе горения при высоких температурах к частичному спеканию золы с образованием мелкодисперсной пыли, которая имеет вес позволяющий потокам ветра переносить и запылять не только близлежащие территории, но и подниматься в более высокие слои атмосферы и переноситься на дальние расстояния.

Причиной всех экологических катастроф, связанных с золоотвалами, является несвоевременная рекультивация занятого пространства. Зола, поднятая ветром, переносится на большие расстояния. Зола, в основном, состоит из кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ), железной окалины ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), глинозема ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), негашеной извести ( $\text{CaO}$ ), жженой магнезии ( $\text{MgO}$ ) и др. Поднятая в воздух пыль влияет на дыхательную систему человека и слизистую глаз, а также может негативно воздействовать на животных, попадая с пищей в желудок, и т.д.. При этом и предприятие несет убытки вследствие оказания негативного воздействия на окружающую среду. Данная проблема касается не только электростанций, которые потребляют уголь для выработки энергии, но и различных предприятий, использующих уголь для разогрева печей, котлов, например, предприятия металлургической отрасли. Помимо платы за негативное воздействие на окр. среду, каждая

станция платит земельный налог, так как расходует земельный фонд, для нужд пылеподавления золных пляжей.

На данный момент существуют несколько методик по пылеподавлению. Например, способ залужения золоотвалов. Включает в себя выравнивание поверхности золоотвала, покрытие грунтом сплошным слоем или полосами, внесение минеральных и органических удобрений, посев многолетних трав и посадку деревьев и кустарников, за 1,0-1,5 м до окончательного завершения намыва золоотвала устраивают водоудерживающую прослойку из слоя, например, нетканого защитно-фильтрующего материала или пленочного перфорированного полотна или бентонитовой глины или намывают слой глиняной пульпы [1]. Еще одним вариантом пылеподавления золоотвалов является способ с высеванием на выровненную поверхность золоотвала семян многолетних трав с длительной фазой прорастания. В этом случае поверхность золоотвала с семенами накрывается защитным полотном, а сверху высевают семена с меньшей фазой прорастания [2]. Способ зарастивания золоотвалов: поверхность золоотвала покрывают мульчей, состоящей из смеси семян многолетних трав, сена, соломы, опилок, торфа и навоза, а мульчу накрывают неткаными полотнами, изготовленными из органических отходов текстильной промышленности, прошитых капроновыми нитями.

В результате проведенного анализа существующих методов пылеподавления золоотвалов были выявлены такие недостатки как большой расход земельного фонда, несовершенство защитного полотна, существенные затраты на реализацию.

Одним из вариантов решения существующей проблемы пылеподавления золоотвалов является использование золы в качестве строительных наполнителей. На данный момент, таким образом в России перерабатывается 13% золы.

В данной работе была рассмотрена проблема пыления золоотвалов, показаны основные способы пылеподавления. В дальнейшем работа направлена на оптимизацию процесса пылеподавления с использованием биоресурсов, что позволит снизить затраты на этот процесс.

#### **Список информационных источников:**

- 1.<http://www.findpatent.ru/patent/229/2293455.html>
- 2.<http://www.findpatent.ru/patent/171/1715225.html>.

## **ВЫЯВЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА УТИЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДОВ ХИМИКО- ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Гербель Д.П.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель Сечин А.И., д.т.н., профессор кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

Главная задача при термической утилизации вредных отходов – предотвращение возможных выбросов загрязнителей воздуха, что является начальной стадией развития чрезвычайной ситуации. В процессе сжигания отходов, содержащих хлорорганические соединения, например, полихлорированные дифенилы (PCB), в атмосферу выбрасываются высокотоксичные тетрахлордibenзо-*n*-диоксин (TCDD) и полихлорированные дибензофураны (PCDF). Тем не менее, правильная эксплуатация и эффективность оборудования для термообработки позволяют резко уменьшить образование соединений PCDF и TCDD.

Рынок переработки ТБО в России слабо развит, что подтверждает сформировавшаяся в стране крайне нерациональная система обращения с ТБО: захоронение на полигонах/ свалках – 90–92% ТБО (36–37 млн. тонн в год), сжигание - не более 1.8% ТБО (~700 тыс. тонн в год), промышленная переработка – 3–4% ТБО (1.2-1.6 млн. тонн в год); отсутствие системы раздельного сбора мусора; высокие затраты на сбор и переработку отходов потребления (инфраструктура, трудоемкость сортировки, значительный расход энергии, примеси); низкая конкурентоспособность и обеспеченность промышленности России сырьевыми ресурсами; свалки мусора рассматриваются как наиболее экономичный способ избавления от отходов; наличие нелегальных свалок.

Таким образом, поиск перспективных путей развития комплексного вопроса как безопасная утилизация отходов, представляет собой актуальную задачу, как в области предупреждения ЧС, так и устойчивого функционирования предприятия.

Основными недостатками традиционных методов термической переработки твердых бытовых отходов являются большой объем отходящих газов ( $5000-6000 \text{ м}^3$  на 1 т отходов) и образование значительного количества шлаков (около 25% по массе или менее 10 % по объему). Одним из эффективных способов обезвреживания шлаков является их плавление с последующим остекловыванием.

Медицинские отходы, как правило, не сортированы и в ряде случаев имеют весьма сложный компонентный состав, не поддающийся точной идентификации. Наиболее перспективным решением данной проблемы является применение плазмо-термических методов.

Плазмохимическая технология используется для утилизации высокотоксичных отходов. Процедура совершается в плазматроне при температуре выше  $4000^{\circ}\text{C}$ , которая достигается благодаря энергии электрической дуги. При этой температуре происходит расщепление кислорода и любых других отходов до радикалов, электронов и ионов. Полнота разложения токсичных отходов доходит до 99,999%. Плавленный шлак представляет собой базальтоподобный монолит, в матрице которого кроме радиоактивных изотопов надежно фиксируются оксиды тяжелых металлов.

Основным элементом плазменных установок для переработки отходов в большинстве случаев является электрическая дуга, генерирующая в плазматроне термическую плазму любых газов, с температурой свыше 5000 К. Кроме того, плазменный процесс регулируется по температуре, составу газа и давлению в отличие от сжигания отходов в топке.

При низких температурах сжигания, не происходит полной деструкции веществ. Следовательно, при работе с медицинскими отходами классов Г и Д и дальнейшей их утилизации в котле устройства утилизации температура должна быть не ниже  $1500^{\circ}\text{C}$ .

В рамках данной работы были рассмотрены следующие методы высокотемпературной переработки отходов: плазменный, шлаковый расплав, электрошлаковый расплав, пиролиз-сжигание, газификация (российская технология). Только при плазменном и электрошлаковом методе утилизация медицинских отходов может выходить на необходимый диапазон температур.

По сравнению с неплазменными печами, даже использующими интенсивные газодинамические режимы обработки, плазменные технологии имеют ряд существенных преимуществ: уменьшение объема печи в 8–10 раз (при сохранении производительности по сырью), соответствующее снижение площади производственных помещений, снижение примерно на порядок объема отходящих газов, увеличение температуры в реакционной зоне печи до 1800 – 2000 К.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сформулировать критерии к устройству для сжигания производственных отходов химико-фармацевтической промышленности. Оно должно отвечать следующим требованиям: уровень развития технологии – средний, так как производство

малотоннажное, ремонтпригодность и срок эксплуатации – высокие, поскольку для предприятия важна надежность устройства, рабочая температура, °С – не ниже 1500, ведь только при такой температуре можно использовать печь с различными классами медицинских веществ, суммарная стоимость оборудования – средняя, необходимость подготовки ТБО – минимальная, вследствие их большой номенклатуры, рабочий агент установки – природный газ, пропан, пусковой период – короткий, так как объемы отходов небольшие, а также для исключения дополнительных затрат на содержание установки, установка должна отвечать всем требованиям взрыво- и пожаробезопасности для использования в производстве, степень утилизации шлака – высокая, так как предприятие работает с опасными для окружающей среды медицинскими препаратами 1-5 классами опасности, чья активность после утилизации должна быть полностью ликвидирована, требования к персоналу – средние, иными словами, устройство должно быть простым в использовании, мощность по сжиганию – 0,1 т/ч, ведь, как было сказано выше, производство предприятия малотоннажное, режим работы – периодический, а для этого важен короткий пусковой период.

В настоящее время переработка всего многообразия промышленных и бытовых органических отходов является довольно актуальной проблемой, что обусловлено их постоянным увеличением объемов и, одновременно, недостатком эффективных методов утилизации с получением полезной продукции.

Из множества различных методов обработки отходов химико-фармацевтической промышленности только термические гарантируют полную дезинфекцию и уничтожение, что предотвращает возникновение потенциальной опасности и развитие ее в ЧС. Ведь возможность использовать технологию плазменной деструкции для переработки разнородного исходного сырья при его минимальной подготовке уникальна. Способ сжигания твердых бытовых отходов при температуре 1500°С не требует предварительной подготовки мусора, отличается высокой надежностью, обеспечивает выполнение экологических требований к продуктам сгорания и позволяет резко снизить потребность в полигонах для складирования остатков переработанных ТБО.

В результате проведен анализ рынка готовой продукции, рассмотрены такие установки по сжиганию промышленных отходов, как печь Ванюкова, многоподовая и барабанная печь, процесс переработки компании «Thermoselect», американская установка надслоевого горения и плазменные печи.



Рассмотрены устройства для сжигания производственных отходов химико-фармацевтической промышленности в области научных разработок.

Проведено обоснование перспективного метода сжигания промышленных отходов, включая вопросы экономики, а также обоснование исходных данных для проектирования промышленной установки по выбранному методу сжигания.

Несмотря на то, что плазменная технология добавляет значение стоимости энергозатрат вследствие увеличения температуры процесса, в конечном итоге снижается стоимость утилизации отходов. Это происходит за счет снижения капитальных затрат, уменьшения технологических стадий процесса и материалоемкости оборудования.

### **Список информационных источников**

1.Бобович Б.Б. Управление отходами: Учебное пособие / Б.Б. Бобович. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2013. – 88 с. – (Высшее образование. Бакалавриат).

2.СанПиН 2.1.7.728-99. Правила сбора, хранения и удаления отходов лечебно-профилактических учреждений

3.Шубов Л.Я. Технология твердых бытовых отходов: учебник / Л.Я. Шубов, М.Е. Ставровский, А.В. Олейник; под ред. Проф. Л.Я. Шубова. – М: ИНФРА – М, 2011. –400с.

4.Раковская Е.Г. Промышленная экология. - СПб: Питер,2012. – 120 с.

5.Зуева Л.П. Отходы учреждений здравоохранения: современное состояние проблемы, пути решения. - СПб, 2003

6.Бобович Б.Б. Транспортирование, сжигание и захоронение отходов: Учебное пособие. – М.: Моск. гос. индустр. университет, 2011. – 340 с.

7.Пальгунов П.П. Утилизация промышленных отходов. - М.: Альфа, 2012. – 215 с.

8.Промышленные установки для сжигания отходов [Электронный ресурс] URL: <http://msd.com.ua/>

9.Родионов А.И. Защита биосферы от промышленных выбросов. Основы проектирования технологических процессов. – М.: Химия, КолосС, 2005. – 392с.

10.Кукуева Т.И. Утилизация промышленных и бытовых отходов. Томск: изд-во Книга, 2009. – 300 с.

11.Бобович Б.Б., Девяткин В.В. переработка отходов производства и потребления: Справочное издание / Под ред. докт. техн. наук, проф. Б.Б. Бобовича. – М.: «Интернет Инжиниринг», 2000. – 496с.

## **ТЕМПЕРАТУРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ МЕТАНОГЕННЫМИ БАКТЕРИЯМИ**

*Давлеткереев Н.Г.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Романенко С.В., д. х. н., заведующий  
кафедрой экологии и безопасности жизнедеятельности*

**Цель работы:** определение температурного режима для процесса утилизации органического сырья метаногенными бактериями в условиях сибирского климата.

Биогаз — газ, получаемый водородным или метановым брожением биомассы. Метановое разложение биомассы происходит под воздействием трёх видов бактерий. В цепочке питания последующие бактерии питаются продуктами жизнедеятельности предыдущих. Первый вид — бактерии гидролизные, второй — кислотообразующие, третий — метанообразующие. В производстве биогаза участвуют не только бактерии класса метаногенов, а все три вида.

Поскольку только метан представляет энергетическую ценность в биогазе, целесообразно, для описания качества газа, выхода газа и количества газа все относить к метану, с его нормируемыми показателями. Объем газа зависит от температуры и давления. Увеличение температуры приводит к расширению газа и уменьшению уровня объемной калорийности и наоборот. Кроме того при возрастании влажности калорийность газа также снижается. Чтобы выходы газа можно было сравнить между собой, необходимо их соотносить с нормальным состоянием (температура 0 °С, атмосферное давление 1,01325 бар, относительная влажность газа 0%). В целом данные о производстве газа выражают в литрах (л) или кубических метрах (м<sup>3</sup>) метана на 1 кг органического сухого вещества (ОСВ), это намного точнее, чем данные в м<sup>3</sup> биогаза в м<sup>3</sup> свежего субстрата.

Переработка органических отходов в биогаз и высокоэффективное удобрение осуществляется сообществом метанообразующих бактерий в процессе их жизнедеятельности и поэтому для оптимальной работы БГУ необходимы следующие условия:

1) Анаэробные условия в метантенке, так как только при отсутствии кислорода возможна жизнедеятельность метанобразующих бактерий.

2) Соблюдение оптимального температурного режима.

3) Обеспечение кислотно-щелочного баланса, обеспечивающего процесс жизнедеятельности метанобразующего сообщества бактерий.

4) Периодическое перемешивание сбраживаемой биомассы для высвобождения биогаза и выравнивания характеристик биомассы по всему объему метантенка.

Поддержка оптимальной температуры является одним из важнейших факторов процесса сбраживания. В природных условиях образование биогаза происходит при температурах от 0 °С до 97 °С, но с учетом оптимизации процесса переработки органических отходов для получения биогаза и биоудобрений выделяют три температурных режима:

психофильный температурный режим определяется температурами до 20 - 25 °С,

мезофильный температурный режим определяется температурами от 25 до 40 °С,

термофильный температурный режим определяется температурами свыше 40 °С.

Процесс биоментации очень чувствителен к изменениям температуры. Степень этой чувствительности в свою очередь зависит от температурных рамок, в которых происходит переработка сырья.

## **ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕЁ РЕШЕНИЯ**

*Дерновой Д.С.*

*Новосибирский Государственный архитектурно-строительный  
университет (Сибстрин), г. Новосибирск*

*Научный руководитель: Гириков О.Г., к.т.н., доцент кафедры  
водоснабжения и водоотведения*

В настоящее время многие исследователи заняты решением основной проблемы, существующей на городских очистных сооружениях канализации: утилизации сброженных в анаэробных или аэробно стабилизированных осадков. На сегодняшний день количество городских стоков и осадков сточных вод постоянно растет, вместе с этим обостряются проблемы, связанные с их рациональной,

экономически эффективной и экологически безопасной утилизацией. Осадки сточных вод (ОСВ) представляют собой отдельный вид отходов, образование которого в условиях городов составляет 30-45% от общего количества отходов производства и потребления. На территории России находится целый ряд регионов, где существует реальная угроза ухудшения экологической и санитарно-эпидемиологической обстановки из-за отсутствия места для размещения и складирования большого количества вновь образующихся осадков, которые содержат тяжёлые металлы в концентрациях превышающих допустимые для их использования в качестве удобрений.

Так, особенно в 90-ые годы прошлого столетия эта проблема была порождена неконтролируемым сбросом в городской коллектор неочищенных или плохо очищенных производственных стоков. К сожалению, в настоящее время продолжается сброс в городской коллектор, значительной части недостаточно очищенных производственных стоков. Несмотря на множество работ, посвященных изучению методов подготовки осадков к утилизации, проблема до сих пор не решена, т.к. практически отсутствуют достаточно экономичные, простые и эффективные методы.

Осадки городских ОСК по своим удобрительным свойствам могут конкурировать с торфом, конским или коровьим навозом; в достаточном количестве содержат органические вещества, азот, фосфор, микро- и макроэлементы. В нашей стране по самым оптимистическим оценкам использование ОСВ в агрокомплексе пока достигает лишь 5%, в то время как в странах Европы 70% от общего объёма осадков городских сточных вод вывозится на сельскохозяйственные поля. Сдерживающим фактором массового применения в Российской Федерации осадков городских сточных вод является наличие в них ионов тяжелых металлов. Попадая в пищевую цепочку, ионы тяжелых металлов могут оказать канцерогенное, мутагенное и аллергенное воздействие на человека и животных.

Значение микроэлементов в жизни растений заключается в том, что они являются активаторами ферментных процессов. Усиление активности ферментов под действием ионов металлов объясняется тем, что многие ферменты содержат в составе своей молекулы тот или иной металл, называясь при этом металлоферментами. При недостаточном снабжении растений определенными микроэлементами снижается активность или полностью прекращается действие ферментов. В результате нарушаются реакции обмена и синтеза веществ. Относительная активность ферментов зависит от концентрации ионов активаторов в среде. Она снижается по сравнению оптимальной, как

при недостатке определенного иона, так и при его избыточной концентрации.

Студенты и магистранты кафедры «Водоснабжение и водоотведение» Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин) с 2006 года занимаются поиском путей решения существующей проблемы. На сегодня изучены состав и свойства осадков городских очистных сооружений канализации нескольких городов (Искитима, Новосибирска, Кемерово, Новокузнецка). Изучены также их агрономические свойства при выращивании сельскохозяйственных культур (в основном бобовых). При исследовании изучали различные виды осадков (сырые и сброженные), с разными сроками хранения на иловых площадках (свежие, а также одно-, двух- и трехлетние). Полученные результаты показали, что перед использованием осадков в качестве органоминерального удобрения их необходимо обезвреживать, так как длительное нахождение осадков на иловых площадках и многократное их замораживание и оттаивание не освобождает их от наличия патогенных микроорганизмов и яиц гельминтов, а тем более от ионов тяжёлых металлов.

Цель настоящих исследований заключается в разработке технологической схемы подготовки осадков к их использованию в качестве органоминерального удобрения. В задачи исследований входило разработка технологии извлечения тяжёлых металлов из обезвоженных осадков и изучения влияния воздействия кислых растворов на переход ионов тяжелых металлов из осадка в кислый раствор с последующим их извлечением из раствора сорбентом. В качестве сорбента автором предлагается эффективные и достаточно дешёвые (благодаря большим запасам) природные цеолит или брусит (69% которого составляет  $Mg(OH)_2$ ).

Для изучения данной проблемы была разработана методика проведения эксперимента, разработаны чертежи и смонтирована установка, состоящая из стеклянной колонки, в которую загружался обезвоженный осадок с иловых площадок Новосибирской станции аэрации. В колонну с осадком слоем 2 метра под гидростатическим давлением подавался кислый раствор с рН равным 3,5-4. Кислый раствор позволяет интенсифицировать процесс перехода ионов тяжелых металлов из осадка в раствор. На данной установке изучается влияние вида и концентрации кислоты, её удельный расход, продолжительность контакта осадка с кислым раствором на степень извлечения тяжёлых металлов из осадка. Далее осадок, после контакта с кислым раствором, промывается технической водой и их смесь анализируется на

содержание ионов тяжелых металлов. После этого данную смесь фильтруют через колонку, загруженную бруситом или цеолитом. В процессе исследований изучается влияние рН раствора на степень перехода ионов тяжелых металлов из осадка в раствор, а также влияние удельного расхода цеолита или брусита на степень изъятия из иловой воды ионов тяжелых металлов, а также степень влияния продолжительности контакта сорбента, т.е. скорости фильтрования на эффективность извлечения ионов тяжелых металлов из смеси кислого раствора и промывной воды.

### **Список информационных источников**

1. Яковлев С. В., Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для ВУЗов // 3-е изд., перераб. и доп. – М.: АСВ, 2004. – 704 с.: ил.

2. Белоконев Е.Н., Попова Т.Е., Пурас Г. Н. Водоотведение и водоснабжение: учеб. пособие/ - Ростов н/Дону: Феникс, 2009. – 379 с.: ил.

3. Пахненко Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения: учебное пособие // М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 311с. : ил.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЗДАНИЯ ОПЕРАТОРСКОЙ НА ТЕРРИТОРИИ АВТОЗАПРАВОЧНОЙ СТАНЦИИ**

*Долговых К.С., Чулков Н.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Чулков Н.А., к. т. н., доцент кафедры  
экологии безопасности и жизнедеятельности*

Увеличивающееся число автолюбителей ведет к увеличению автозаправочных станций (АЗС). Стремясь повысить свои доходы предприниматели включают в проекты АЗС торговые площадки, кафе, автомойки и другие объекты. Все это ведет к увеличению числа находящихся людей в зданиях АЗС и увеличению времени нахождения водителей на ее территории. Большое скопление народа приводит к повышению риска получить травмы в случае возникновения пожара или иных аварийных ситуаций, а так же к сложности успешной эвакуации людей. Таким образом, возникает необходимость еще на ранних этапах проектирования проводить анализировать пути эвакуации и величин

индивидуальных рисков. Значимость такого анализа высока т.к. на кону стоит самое ценное – человеческая жизнь.

Цель работы: с помощью методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, обосновать пожарную безопасность здания автозаправочной станции.

Задачи: определить кратчайшие пути эвакуации людских потоков, рассчитать время на эвакуацию сравнить с нормативным значением и на основании этого величину индивидуального риска.

Описание предложенного для исследования объекта. Категория производства Б – взрывопожароопасное; категория здания по пожароопасности "Д"; вид пожарной защиты автоматические установки пожаротушения (АУПТ); класс функциональной опасности – Ф3.2 - предприятия общественного питания.

Основные показатели АЗС:

1. Здание операторной с операционным залом (6,1 x 10.9 м);
2. Навес над ТРК (7,2x15.54 м) и переходной навес к зданию операторной (5.5 x 13.2 м);
3. Мощность АЭС 250 заправок/сутки;
4. Расчетный объем реализации нефтепродуктов: 2520 тонн/год;
5. Количество топливных резервуаров 2 шт.;
6. Объем одного резервуара 40 м<sup>3</sup>.

Для обеспечения пожаровзрывобезопасности резервуары оборудованы пеногенераторами и сухими стояками (сухотрубками) для подачи пены в верхний пояс резервуара.

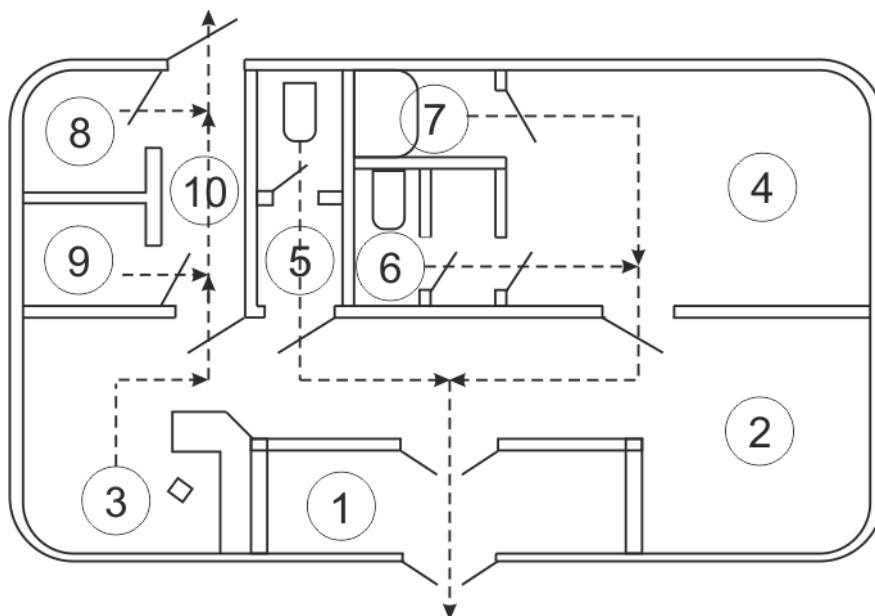


Рис.1 План схема исследуемого объекта.

Табл.1 Обозначения

№№	Наименование	Площадь, м <sup>2</sup>
1.	Тепловой тамбур	5,2
2.	Вестибюль	27,7
3.	Рабочее место оператора	
4.	Комната персонала	12,8
5.	Санузел для посетителей	3,0
6.	Санузел для персонала	3,0
7.	Душевая	1,7
8.	Подсобное помещение	2,0
9.	Электро щитовая	1,3
10.	Коридор	3,3

Определение расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. Индивидуальный пожарный риск отвечает требуемому, если:

$$Q_B \leq Q_B^H;$$

где  $Q_B^H = 10^{-6} \text{ год}^{-1}$  - нормативное значение индивидуального пожарного риска.  $Q_B$ - расчетная величина индивидуального пожарного риска.

$$Q_B = Q_{\Pi} * (1 - R_{\text{ап}}) * P_{\text{пр}} (1 - P_{\text{э}}) * (1 - P_{\text{п.з}});$$

$Q_{\Pi} = 3,88 * 10^{-2} \text{ год}^{-1}$ - частота возникновения пожара в здании в течение года,  $P_{\text{п.з}} = 0,9$  - вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты,  $P_{\text{пр}} = 1,00$  - вероятность присутствия людей в здании,  $R_{\text{ап}} = 0,9$  - вероятность эффективного срабатывания АУПТ.  $P_{\text{п.з}}$  - вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты,  $t_{\text{нэ}}$  для помещения очага пожара = 0,5 мин:  $t_{\text{нэ}}$  для остальных помещений = 3,0 мин.

Расчетное время эвакуации людей  $t_p: t_p = t_1 + t_2 + \dots + t_i$ .

Рационально для быстрой эвакуации применить разбиение на два пути: через основные двери и запасный выход (рис 1.).

Рассчитаем время на эвакуацию с участков 2,4,5,6,7 через главный вход. Для этого разобьем на участки пути прохождения одного человека до пересечения с участком пути следующего эвакуирующегося.

Тогда время движения людского потока по первому участку пути  $t_1$ , мин:



$$t_1 = \frac{l_1}{V_1};$$

Где  $l_1 = 2,65$  — длина первого участка пути, м,  $V_1$  - скорость движения людского потока по горизонтальному пути на первом участке, м/мин;

Плотность однородного людского потока на первом участке пути:

$$D_1 = \frac{N_1 * f}{l_1 * \delta_1};$$

Где  $N_1$  - число людей на первом участке, чел.,  $f=0,100$  - средняя площадь горизонтальной проекции человека, м<sup>2</sup>/чел.,  $\delta_1 = 0,96$  - ширина первого участка пути, м.

$$D_1 = \frac{1*0,100}{2,65*0,96} = 0,039;$$

По таблице представленной в методике [3] определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, находим  $V_1 = 100$  м/мин,  $q_1=5$  м/мин.

$$t_1 = \frac{2,65}{100} = 0,0265 \text{ мин};$$

При слиянии в начале  $i$ -го участка двух и более людских потоков интенсивность движения  $q_i$  м/мин, рассчитывают по формуле:

$$q_i = \frac{\sum q_{i-1} * \delta_{i-1}}{\delta_i};$$

Где  $q_{i-1}$ — интенсивность движения людских потоков, сливающихся в начале  $i$ -го участка, м/мин,  $\delta_{i-1}$  – ширина участков пути слияния, м,  $\delta_i$  – ширина рассматриваемого участка пути, м.

$$q_2 = \frac{1*1,1}{1,1} = 1 \frac{\text{м}}{\text{мин}}; V_2 = 100 \frac{\text{м}}{\text{мин}}; D_2 = 0,1; t_2 = 0,011 \text{ мин};$$

$$D_3 = \frac{1*0,100}{6*1,7} = 0,01; V_3 = 100 \frac{\text{м}}{\text{мин}}; q_3 = 0,1 \frac{\text{м}}{\text{мин}}; t_3 = 0,06 \text{ мин};$$

$$q_4 = \frac{1*1,7+1*1,7}{1,4} = 2,43 \frac{\text{м}}{\text{мин}}; V_3 = 100 \frac{\text{м}}{\text{мин}}; D_3 = 0,05; t_4 = 0,02 \text{ мин};$$

Аналогично проведем расчет для пути эвакуации через запасной выход с участков 3,8,9,10.

$$D_5 = \frac{1*0,100}{3*1,1} = 0,03; V_1 = 100 \frac{\text{м}}{\text{мин}}; q_5=5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}; t_5 = 0,03 \text{ мин};$$

$$q_6 = \frac{5*0,96}{1,1} = 4,36 \frac{\text{м}}{\text{мин}}; V_2 = 100 \frac{\text{м}}{\text{мин}}; D_2 = 0,05; t_6 = 0,0175 \text{ мин};$$

$$q_7 = \frac{4,36*0,96}{1,1} = 3,8 \frac{\text{м}}{\text{мин}}; V_2 = 100 \frac{\text{м}}{\text{мин}}; D_2 = 0,05; t_6 = 0,0065 \text{ мин};$$

Расчетное время эвакуации людей через основной вход:

$$t_p=0,0265+0,011+0,06+0,02=0,12 \text{ мин};$$

Через запасной:  $t_p=0,03+0,0175+0,0065=0,054 \text{ мин};$

Т.к. время эвакуации через запасной вход значительно меньше, при определении вероятности эвакуации будем брать в расчет время эвакуации через основной вход.

Вероятность эвакуации  $P_э$ : при  $t_p+t_{нэ} \leq 0,8 * t_{бл}$ ;  $P_э=0,999$ ;

Расчетная величина индивидуального пожарного риска:

$$Q_B = 3,88 * 10^{-2} * (1 - 0,9) * 1 * (1 - 0,999) * (1 - 0,99) = 3,88 * 10^{-7};$$

Таким образом,  $Q_B = 3,88 * 10^{-7} < Q_B^H = 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ ;

Рассчитанная величина индивидуального риска соответствует безопасности персонала АЗС, т.к. расчетное значение  $Q_B \leq Q_B^H$ .

### **Список информационных источников.**

1. Федеральный закон от 27.12.2002 №184-ФЗ «О техническом регулировании».

2. Постановление Правительства РФ от 31 марта 2009 г. №272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска».

3. Приказ МЧС от 10 июля 2009 г. №404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

4. Надежность технических систем и техногенный риск: учебное пособие / А.Н. Деренко, Н.А. Чулков; ТПУ. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 156 с.

## **ПРОБЛЕМЫ РАДОНОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ**

*Ермолаев Д.С.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Бородин Ю.В., к. т. н., доцент кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

Радиоактивные элементы естественного происхождения присутствуют повсюду в окружающей человека среде. В больших объемах образуются искусственные радионуклиды, главным образом в качестве побочного продукта на предприятиях оборонной промышленности и атомной энергетики. Попадая в окружающую среду, они оказывают воздействия на живые организмы, в чем и заключается их опасность. И наиболее опасен в этом плане радиоактивный газ радон.

Согласно оценке НКДАР ООН (Научный Комитет по Действию Атомной радиации ООН), радон со своими ДПР ответственен за 2/3 годовой индивидуальной эффективной эквивалентной дозы,

получаемой населением от источников радиации земного происхождения и примерно за половину этой дозы от всех естественных источников радиации. В принятом в 1996 г. Федеральном Законе «О радиационной безопасности населения» перечислены основные факторы, влияющие на степень опасности природных источников излучения. Многочисленные измерения показали, что содержание радона в помещениях может изменяться от единиц до 105 Бк/м<sup>3</sup>. В силу указанных причин, необходимы измерения как ОА ДПР радона в воздухе так и непосредственно ОА радона.

Контроль содержания радона в воздухе помещений производится по объемной активности (ОА) радона, либо по объемной активности дочерних продуктов распада (ДПР) радона.

Для измерения объемной активности ДПР радона (или эквивалентной равновесной объемной активности радона) используется несколько разновидностей приборов с прокачкой воздуха в течение заданного интервала времени через фильтр, на котором осаждаются аэрозоли с ДПР,  $\alpha$  - излучение или  $\beta$  - излучение которых регистрируется и/или спектрометрируется с помощью полупроводниковых или сцинтилляционных детекторов.

**Радон** — элемент 18-й группы периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева (по старой классификации — главной подгруппы 8-й группы), 6-го периода, с атомным номером 86. Обозначается символом Rn (Radon). Радон используется в сельском хозяйстве для активации кормов домашних животных, в металлургии в качестве индикатора при определении скорости газовых потоков в доменных печах, газопроводах. В геологии измерение содержания радона в воздухе и воде применяется для поиска месторождений урана и тория, в гидрологии - для исследования взаимодействия грунтовых и речных вод. Радон находит широкое применение для исследования твердофазных превращений. Основой этих исследований является эманационный метод, позволяющий изучать зависимость скорости выделения радона от физических и химических превращений, происходящих при нагревании твердых веществ, содержащих радий.

Основная часть радона и его ДПР поступает в помещения из почвы под зданием, а также из строительных материалов, от обогащенных радоном воды и природного газа. Радиоактивность воздуха в подвалах в 8 - 25 раз выше атмосферного воздуха. Средняя ЭРОА изотопов радона для изолированных помещений составляет 25 Бк/м<sup>3</sup> [1]. Чем выше расположено помещение, тем ниже ОА радона. Основным органом-мишенью, поражаемой радоном и его ДПР, являются легкие. В 2004 году был опубликован доклад Сары Дарби

(Sara Darby) [2] о риске вызванным радоном в жилых помещениях. Объектом исследования были 13 Европейских стран, 7148 людей с раком легких и 14208 без рака. Результаты: средняя взвешенная ОА радона в домах людей в группе контроля была 97 Бк/м<sup>3</sup>, с измерением > 200 Бк/м<sup>3</sup> - 11% ,с измерением > 400 Бк/м<sup>3</sup> - 4 %. Для случаев рака легкого средняя ОА была 104 Бк/м<sup>3</sup>. Риск рака легкого увеличился на 8,4% (95%-ый доверительный интервал) при ОА радона 100 Бк/м<sup>3</sup>. Для пожизненно некурящих, в отсутствии других причин смерти, абсолютные риски рака легкого к возрасту 75 лет при ОА радона 0, 100, и 400 Бк/м<sup>3</sup> были бы приблизительно 0,4%, 0,5%, 0,7%, соответственно. Для курильщиков риск возрастает в 25 раз (10%, 12%, и 16%). Эти исследования доказали опасность радона в жилых помещениях, особенно для курильщиков и недавних экскурильщиков, и указывают, что радон ответственен приблизительно за 2 % всех смертельных случаев от рака в Европе.

### **Обзор методов оценки радоноопасности**

Процессы поступления и накопления радона в помещениях в значительной степени переменчивы во времени. Так переменчивость конвективного поступления радона связана с изменениями давления и температуры атмосферного воздуха, а также скорости и направления ветра. Непостоянным во времени является скорость воздухообмена в помещении. Влияние этой характеристики на уровни ОА радона в помещении неоднозначно. С одной стороны дополнительное проветривание может позволить снизить ОА радона за счет поступления атмосферного воздуха, в котором содержание радона незначительно. С другой стороны следует учитывать, что скорость конвективного поступления в общем случае пропорциональна скорости воздухообмена.

Выделяют краткосрочные, сезонные и долгосрочные вариации ОА радона в жилище. Краткосрочные вариации связаны с изменением температуры и давления внутри помещения и во внешней атмосфере в течение суток (суточные вариации) или нескольких дней. Кроме того, оказывает влияние различный режим проветривания помещения в различное время суток, в будние и выходные дни. Сезонные вариации ОА радона обусловлены существенными различиями метеорологических параметров и условий содержания помещений в теплый (летний) и холодный (зимний) сезоны. Численные характеристики сезонных вариаций уровней накопления радона носят региональный характер. Краткосрочные и сезонные вариации ОА радона необходимо учитывать при радиационно-гигиенической экспертизе помещений.

Существует два подхода к приведению результатов измерения сезонной ОА радона к среднегодовому значению: температурная нормализация и сезонная нормализация. Нормализация по температуре предполагает связь ОА радона в жилище с температурой атмосферного воздуха. Применение температурной нормализации удобно, если имеется возможность пользоваться результатами регулярных наблюдений разветвленной метеорологической службы. Большая часть территории России характеризуется значительной межсезонной вариацией климатических параметров. При этом условия более удобным является применение сезонной нормализации с использованием некоторого соотношения ОА радона зимой и летом.

Долгосрочные изменения уровня накопления радона в помещениях являются следствием изменения со временем строительно-конструкционных характеристик здания, режима содержания помещения и состояния грунтов под зданием. Такие изменения происходят годами и должны учитываться при расчете экспозиции за продолжительный промежуток времени. В частности, такая задача может быть поставлена в радиационно-эпидемиологических исследованиях.

### **Классификация методов измерения**

К настоящему времени разработан целый ряд методов измерений и соответствующих средств измерения, которые используются для проведения радоновых обследований. По измеряемому параметру средства измерения можно разделить на следующие группы:

- измерение ОА газообразного радона,
- измерение ОА ДПР или ЭРОА.

По используемому методу регистрации радиометрического сигнала выделяют следующие основные методы измерений:

- с использованием сцинтилляционных методов,
- с использованием спектрометрических методов,
- с использованием ионизационных камер,
- регистрация треков б-частиц.

### **Список информационных источников**

1. Радионуклиды и производственная деятельность человека: Справ. изд. Под ред. Л.А. Булдакова, В.С. Калистратовой. М., - 1997. - 144 с.

2. Андруз, Дж. Введение в химию окружающей среды. Пер. с англ. - М: Мир, 1999. - 271 с.: ил.

3. Ахметов, Н.С. Общая и неорганическая химия. Учеб. для вузов / Н.С. Ахметов. - 7-е изд., стер. - М.: Высш.шк., 2008. - 743 с., ил.

## **АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГНОЗИРУЕМОЙ ПЛОЩАДИ ПОЖАРА В ТАКТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**

*Жунусбаев Т.К.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Перминов В. А. д. ф.-м.н., профессор кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

Потребность в средствах автоматизации управления силами и средствами на пожаре при помощи ЭВМ может Автоматизированная информационно-графическая система ГраФиС. Эта система предоставляет специалистам пожарной охраны удобный инструмент для составления схем расстановки сил и средств, при разработке документов предварительного планирования действий по тушению пожаров, а так же подготовки к проведению Пожарной тактических занятия и Пожарной тактических учении. Располагая встроенными возможностями по проведению основных пожарно-тактических расчетов требуемого и фактического расхода ОТВ, расчет площадей пожара и реальных расстояний прокладки рукавных линий (с учетом масштаба). ГраФиС является как для графико-информационного представления хода тушения пожара, так и для проведения основных расчетов.

Автоматизированная информационно-графическая система ГраФиС предназначена для создания и редактирования максимально подробных описаний оперативно-тактической картины места пожара и хода его тушения.

Система позволяет создавать наглядные и удобные в работе тактико-технические схемы, в среде MS Visio. В дальнейшем, полученные документы можно использовать для распечатывания.

Встроенная база данных предоставляет пользователю возможность просматривать и редактировать основные показатели ТТХ пожарной техники, оборудования и вооружения, а так же показатели пожарной опасности объектов пожара. В дальнейшем эти данные используются программной составляющей системы для проведения пожарно-тактических расчетов, анализа оперативно-тактической картины и вывода полученных результатов.

По итогам применения ГраФиС на реальных пожарах можно сделать ряд выводов.

К достоинствам применения программы относятся:

- система позволяет составлять схемы расстановки сил и средств в режиме реального времени – вести стенограмму тушения пожара, причем интервалы составления схем могут быть любыми, начиная с 5 минут;

- информативность электронных схем значительно превышает информативность схем составленных при помощи других средств;

- процесс проведения пожарно-тактических расчетов заметно упрощается и сводится к вбрасыванию на схему соответствующих фигур-отчетов ГраФиС;

- полученные схемы могут быть легко и без потери качества переданы удаленным пользователям посредством современных средств IT-коммуникаций;

- получаемые схемы имеют более привлекательный эстетический вид, чем схемы составленные от руки;

- дальнейшее развитие функционала системы позволит помимо составления схем расстановки так же формировать и такие документы оперативного штаба как приложения к Порядку тушения пожаров №3,4,5(Силы и средства тушения пожара, Участки (секторы) тушения пожара, Распоряжения и информация по тушению пожара).

К недостаткам применения программы можно отнести следующее:

- для работы по составлению схем в состав оперативного штаба пожаротушения желательно включать помощника начальника штаба из числа руководящего состава подразделений присутствующих на пожаре, так как начальник оперативного штаба на практике вынужден решать другие задачи;

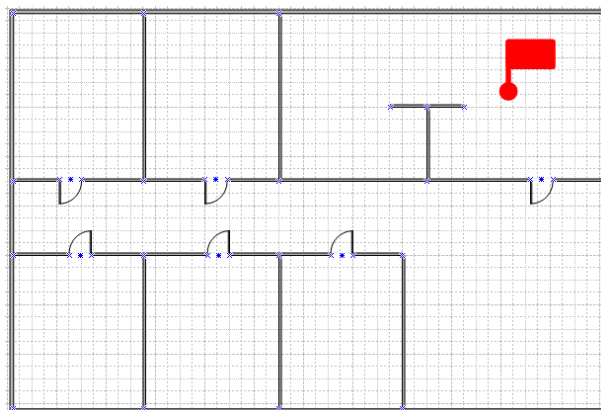
- не все требуемые для эффективной работы оперативного штаба на месте пожара инструменты реализованы в рамках системы ГраФиС – требуется значительная доработка функционала, которая позволила бы сделать систему более удобной, простой и универсальной;

- работать с системой возможно только с использованием средств ПЭВМ, то есть, в пределах дислокации оперативного штаба пожаротушения. [1]

При помощи системы ГраФиС интегрирован алгоритм воздействия пожара что из себя представляет за основу тактическое прогнозирование исключительно для пожарной тактики.

В качестве объекта исследования может быть выбрано любое здание: Административное, жилое, ангар, гараж и т.д. Выбранный объект может содержать окна, двери и стены с различными геометрическими параметрами. Кроме того, в ходе моделирования элементам выбранного здания могут присваиваться различные степени огнестойкости.

В качестве примера мы можем построить план того или иного здания. К примеру мы имеем некое здание прямоугольной формы и сделан он для того чтобы показать алгоритм развития пожара. В здании есть фигура очага пожара и мы можем её ставить произвольно в любую точку здания. Как видно на рисунке 1. очаг возгорания находится в правом верхнем углу здания. В течении времени с точки возгорания за



определенный период времени огнем охватывает определенная часть территории. Тем самым с помощью программы ГраФиС мы можем увидеть динамику развития пожара с точки зрения тактики с увеличением времени которую задаем.

Рис.1 до начала возникновения очага пожара

В рисунке 2. мы видим уже как пламя пожара охватывает часть здания.

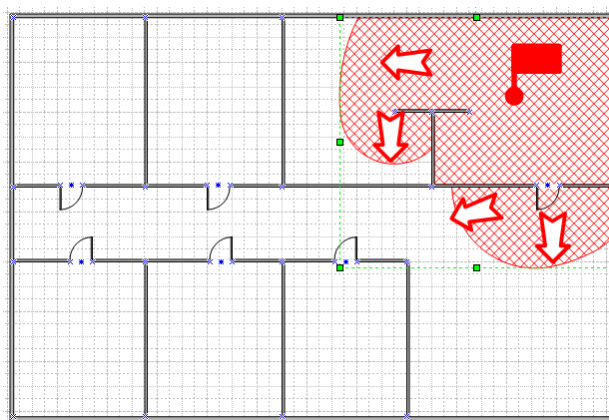


Рис.2 Построение площади пожара на произвольный момент времени

После пошагового прогнозирования пожара построим совмещённый график тушения пожара, где легко увидеть на рисунке 3 в графике для данного здания мы можем увидеть каким образом



распространяется пожар и можно сказать что площадь пожара очень сильно зависит от формы помещения и огнестойкости дверей где сейчас происходит пожар.

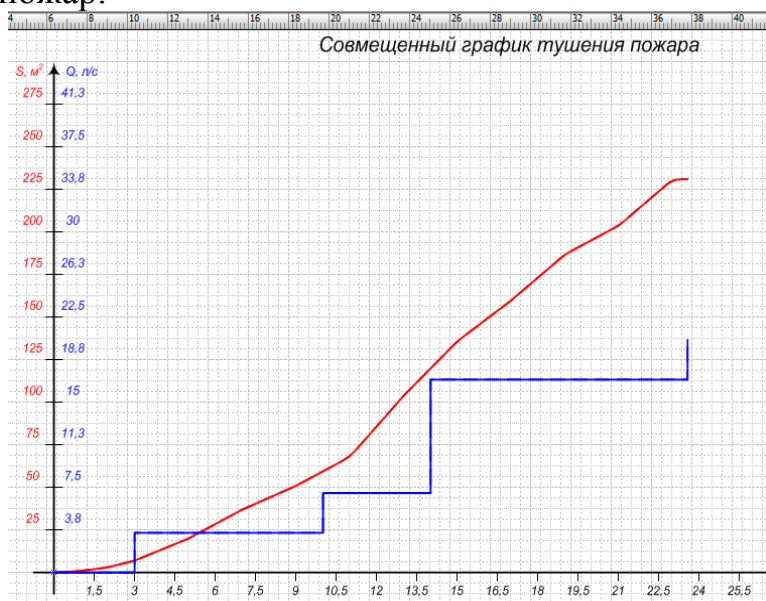


Рис. 3 Совмещенный график тушения пожара

В заключении необходимо отметить, что описанный алгоритм предназначен исключительно для построения прогнозируемой площади горения на основании модели тактических расчетов и предназначенной исключительно для использования в схемах тушения пожаров. [2]

### Список информационных источников

1. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fireconf.ru/применение-графической-информационн/> Применение графической информационной системы ГраФиС в работе оперативного штаба пожаротушения на примере реальных пожаров.
2. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://graphicalfiresets.ru/Files.aspx> Доклад - Построение площади пожара - Доклад посвященный описанию алгоритма построения прогнозируемой площади пожара.

## **НАЛИВ ЖИДКОГО АММИАКА В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ЦИСТЕРНЫ. ХАРАКТЕРИСТИКА АММИАКА, СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ, ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ**

*Зеленин И.С.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Гусельников М.Э., к.т.н., доцент кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

Налив аммиака в цистерны из хранилищ сливноналивного пункта или станции, работающих под избыточным давлением, осуществляется при помощи передавливания, а именно, путем создания разности давлений между хранилищем и цистерной, а также путем перекачивания насосами. При этом в цистерне, из-за частичного вскипания, образуется газообразный аммиак. Этот аммиак должен постоянно отводиться. Понижение давления в цистерне может быть достигнуто путём отсасывания газообразного аммиака из цистерн и подачи его в специальные отведенные хранилища, а также путём постоянного отвода для использования в производстве. Достигается последнее при помощи газгольдера, установки конденсации, а также приготовления аммиачной воды. Конкретная схема налива жидкого аммиака и отвода газообразного аммиака предусмотрена проектом и устанавливается технологическим регламентом. Попадание паров аммиака в атмосферу не допускается.

Из изотермических хранилищ, которые работают под давлением, близким к атмосферному, жидкий аммиак, температура которого - 33.3°C и выше, наливается в цистерны при помощи насосов. При этом перед тем, как произойдет открытие жидкостных вентилях для налива в цистерну, производится охлаждение цистерны до такой температуры, которая близка к температуре наливаемого аммиака. Охлаждение производится путём осторожной подачи в цистерну небольшого количества жидкого аммиака из коллектора. При этом делаются перерывы для того, чтобы произошло испарение. На всём протяжении процесса осуществляется контроль давления газообразного аммиака в цистерне. Поддержание данного оптимально возможного давления достигается благодаря открытию газового вентиля цистерны при максимальном давлении в трубопроводе жидкого аммиака от имеющегося источника давления (хранилище, насос и т.д.).

Для того чтобы производить контроль наполнения цистерн, нужно во время налива периодически открывать вентиль определения

нормального уровня. Нормальный уровень соответствует 83-м процентам от всего объема.

Аммиак – бесцветный газ с резким запахом, легче воздуха, хорошо растворяется в воде. Температура кипения сжиженного аммиака -33, -35 градусов Цельсия. При испарении аммиак дымит. Горючий (при наличии постоянного источника огня), при горении выделяет азот и водяной пар. Смесь с воздухом при концентрации от 15 до 28% - взрывоопасна. Самовоспламеняется при температуре 650 градусов Цельсия.

Воздействие на человеческий организм:

- 1) Удушающее;
- 2) Нейротропного действия.
  - Способен при ингаляционном поражении вызывать отек легких, тяжелые поражения нервной системы;
  - При высокой концентрации – спазм голосовой щели, мгновенная смерть;
  - Пары аммиака сильно раздражают слизистые оболочки, при соприкосновении с кожей возможен ожог;
  - При выбросе паров в воздух, очень быстро формируется облако с высокой концентрацией;
  - Вторичное облако возникает при разливе аммиака с площади разлива.

Контакт аммиака с ртутью, хлором, йодом, бромом, кальцием, окисью серебра и некоторыми другими химическими веществами может привести к образованию взрывчатых соединений. Аммиак взаимодействует с медью, алюминием, цинком и их сплавами, особенно в присутствии воды, растворяет обычную резину.

Опасность аммиака определяется главным образом его токсичностью. Он относится к токсичным веществам 4-го класса опасности по ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Предельно допустимая концентрация (ПДК) аммиака составляет: В воздухе населенных пунктов: средне-суточная 0,4 мг/м<sup>3</sup>, максимальная разовая 0,2 мг/м<sup>3</sup>. В воздухе рабочей зоны производственных помещений 20 мг/м<sup>3</sup>. В воде водоемов 2 мг/м<sup>3</sup>. Порог восприятия запаха 0,5 мг/м<sup>3</sup>. При концентрациях 40-80 мг/м<sup>3</sup> наблюдается резкое раздражение глаз, верхних дыхательных путей, головная боль, при 1200 мг/м<sup>3</sup> – кашель, возможен отек легких. Смертельными считаются концентрации 1500 - 2700 мг/м<sup>3</sup>, действующими в течение 0,5-1 часа. Максимально допустимая

концентрация аммиака для фильтрующих промышленных и гражданских противогазов составляет 15000 мг/м<sup>3</sup>.

При ликвидации аварий, связанных с утечкой (выбросом) аммиака необходимо изолировать опасную зону, удалить из нее людей. Непосредственно на месте аварии и вблизи источника заражения работы проводят в изолирующих противогазах ИП-4М, ИП-5 (на химически связанном кислороде) или дыхательных аппаратах АСВ-2, ДАСВ (на сжатом воздухе), КИП-8, КИП-9 (на сжатом кислороде) и средствах защиты кожи (Л-1, КИХ-4, КИХ-5 и др.). На расстоянии более 250 метров от очага средства защиты кожи можно не использовать, а для защиты органов дыхания используют промышленные противогазы с коробками марок КД, Г, М, ВК, а также гражданские противогазы ГП-5, ГП-7, ПДФ-2Д, ПДФ-2Ш в комплекте с дополнительным патроном ДПГ-3. При концентрациях менее 20 мг/м<sup>3</sup> можно использовать респиратор РПГ-67 с патронами КД или ВК.

Кроме того, в список обязательных действий при утечке аммиака входят:

- Удаление из опасной зоны всех посторонних, и организация ее изоляции;
- Устранение источников открытого пламени;
- Оповещение об опасности местных органов власти;
- Устранение течи;
- Осаждение газа распыленной водой;
- Защита коммуникаций и источников воды от попадания в них аммиака.

Очень важно знать: опасности, связанные с аммиаком, не ограничиваются токсическим поражением. При наличии постоянного источника огня он способен гореть. А его емкости при нагревании могут взорваться. И это отнюдь не теоретическое рассуждение. Аммиак действительно взрывоопасен. Не зря его используют для изготовления взрывчатых веществ.

Оказание первой медицинской помощи:

В зараженной зоне: обильное промывание глаз водой, надевание противогаза, обильное промывание пораженных участков кожи водой, срочный выход (вывод) пострадавших из зоны заражения.

После эвакуации из зараженной зоны: обеспечить покой, тепло, при физических болях в глазах закапать по 2 капли 1% раствора новокаина или 2% раствора борной кислоты; на пораженные участки кожи наложить примочки 3-5% раствора борной, уксусной или лимонной кислот; внутрь принять теплое молоко с питьевой содой; дать обезболивающие средства (1 мл. 1% раствора морфина или промедола,

подкожно ввести 1 мл. 0,1% раствора атропина сульфата, при остановке дыхания – искусственная вентиляция легких); немедленная эвакуация в лечебное учреждение.

### **Список информационных источников**

1.ГОСТ 24950-81 Отводы гнутые и вставки кривые на поворотах линейной части стальных магистральных трубопроводов.

2.РД 39-0148306-417-89 Положение о технологических регламентах производства продукции на газоперерабатывающих предприятиях Министерства нефтяной промышленности

3.Кириченко А.В. Обеспечение безопасности перевозок опасных грузов железнодорожным транспортом // – 2004. – С. 66

4.Кириченко А.В. Обеспечение безопасности перевозок опасных грузов железнодорожным транспортом // – 2004. – С. 100

### **ОПАСНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

*Зеркалова А.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Ахмеджанов Р.Р., д. б. н., профессор  
кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

Что такое биологические опасности? В настоящее время, это опасности, в основном связанные с патогенными микроорганизмами. Существует множество биологически опасных объектов, на которых происходит изучение, хранение и использование микроорганизмов – возбудителей опасных инфекционных заболеваний человека и животных. К ним относятся предприятия фармацевтической, медицинской и микробиологической промышленности. Аварии и диверсии на таких объектах могут привести к причинению значительного ущерба жизни и здоровью людей. Профессиональная санитария и техника безопасности при работе в микробиологических и вирусологических лабораториях во многом определяют успехи охраны здоровья персонала и обеспечивают защиту окружающей среды.

Обеспечение безопасности работы с патогенными микроорганизмами включает два основных элемента – «технический» и «человеческий». Технические факторы – инструментарий, оборудование, защитные системы и т. д. – поддаются совершенствованию и введению автоматических страховочных устройств и приспособлений. Человеческие факторы – правильность

действий человека в комплексе мер, обеспечивающих безопасность, в значительной степени обуславливается уровнем владения профессиональными техническими приемами и знанием возможных источников и механизмов заражения (или создания опасности заражения для окружающих). Готовность сотрудника к оптимальным самостоятельным действиям в случаях возникновения непредвиденных (аварийных) ситуаций может быть повышена соответствующей подготовкой и тренировкой. Однако полностью исключить зависимость безопасности работы в микробиологической лаборатории от человека не представляется возможным, поскольку человек является основным звеном рабочего процесса.[1]

Именно человеческий фактор привел аварийной ситуации в г. Свердловск (Екатеринбург), в 1979г., когда один из работников нарушил правила техники безопасности и, не включив предохранительные фильтры и защитные механизмы, приступил к работе, что привело к выбросу спор сибирской язвы и возникновению эпидемии.

Источником эпидемии являлся военно-биологический центр Минобороны СССР, известный в Свердловске как военный городок №19, в котором производилось изучение биологического оружия, в частности штаммов сибирской язвы. Биологическое оружие – это специальные боеприпасы и боевые приборы со средствами доставки, снаряженные биологическими средствами, предназначенные для поражения живой силы противника, сельскохозяйственных животных, посевом сельскохозяйственных культур, а также порчи некоторых видов снаряжения и материалов. [2]

Споры сибирской язвы обладают большой устойчивостью к высокой температуре, высушиванию и действию дезинфицирующих веществ. Споры распространяются воздушно-капельным механизмом и поступают в организм человека ингаляционным путем. Минимальная доза, необходимая для заражения человека, достаточно высока и составляет 8000-10000 спор. Инкубационный период при ингаляционном пути поступления возбудителя сибирской язвы варьирует от 1 до 6 дней. Экспертами ВОЗ вычислено, что через 3 дня после применения 50 кг спор возбудителя сибирской язвы на протяжении двухкилометровой зоны при направлении ветра в сторону города с населением 500000 человек будет наблюдаться поражение 125000 (25%) жителей и 95000 летальных исходов. Все вышесказанное делает возбудителя сибирской язвы отличным агентом биологического оружия.

В нашей стране патогенные микроорганизмы делятся на 4 группы (см. табл. 1). [3]

Табл. 1. Классификация микроорганизмов по патогенности (опасности)

Группа I	Группа II	Группа III	Группа IV
Возбудители особо опасных инфекций	Возбудители высококонтагиозных эпидемических бактериальных, вирусных, риккетсиозных, грибковых заболеваний человека Ботулиновый токсин (во всех видах — препараты сухие, пастообразные и пр.) Яд паука каракурта	Возбудители бактериальных, вирусных, риккетсиозных, грибковых, протозойных инфекционных болезней, выделенных в самостоятельные нозологические формы Аттенуированные штаммы групп I—III бактерий, вирусов, риккетсий, грибов, простейших Микроб ботулизма Clostridium botulinum	Возбудители бактериальных, вирусных, грибковых септицемии, менингитов, пневмоний, энтеритов, токсикоинфекций, острых бактериальных отравлений Облигатная непатогенная микрофлора, населяющая слизистые и кожные покровы человека

Возбудитель сибирской язвы относится к первой группе: возбудителям особо опасных инфекций.

В результате биологической трагедии в Свердловске по официальным данным за всё время эпидемии погибло 64 человека, исследователи и журналисты называют большее число — до 100 человек. [4]

В настоящее время для ликвидации аварий данного типа существуют НАСФ (Нештатные аварийно-спасательные формирования). Все объекты повышенной опасности в России должны иметь НАСФ – специально подготовленные, оснащенные специальной техникой, оборудованием, снаряжением, инструментами и материалами формирования, которые при возникновении ЧС немедленно начинают проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ в очагах поражения и зонах чрезвычайных ситуаций.

Затем привлекаются и аварийно-спасательные службы, которые, в свою очередь, проводят разведку (устанавливают тип биологического средства), оценивают ситуацию (источник заражения, возможность распространения, прогнозирование зоны биологического заражения и т.д.), проводят разведку и приступают к ликвидации ЧС и проведению АСР, используя при этом средства индивидуальной защиты.

Также обязателен контроль состояния воздуха и поверхностей, подвергшихся заражению биологическими поражающими агентами, после удаления продуктов обеззараживания и проведение санитарной обработки населения, выведенного из зоны биологического заражения, обслуживающего персонала и личного состава сил гражданской обороны, участвовавших в проведении работ в зоне биологического заражения. [5]

## Список информационных источников

1. Дроздов С.Г., Гарин Н.С., Джиндоян Л.С., Тарасенко В.М., Основы техники безопасности в микробиологических и вирусологических лабораториях. Москва: Медицина, 1987. — 255 с.
2. Ахмеджанов Р.Р., М. В. Белоусов М.В., Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: учебное пособие. Ч. 2: Опасности биологического происхождения. Томск: Изд-во ТПУ, 2012. — 101 с.
3. Бойцов А. Г., Гигиенические нормативы. Биологические факторы окружающей среды. Москва: Професионал, 2011. — 689 с.
4. Федоров Л.А., Советское биологическое оружие: история, экология, политика. Москва: МСоЭС, 2006. – 302 с.
5. Камышанский М.И., С.В. Кучеренко, В.А. Пантелеев., Аварийно-спасательные и другие неотложные работы. Основы организации и технологии ведения АСДНР с участием нештатных аварийно-спасательных формирований. Москва: Изд-во ИРБ, 2009. — 416 с.

## ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ВЕТРА НА РАЗМЕР ПРОТИВОПОЖАРНЫХ РАЗРЫВОВ

*Зубарева А.Е.*

*Томский политехнический университет, г. Томск  
Руководитель: Перминов В. А., д.ф.-м.н., профессор кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

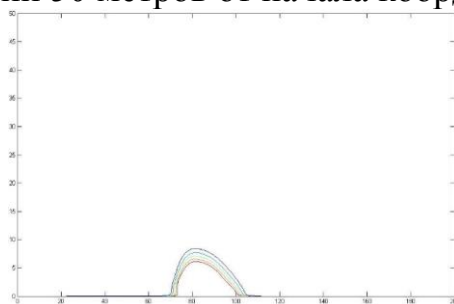
В данной работе изучается зависимость размеров противопожарных разрывов от скорости ветра. Численные расчеты проводятся с помощью математической модели лесных пожаров, полученной на основе законов механики реагирующих сред и экспериментальных данных [1,2]. Используется сопряженная постановка задачи. Используемая в расчетах постановка задачи получена с помощью приема осреднения основной системы уравнений по высоте полога леса получена упрощенная сопряженная постановка задачи о распространении верхового пожара. На основе этой постановки, используя понятие коэффициентов тепло- и массообмена и допущение об изобаричности процесса, получена простая система одномерных уравнений для определения скорости распространения и структуры фронта. Численный анализ этой системы показал, что скорость распространения верхового пожара растет с увеличением скорости ветра,



эффективного коэффициента турбулентной вязкости, объемной доли сухого органического вещества в пологе леса и массовой доли горючих газов в газообразных продуктах пиролиза. В то же время с ростом влагосодержания лесных горючих материалов (ЛГМ) скорость распространения падает, и при некотором критическом влагосодержании горение прекращается. Исследована структура фронта верхового пожара. Установлено, что объемные доли сухого органического вещества и воды в жидко-капельном состоянии изменяются при пожаре настолько быстро, что можно говорить о бесконечно тонких фронтах высушивания и пиролиза [2].

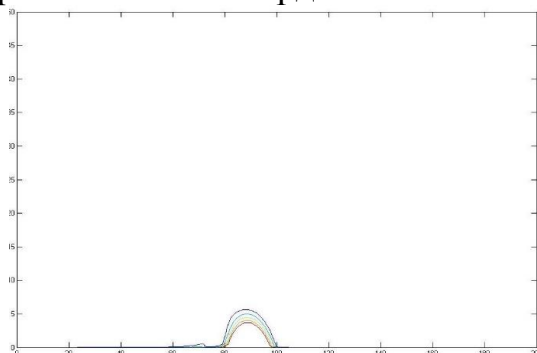
Результаты численных расчетов. На основе математической модели проводились численные расчеты по определению картины процесса возникновения верхового лесного пожара в результате зажигания полога леса от заданного очага горения. В результате численного интегрирования получены изотермы температур. Для визуализации полученных результатов и построения графиков используем программу MATLAB.

Ниже приведены результаты расчетов для противопожарных разрывов. На Рисунках 1 представлены распределения температуры при скорости ветра 3 м/с и ширине разрыва 15 метров, разрыв расположен на расстоянии 50 метров от начала координат.



*Рисунок 1 – Распределение температуры при скорости ветра 3 м/с*

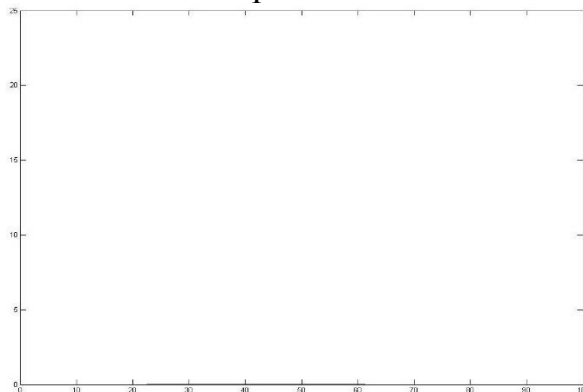
На рисунке 2 предоставлены распределения температуры при скорости ветра 7 м/с и ширине разрыва 25 метров, разрыв расположен на расстоянии 50 метров от начала координат.



*Рисунок 2 – Распределения температуры при скорости 7 м/с*

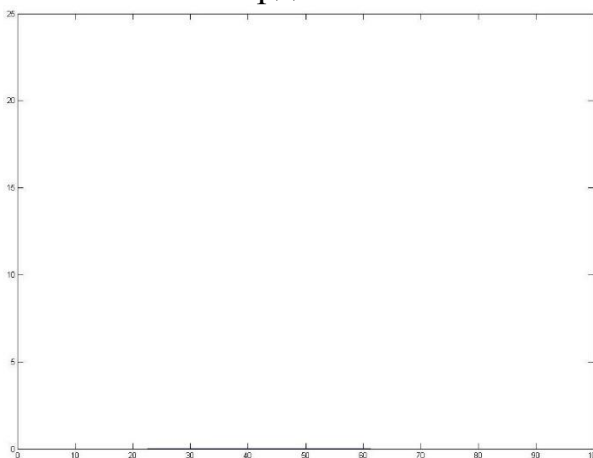
На основании распределения температуры по рисунках 1 – 2 можно сделать вывод, что фронт верхового лесного пожара преодолевает данный разрыв.

На рисунке 3 предоставлены результаты расчетов для противопожарных разрывов распределения температуры при скорости ветра 3 м/с и ширине разрыва 20 метров, разрыв расположен на расстоянии 50 метров от начала координат.



*Рисунок 3 – Распределение температуры при скорости ветра 3 м/с*

На рисунке 4 предоставлены результаты расчетов для противопожарных разрывов распределения температуры при скорости ветра 7 м/с и ширине разрыва 30 метров, разрыв расположен на расстоянии 50 метров от начала координат.



*Рисунок 4 – Распределения температуры при скорости 7 м/с*

Из рисунков 3 –4 можно сделать вывод, что фронт верхового лесного пожара не преодолевает данный разрыв, температура после разрыва ниже температуры горения. После разрыва ширина фронта пожара несколько снижается, но затем происходит дальнейшее расширение и продвижение фронта горения. При увеличении ширины противопожарного разрыва верховой пожар не переходит через разрыв. Из представленного распределения изотерм следует, что горение прекратилось.

В результате расчетов получена зависимость размеров противопожарного разрыва от скорости ветра.

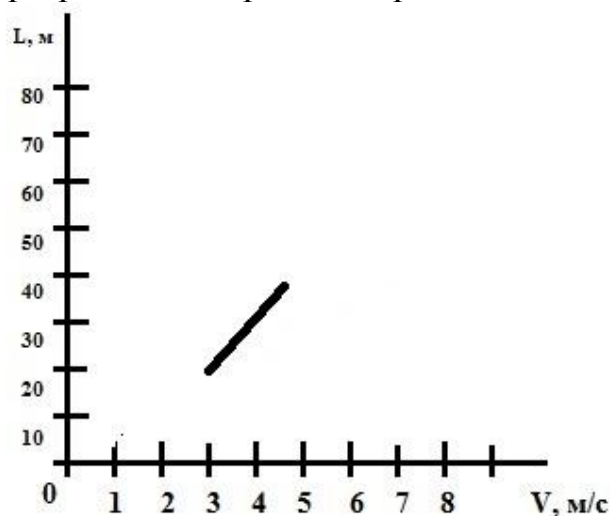


Рисунок 5 – Зависимость размера противопожарного разрыва от скорости ветра

По рисунку можно сделать вывод, что при увеличении скорости ветра увеличиваются размеры противопожарных разрывов.

Таким образом, применение данной математической модели позволяет оценить скорость распространения верховых лесных пожаров в зависимости от характеристик лесного массива и метеорологических условий. Кроме того, с помощью представленной модели можно определять размеры противопожарных разрывов для профилактических мероприятий по предотвращению распространения верховых лесных пожаров.

**Заключение:** Применение данной математической модели позволяет оценить скорость распространения верховых лесных пожаров в зависимости от характеристик лесного массива и метеорологических условий.

На основе полученных данных описывается картина течения в зоне распространения верхового лесного пожара, которая изменяется в зависимости от исходных данных. Например, с увеличением скорости ветра изменяется наклон изотерм по направлению скорости ветра. Векторное поле скорости образует вихрь, который с увеличением скорости ветра разрушается.

С помощью представленной модели определены размеры противопожарных разрывов для профилактических мероприятий по предотвращению распространения верховых лесных пожаров. На основе данных результатов получена зависимость размеров противопожарных разрывов от скорости ветра.

## Список информационных источников

1. Perminov V. Numerical Solution of Reynolds equations for Forest Fire Spread // Lecture Notes in Computer Science. 2002. V. 2329. P. 823-832.

2. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. - Новосибирск: Наука, 1997-. 408 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФРОНТА ВЕРХОВОГО ЛЕСНОГО ПОЖАРА С ПРОТИВОПОЖАРНЫМИ РАЗРЫВАМИ

*Иванова М.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Перминов В.А, д.т.н., профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

Трудно переоценить важность леса. Это не только материалы для строительства, топливной, химической и бумажной промышленности. Лес – место обитания тысяч видов животных, лес – рекреационная зона. Лес – основной источник кислорода на Земле. К сожалению, издавна леса подвергались уничтожению – вырубались в экономических целях, исчезали из-за природных процессов, выгорали по неосторожности человека. Несмотря на меры предосторожности, в Российской Федерации ежегодно уничтожается более 1 млн. гектар леса. Хотя существуют мнения, что пожар является благом для леса, отрицательных моментов гораздо больше, чем положительных. Например, можно выделить установленную связь глобального потепления с массовыми выбросами  $\text{CO}_2$  от лесных пожаров, задымленность городов, возможный переход лесного пожара на постройки, находящиеся недалеко от границы леса. По этим причинам проблема моделирования и предсказания поведения лесного пожара является актуальной и требующей решения. В работе определяются минимальные размеры противопожарного разрыва в зависимости от скорости ветра, влагосодержания и запаса лесных горючих материалов, при которых пожар не преодолевает его.

### Постановка задачи

В данной работе приводятся результаты расчетов возникновения и распространения верхового лесного пожара при наличии противопожарных разрывов. Математическая постановка задачи получена на основе общей математической модели пожаров [1].

Пусть очаг зажигания имеет конечные размеры, причем начало системы координат  $X_1, X_2, X_3$  связано с центром очага. Ось  $OX_3$  направлена вертикально вверх, а оси  $OX_1$  и  $OX_2$  – параллельно земной поверхности. Ось  $OX_1$  направлена параллельно направлению ветра. Основные допущения, принятые при выводе системы уравнений начальных и граничных условий.

Ветер направлен вдоль оси  $x_1$ ; течение носит развитый турбулентный характер, и молекулярным переносом пренебрегаем по сравнению с турбулентным; полог леса предполагается недеформируемой пористо-дисперсной средой; среда в пологе леса считается двухтемпературной, т.к. различаются температура газовой и конденсированной фазы; среда находится в локальном термодинамическом равновесии; рассматривается так называемый продуваемый лесной массив, когда объемной долей конденсированной фазы лесных горючих материалов (ЛГМ), состоящей из сухого органического вещества, воды в жидко-капельном состоянии и золы можно пренебречь по сравнению с объемной долей газовой фазы, включающей в себя компоненты воздуха и газообразные продукты пиролиза и горения; плотность газовой фазы не зависит от давления, т.к. скорость течения мала по сравнению со скоростью звука; для описания процесса переноса энергии излучением используется диффузионное приближение.

В области высоты  $h$ , расположенной выше уровня шероховатости  $z_0$  и ниже уровня верхней границы полога леса в плоскости  $xz$ , имеем уравнения, выражающие законы сохранения для многофазной многокомпонентной сплошной реагирующей среды. Для приземного слоя атмосферы при  $z \geq h$  система уравнений и начальные и граничные условия взяты из [1] с некоторыми поправками. В используемом в [1] уравнении, описывающем температуру в приземном слое, внесено условие об однотемпературности конденсированной и газовой фазы. Однако, в описываемой мной системе температуры конденсированной и газовой фазы различаются, поэтому используются уравнения энергии для газовой и конденсированной фаз.

### **Методика решения и результаты**

Для численного интегрирования исходного системы уравнений используется метод контрольного объема. Расчетную область разбиваем на некоторое число непересекающихся контрольных объемов. Затем исходную систему уравнений интегрируем по каждому контрольному

объему. В результате получается система алгебраических уравнений, которая решалась с помощью метода SIP. [2]

Тестовые проверки программы расчета осуществлялись путем сравнения с аналитическими решениями, а также с известными численными решениями задач теории горения. Кроме того, для оценки точности используемых разностных схем и проверки правильности работы программы в целом использовался метод априори задаваемых аналитических решений, состоящий в том, что в используемые уравнения подставлялись аналитические выражения искомых функций, вычислялась неувязка уравнений, которая затем трактовалась как фиктивный источник в каждом уравнении. Затем значения функций восстанавливались. Точность восстановления этих функций составляла не менее 0,5%. Устойчивость и точность полученных решений проверялась также уменьшением шагов по времени и пространству. В серийных расчетах использовался алгоритм автоматического выбора шага по времени.

Критический разрыв определялся при помощи программы wind2, для визуализации использовалась программа MATLAB. Проводились расчеты со следующими параметрами: скорость ветра: 5 м/с, влагосодержание: 0.2-0.8, запас ЛГМ: 0.2-0.8.

В результате расчетов получены значения скорости распространения пожара, а также поля температур, концентраций кислорода и летучих продуктов пиролиза.

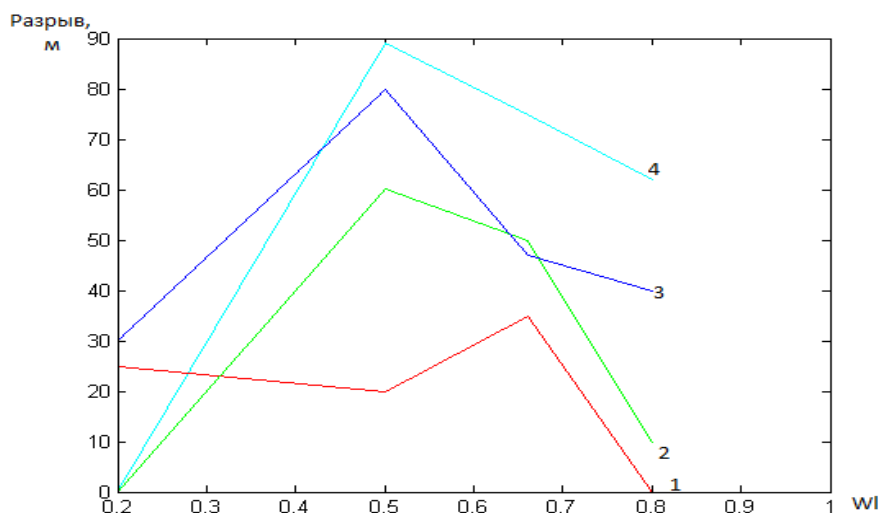


Рис.1 Зависимость размеров критического разрыва от влагосодержания

На рисунке 1 изображена зависимость размеров критического разрыва от влагосодержания. Линии 1, 2, 3, 4 соответствуют запасам 0,2; 0,5; 0,66; 0,8 соответственно. Наглядно видно, что влагосодержание

50% является наиболее благоприятным для распространения пожара, поэтому критический разрыв при этом параметре максимален в каждом случае. При повышении влажности до 80% и более разрывы резко уменьшаются, а при низком запасе ЛГМ (20%) горение полностью прекращается.

### **Вывод**

В данной работе было исследовано влияние запаса и влагосодержания ЛГМ на скорость распространения верховых лесных пожаров и возможность преодоления противопожарного разрыва. Была изучена программа математического моделирования лесных пожаров «wind2», с помощью данной программы получены данные, а на основе этих данных с помощью программы «MATLAB» были построены графики распространения лесных пожаров.

### **Список информационных источников**

1. Гришин А.М. Грузин А.Д, Зверев В.Г. Математическая теория верховых лесных пожаров // В сб. Теплофизика лесных пожаров, Новосибирск, Изд-во ИТФ СО РАН, 1985, С.38-75.

2. Патанкар С.В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 152 с.

3. Орловский С.Н. Лесные и торфяные пожары, практика их тушения в условиях Сибири: Учеб. пособие / Краснояр. гос. аграр. ун-т. - Красноярск, 2003.- 163 с.

4. Perminov V.A. Numerical Solution of Reynolds equations for Forest Fire Spread//Lecture Notes in Computer Science. – 2002. –V.2329.– P.823-832.

## **ОЦЕНКА РИСКОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДАХ**

*Исхакова Е. А.*

*Томский политехнический университет, Томск*

*Научный руководитель: Вторушина А. Н., к.х.н., доцент кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

На современном этапе развития нефтяной отрасли был сделан огромный вклад в область строительства и эксплуатации магистральных нефтепроводов, а также обеспечения их надежности и безопасности. Но, несмотря на это, ЧС связанные с транспортированием нефти и

нефтепродуктов по магистральным нефтепроводам возникают достаточно часто. В большинстве случаев такие аварийные ситуации сопровождаются большими материальными затратами для компаний осуществляющих эксплуатацию нефтепровода и существенным ущербом окружающей среде.

В связи с этим необходимость снижения вероятности реализации ЧС на магистральных нефтепроводах является одним из наиболее актуальных вопросов в нефтяной отрасли.

Целью данной работы было оценить основные факторы, приводящие к реализации ЧС и риски их возникновения.

В результате проведенного анализа статистических данных по аварийным ситуациям на магистральных нефтепроводах, были выявлены основные факторы реализации ЧС:

- обращение в технологических процессах значительных количеств горючих и взрывоопасных веществ;
- наличие в нефти механических примесей, обуславливающих абразивный износ оборудования и трубопроводов;
- проведение технологических процессов под давлением;
- концентрация опасных веществ в единичном оборудовании;
- концентрация оборудования на ограниченной территории;
- суровые климатические условия местности.

В соответствии со статистическими данными была построена следующая диаграмма (рис. 1):



Рис. 1. Основные причины аварий на магистральных нефтепроводах

Далее была проведена оценка рисков возникновения ЧС по причине реализации какого-либо из выявленных факторов.

Для оценки рисков в настоящее время существуют различные методы. Основные из них: феноменологический, детерминистский и вероятностный методы.



В данной работе использовался вероятностный метод. Его целесообразность заключается в проведение моделирования всех возможных сценариев аварий на рассматриваемых опасных объектах, обусловленных всеми возможными инициирующими событиями, возможности использования различных инструментов (статистики, метода деревьев событий, деревьев отказа и т.д.) для выявления и количественного описания всех путей (сценариев) возникновения инициирующих событий. Используемый при оценке риска подход основан на расчете (моделировании) сценариев развития аварии, а также на расчете действий при возникающих ЧС.

Таким образом, инициирующим событием является разгерметизация трубопровода вследствие порыва или прокола участка, а конечным событием в ходе реализации ЧС является образование таких поражающих факторов, как тепловое излучение (при горении пролива нефти) или избыточное давление воздушной ударной волны (при позднем взрыве паров нефти).

Анализ рисков представлен на рисунках 2 и 3, в виде F/N и F/G диаграмм. F/N диаграмма представляет собой зависимость числа пострадавших человек от вероятности реализации рассматриваемого сценария [1, 2]. F/G диаграмма представляет собой зависимость величины общего ущерба от вероятности реализации рассматриваемого сценария [3].

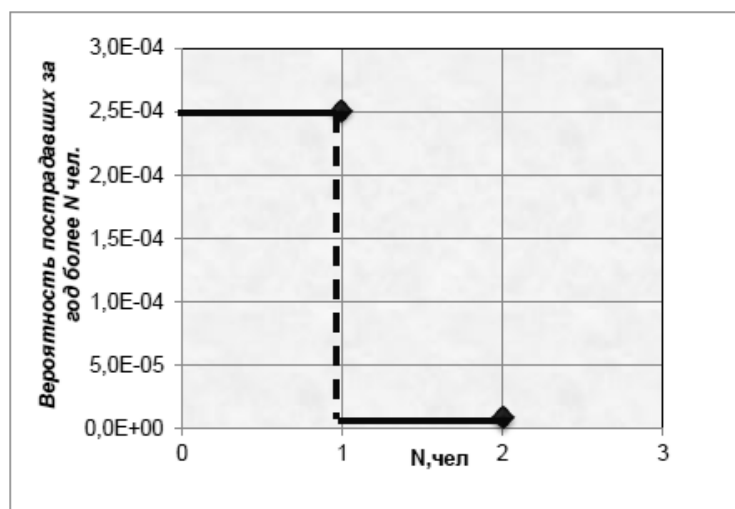


Рис. 2. Зависимость числа пострадавших человек от вероятности реализации рассматриваемого сценария

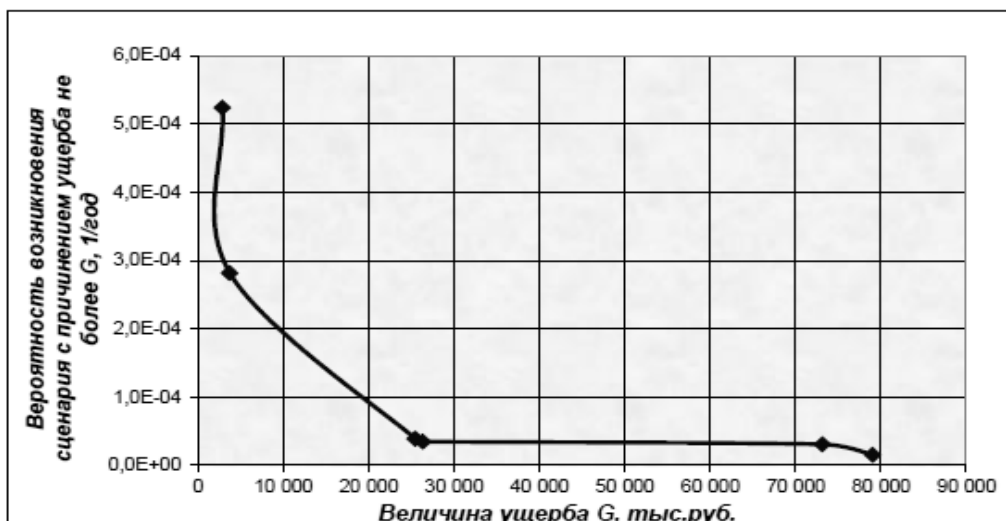


Рис. 3. Зависимость величины общего ущерба от вероятности реализации рассматриваемого сценария

В ходе расчетов по оценке рисков по каждому из выявленных факторов было показано, что наиболее опасными составляющими на магистральных нефтепроводах являются участки трубопроводов, с большой протяженностью и производительностью, а также участки нефтепроводов, проходящие через водные преграды. В случае аварийного истечения нефть будет растекаться по водной поверхности, постепенно занимая все новые и новые площади. Нефтяное пятно будет двигаться вниз по течению. Толщина пленки незначительна – 0,003 м. Пары нефти при толщине 3 мм будут иметь незначительные величины, которые не могут привести к взрыву или пожару. Главным поражающим фактором при аварии такого рода будет экологическое воздействие.

Смертельное поражение персонала (1-2 чел.) при реализации аварий на трассах нефтепроводов возможно при проведении осмотра трассы или при проведении ремонтных работ, если авария произойдет именно в месте нахождения персонала. Наибольшую опасность с точки зрения возможной гибели людей представляют аварии при сценарии со взрывом паров нефти на участках при пересечении трассами нефтепроводов автомобильных дорог.

Таким образом, в ходе проведенных исследований были выявлены основные факторы реализации ЧС на магистральных нефтепроводах, предложена блок-схема вероятного возникновения и развития сценариев аварийных ситуаций, проведена оценка рисков по каждому из выявленных факторов, построено «дерево событий» для ситуаций прорыва и прокола трубопровода.

## Список информационных источников

1. РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов».
2. ГОСТ Р 12.3.047-98 «ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля».
3. РД 03-496-02 «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах» (утв. Постановлением Госгортехнадзора России от 29.10.02 г. № 63).

## КУЛОНОМЕТРИЧЕСКАЯ АВТОКАЛИБРОВКА ДАТЧИКА pH ПРИ КОНТРОЛЕ ПОКАЗАТЕЛЯ КИСЛОТНОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

*Калашикова Д.А., Кагиров А.Г.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Кагиров А.Г., к.т.н., старший преподаватель кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

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

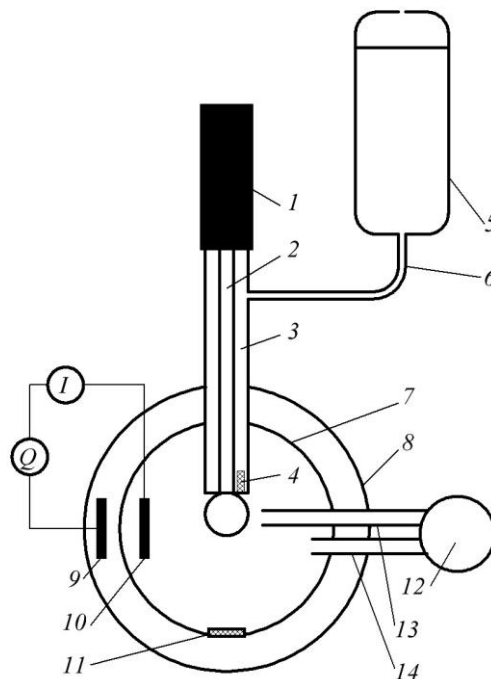
комплексов мониторинга качественных и количественных параметров сточных вод промышленных предприятий. Безусловным требованием, предъявляемым к средствам мониторинга, является полная автоматизация (пусть даже с ухудшением метрологических характеристик), так как проведение анализа в лабораторных условиях 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], потенциметрия [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 рН.

В настоящей работе рассматриваются аспекты автоматизации потенциметрического определения рН с использованием ион-селективных электродов. Измерение рН используется во многих производствах, где необходим контроль среды, так как во многих случаях рН 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 рН для длительного непрерывного мониторинга с функцией кулонометрической калибровки:*

*1 — комбинированный рН 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 рН 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 КСl, 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 рН. Падение крутизны градуировочной характеристики рН 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 рН электрода связана с использованием буферных растворов, которые также необходимо хранить в непосредственной близости с датчиком.

Для исключения вышеописанных трудностей построения градуировочной характеристики рН электрода предлагается система электрогенерации ионов  $\text{OH}^-$  и  $\text{H}^+$  из воды непосредственно в измеряемой среде. При кулонометрическом выделении гидроксид-ионов во внутренней трубе рН будет изменяться, при этом о величине изменения можно судить по известному количеству заряда при электролизе.

### Список информационных источников

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 рН 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.

## **БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ В МНОГОКАСКАДНОМ КОАКСИАЛЬНОМ ФЕРМЕНТАТОРЕ (РЕАКТОРЕ) С УЧЕТОМ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ЕГО С ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОМ**

*Касымханова З.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Романенко С.В., д. х.н., заведующий  
кафедрой экологии и безопасности жизнедеятельности*

**Цель работы:** разработка научных основ технологии получения биогаза с применением электрохимической активации с концентрациями метана до 80% и создание БГУ, позволяющую обеспечить круглогодичную работу в регионах с резкоконтинентальным климатом и в Сибири.

Биогаз — газ, получаемый водородным или метановым брожением биомассы. Метановое разложение биомассы происходит под воздействием трёх видов бактерий. В цепочке питания последующие бактерии питаются продуктами жизнедеятельности предыдущих. Первый вид — бактерии гидролизные, второй — кислотообразующие, третий — метанообразующие. В производстве биогаза участвуют не только бактерии класса метаногенов, а все три вида.

Производство биогаза позволяет предотвратить выбросы метана в атмосферу. Метан оказывает влияние на парниковый эффект в 21 раз более сильное, чем CO<sub>2</sub>, и находится в атмосфере 12 лет. Захват метана — лучший краткосрочный способ предотвращения глобального потепления.

Исходная биомасса с помощью насоса-измельчителя загружается в емкость для накопления субстрата, из которой периодически порциями поступает в ферментатор.

На первом этапе в ферментаторе происходит предварительная подготовка сырья — термическая обработка и очистка от небиологических включений. На следующем этапе происходит сам процесс анаэробного сбраживания биомассы (АСБ).

Полученное в результате брожения удобрение, с помощью насоса выгружается в емкость для накопления удобрения. Образующийся биогаз под собственным давлением поступает в фильтрующее устройство.

Фильтрующее устройство осуществляет двух-стадийную обработку биогаза. На первом этапе из биогаза удаляется лишняя влажность, на втором — уменьшается концентрация двуокиси углерода.

Из фильтрующего устройства часть очищенного биогаза попадает в накопитель — газгольдер, а другая часть расходуется на работу газового электрогенератора, обеспечивая энергией всю систему.

Принято решение монтировать установку в стандартном 20-футовом контейнере, что позволит обеспечить транспортабельность, автономность, возможность моделирования разных условий в замкнутом пространстве.

Контейнер утепляется пенопластом, производится усиление пола металлическими балками, прорезается дверь, для доступа к обслуживанию емкостей с удобрением и исходным сырьем.

Изнутри контейнер обшивается гипсокартоном. Устанавливаются розетки и освещение. Оборудуются электрические щиты, и средства пожарной безопасности.

Укрепление пола производится с помощью металлических двутавровых 10 см балок неравномерно. В месте, где предполагается установка ферментатора, балки ставятся более часто.

Проведенный анализ литературы и его сопоставление с техническим заданием на проектирование и строительство биогазовой станции привело к следующим выводам.

1) В условиях климата Томской области повышенное внимание должно быть уделено вопросам энергоэффективности.

2) Переработка исходного сырья должна состоять из 4-х этапов — подготовка сырья, гидролиз (гидротация), кислотное сбраживание, щелочное (метанообразующее) сбраживание. Условия процесса сбраживания — термофильные.

В частности, были произведены опыты, показавшие нецелесообразность использования электрохимической активации для управления уровнем кислотности в процессе брожения, вследствие чего, регулирование уровня рН осуществляется путем подмеса конечного продукта, в камеру кислотного брожения.

Данное решение позволяет снизить энергетические затраты на осуществление такого регулирования, а также позволяет избежать чрезмерного усложнения конструкции метантенка.



# ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТНО-СОВЛАДАЮЩЕГО ПОВЕДЕНИЯ СОТРУДНИКОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЖАРНОГО НАДЗОРА И ПОЖАРНЫХ ЧАСТЕЙ ГПС МЧС РОССИИ

*Кокушева А.М.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Сечин А.И., д.т.н., профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

Сотрудники Государственной противопожарной службы (далее ГПС) МЧС России относятся к лицам профессий экстремального профиля, чья деятельность связана с работой в тяжелых и опасных условиях, сопряженных с сильным психотравмирующим воздействием. Оно может быть как однократным, так и постоянно повторяющимся, что требует адаптации к непрекращающемуся действию стрессоров, среди которых наиболее значительными являются: явная и скрытая угроза жизни и здоровью, психофизическое перенапряжение, внезапность происходящих событий, информационная перегрузка в условиях дефицита времени. В связи с этим остро встает вопрос о способах совладания с этими профессиональными стрессорами, так как неадаптивное поведение в таких случаях приводит к развитию профессионального «выгорания», нервно-психических и психосоматических нарушений, требующих психологической коррекции. В настоящее время существует множество работ, посвященных проблеме профессиональной психологической подготовки сотрудников МЧС России, как важной превентивной меры против негативных последствий для здоровья и благополучия специалистов экстремального профиля.

## **1. Концептуальные основы защитно-совладающего поведения**

Во-первых, защитно-совладающее поведение представляет собой сложноструктурированное образование; во-вторых, оно имеет сознательный и бессознательный уровни; в-третьих, его специфика зависит от характера профессиональной деятельности. Защитно-совладающее поведение детерминировано множеством социально-демографических, биографических и личностных факторов.

Когнитивная оценка. Понятие когнитивной оценки базируется на идее о том, что все эмоциональные процессы зависят от текущих ожиданий, которые имеет индивид в соответствии со значимостью и возможным исходом специфических воздействий.

Когнитивная оценка зависит от ряда личностных и социальных факторов. Среди личностных факторов наиболее значимыми являются мотивация, цели, система ценностей и общие ожидания человека. К значимым ситуационным факторам относят: предсказуемость, контролируемость и неизбежность потенциального стрессового события.

Далее, после когнитивной оценки происходит переход к следующему процессу, под названием - копинг (т.е. выбору механизмов преодоления стрессовой ситуации).

Согласно физиологической теории стресса Г. Селье существует два вида поведенческих реакций в ответ на воздействие стрессора: борьба или бегство.

Различают три вида копинга: копинг, нацеленный на оценку; копинг, нацеленный на проблему; копинг, нацеленный на эмоции.

Вторым важным аспектом изучения защитно-совладающего поведения личности является система его психологической защиты.

Защитные механизмы бывают первичными и вторичными. Первичные защиты развиваются в довербальный период и захватывают всю личность. Они действуют на границе «Я» и внешнего мира. Вторичные защиты появляются в более позднем возрасте и действуют на внутренних границах личности. Они обычно включаются в ситуациях угрозы самоуважению.

Механизмы психологической защиты: отрицание, вытеснение, регрессия, компенсация, проекция, замещение, интеллектуализация.

## **2. Психологические особенности и задачи профессиональной деятельности инспекторов ГПН и сотрудников пожарных частей ГПС МЧС России**

В среднем за год только на пожарах погибает 35 - 45 сотрудников ГПС.

Поскольку эффективность борьбы с пожарами в значительной степени зависит от качества работы специалистов ГПС, важным моментом является рассмотрение психологических особенностей их профессиональной деятельности.

В ситуации выполнения профессиональных обязанностей, связанных с помощью другим людям, эмоциональные переживания ощущаются как приглушенные, так как специалист, прежде всего, сосредоточен на выполнении рабочих задач. В основе этого явления лежит механизм психологической защиты в результате действия которого человек воспринимает все происходящее с ним как - будто «со стороны». Такое часто проявляется у специалистов, которым из-за

профессиональной деятельности постоянно приходится сталкиваться с горем и страданиями других людей. В отношении экстремальных ситуаций такая реакция считается нормой, но она часто беспокоит самих специалистов.

Постоянная психоэмоциональная нагрузка в таких профессиях обусловлена воздействием следующих факторов: работа в условиях постоянного воздействия стрессогенных факторов и необходимость постоянно поддерживать высокий уровень готовности к немедленным действиям. В таких условиях человек постепенно теряет свое психологическое и физическое здоровье.

К объективным факторам риска развития негативных последствий профессионального стресса этих специалистов можно отнести следующие: условия труда спасателей и пожарных; ответственность за жизнь и здоровье людей; эмоционально насыщенные межличностные контакты; хроническая напряженная психоэмоциональная деятельность.

К социально-психологическим факторам риска развития выгорания можно отнести следующие: социально-экономическая ситуация в регионе; имидж профессии и социальная значимость профессии; дестабилизирующая организация деятельности (нечеткая организация и планирование труда, нехватка оборудования, бюрократические трудности и т.д.); неблагоприятная психологическая атмосфера профессиональной деятельности.

Среди факторов рабочей среды наиболее важными являются степень самостоятельности и независимости сотрудника в выполнении своей работы, наличие социальной поддержки от коллег и руководства, а также возможность участвовать в принятии решений, важных для организации.

По данным зарубежных и отечественных исследований пожарные часто страдают сердечно-сосудистыми заболеваниями (около 70 % заболеваемости), заболеваниями центральной нервной системы, кожных покровов, костно-мышечной системы.

Таким образом, повседневная деятельность сотрудников пожарных частей протекает в условиях воздействия множества стресс-факторов, которые в конечном итоге могут стать причиной развития нервно-психических и соматических нарушений. Это в свою очередь снижает качество выполняемой ими работы и может привести к неблагоприятным последствиям, как для самих специалистов, так и для тех, с кем они работают.

### **3. Личностные и средовые копинг-ресурсы в профессиональной деятельности сотрудников ГПС МЧС России**

Личностные и средовые ресурсы лежат в основе используемых индивидом копинг-стратегий и всего реализуемого защитно-совладающего поведения. Личностные ресурсы включают в себя множество характеристик, таких как когнитивные способности, тип эмоционального реагирования, волевые качества и многое другое. К средовым ресурсам относят то окружение, с которым человек взаимодействует в своей повседневной жизни.

К одним из наиболее эффективных средовых копинг-ресурсов относят социальную поддержку.

Защитно-совладающее поведение сотрудников ГПС МЧС России имеет свои особенности в зависимости от рода профессиональной деятельности: инспекторы ГПН и сотрудники пожарных частей прибегают к различным стратегиям совладания со стрессом, механизмам психологической защиты, опираются на различные средовые и личностные копинг-ресурсы.

Инспекторы ГПН чаще используют поиск социальной поддержки, прямые и пассивные модели поведения в стрессовых ситуациях, у сотрудников пожарных частей по сравнению с коллегами наблюдается большая выраженность активных и асоциальных моделей.

Сотрудники пожарных частей и инспекторы ГПН активно прибегают к использованию средовых копинг-ресурсов. При этом инспекторы ГПН в меньшей степени, чем их коллеги из пожарных частей удовлетворены поддержкой со стороны коллег.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Структура защитно-совладающего поведения сотрудников ГПС МЧС России имеет свои особенности в зависимости от рода профессиональной деятельности.

Для оценки защитно-совладающего поведения сотрудников ГПС МЧС России целесообразно использовать следующий комплекс методик: методика исследования стратегий преодолевающего поведения «SACS», методика исследования механизмов психологической защиты «Индекс жизненного стиля» («LSI»), «Шкала профессиональной адаптированности» («ШПАД»), опросник «ОПРВ» (отношение к работе и профессиональное «выгорание»), «Шкала восприятия социальной поддержки» («MSPSS»).

В курс лекций по начальной психологической подготовки, профессиональной переподготовки сотрудников ГПС МЧС России следует включить раздел посвященный особенностям защитно-

совладающего поведения в зависимости от рода профессиональной деятельности.

При проведении мероприятий по психологической коррекции и реабилитации инспекторов ГПН для предотвращения развития профессиональной дезадаптации следует обратить внимание на профилактику развития эмоционального истощения. Также для данного профессионального контингента рекомендовано проведение занятий на групповую сплоченность внутри рабочего коллектива.

### **Список информационных источников**

1. Алексанин С.С. Теоретические основы и концепция медико-психологического сопровождения профессиональной деятельности спасателей МЧС России /С.С.Алексанин, В.Ю.Рыбников // Мед.-биол. и соц.- психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. -2007. - №1. - С. 3-12.
2. Шойгу Ю.С. Психология экстремальных ситуаций для спасателей и пожарных - М.: Смысл, 2007. - 319 с.
3. Комаров К.Э. Психологическая подготовка к действиям в условиях повышенного риска: учебно-методическое пособие для специалистов, занимающихся подготовкой подразделений МО, ФСБ, МВД, МЧС, Минюста России. - Москва, 2002. - 97с.
4. Матафонова Т.Ю. Посттравматическое стрессовое расстройство // Психология экстремальных ситуаций для спасателей и пожарных / Под ред. Ю.С. Шойгу - М.: Смысл, 2007. - 319 с.
5. Гадышев В.А. Психолого-педагогические методы организации работы с кадрами государственной противопожарной службы. Учебно-методическое пособие. - СПб.: СПбУ МВД России, 2002.
6. Сергеев И.Н. Совершенствование психологической подготовки коллективов МЧС России к работе в условиях чрезвычайной ситуации: Автореф. дисс. ... канд. психол. наук. - СПб, 2010. - 23 с.
7. Шленков А.В. Психологическая подготовка личного состава ГПС МЧС России: Монография. - СПб.: СПБИ ГПС МЧС России, 2010. 84 с.
8. Ашанина Е.Н. Стресс-преодолевающее (копинг) поведение сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС России / Е.Н. Ашанина // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях.-2007. - № 2. - С. 54-57.
9. Ашанина Е.Н., Бухвостов А.В. Психологические особенности копинг-поведения специалистов экстремальных профессий / Е.Н. Ашанина, А.В. Бухвостов // Медико-биологические и социально-

психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях, 2011, №3.- С. 16-23.

10. Ашанина Е.Н., Рыбников В.Ю. Теория и практика психодиагностики копинг поведения // Монография. - СПб.: Ладога, 2011. - 4

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СОЛЕЙ В БИНАРНЫХ СИСТЕМАХ МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПРОВОДИМОСТИ**

*Крайнюков А.А, Кагиров А.Г.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Кагиров А.Г., к.т.н., старший*

*преподаватель кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

Кондуктометрические методы анализа применяются для определения концентрации растворов солей, кислот, оснований, для контроля состава многих промышленных растворов. Достоинствами кондуктометрических методов анализа являются высокая чувствительность (нижняя граница определяемых концентраций составляет величину порядка  $10^{-4}$ – $10^{-5}$  М), достаточно высокая точность (относительная погрешность определения 0.5–2 %), простота методики, доступность аппаратуры, возможность исследования окрашенных и мутных растворов, а также автоматизации анализа [1].

Кондуктометрический анализ основан на изменении электрической проводимости вещества в межэлектродном пространстве, он не связан с потенциалом электрода. Кондуктометрия включает прямые методы анализа (используемые, например, в солемерах) и косвенные (например, в газовом анализе) с применением постоянного или переменного тока (низкой и высокой частоты), а также хронокондуктометрию, низкочастотное и высокочастотное титрование.

Разработка экспрессных и чувствительных методик определения обобщенных показателей химического состава вод является важной задачей. Для решения данной задачи наиболее перспективны датчики концентраций на основе чувствительных контактных кондуктометрических ячеек.

Целью работы является создание средств автоматического контроля для кондуктометрических методов анализа, реализующих определение концентрации солей в бинарных системах методом измерения температурного коэффициента проводимости.

Нами был разработан образец кондуктометра, реализующего измерение удельной электропроводности в диапазоне 0.1 мСм/м–100 См/м, более подробно описанный в ранних работах [2]. Главный микроконтроллер осуществляет связь с компьютером посредством COM-порта, читает и пишет данные в карту памяти microSD (2 Gb) по протоколу SPI, измеряет температуру при помощи цифрового термодатчика с протоколом обмена данными I2C, а также измеряет параметры аналогового сигнала с выхода преобразователя ток–напряжение при помощи АЦП 16bit ADS1115. Генератор треугольных импульсов выполнен на ОУ AD8066, который тактируется при помощи независимого микроконтроллера (Atmega8). Кондуктометрическая ячейка питается напряжением треугольной формы с амплитудой 0.1 В и частотой 200 кГц.

Созданный кондуктометр был испытан в различных аналитических методах анализа: кондуктометрическое титрование, кинетические измерения, прямое определение концентрации растворов.

Поскольку удельная электрическая проводимость зависит от температуры, то часто возникают затруднения при оценке суммарного содержания минеральных веществ, ввиду чего необходимо ее приведение к стандартной температуре (25°C, реже 20°C). Величина температурного коэффициента проводимости обычно изменяется от 0.01 до 0.02°C<sup>-1</sup>, и, главным образом, определяется химическим составом природных вод [3–5].

Нами отбирались пробы природной воды в разное время года (июль и апрель). Результаты замеров непосредственно на реке показали: в апреле  $\kappa = 16.71$  мСм/м,  $t = 6^\circ\text{C}$ , а июле  $\kappa = 55.0$  мСм/м,  $t = 20^\circ\text{C}$ . На рис. 1 представлены температурные зависимости проводимости для двух проб. Для пробы воды отобранной в апреле температурный коэффициент проводимости составил 0.0185, в то время как для июльской пробы — 0.0169.

Столь значительное различие температурных коэффициентов для проб воды в одной и той же реке может вызвать затруднения при оценке суммарного содержания минеральных веществ при приведении этого значения к стандартной температуре. Например, рассчитав УЭП приведенную к 25°C для апрельской пробы можно получить два результата: при  $\alpha = 0,0185$  получим  $\kappa_{25} = 25.91$  мСм/м:

$$k_{25} = \frac{k_t}{1 + a(t - 25)} = \frac{16.71}{1 + 0.0185(5.8 - 25)} = 25.91 \text{ мСм/м}$$

а при  $\alpha = 0,0169$  получим  $\kappa_{25} = 24.74$  мСм/м:

$$k_{25} = \frac{k_t}{1 + a(t - 25)} = \frac{16.71}{1 + 0.0169(5.8 - 25)} = 24.74 \text{ мСм/м}$$

Таким образом, полученные результаты отличаются почти на 5 %. Приведенные расчеты доказывают необходимость дополнительных экспериментов по уточнению ТКП, либо отбор пробы с целью измерения УЭП в жидкостном термостате при стандартной температуре при отличии температуры воды от стандартной более чем на 10°C.

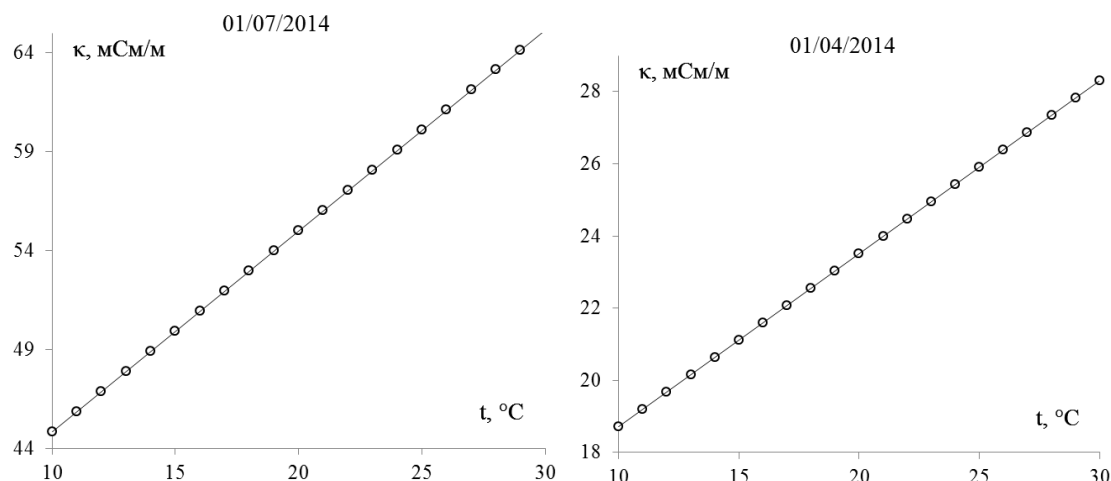


Рис. 1. Графики температурной зависимости проводимости разных проб воды р. Ушайка

Таким образом, нами был создан макет установки, реализующей определение концентрации солей в бинарных системах методом измерения температурного коэффициента проводимости. Определены условия применимости метода.

### Список информационных источников

1. Латышенко К.П. Состояние и перспективы развития контактной низкочастотной кондуктометрии // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2006. Т. 12. № 1. С. 42-45.
2. Кагиров А.Г. Калашникова Д.А. Импульсный контактный кондуктометр с питанием двухэлектродной ячейки линейно нарастающим напряжением // Контроль. Диагностика. 2013. №13. С. 88-94.
3. Кулешова М.П., Вершинин В.И. Погрешность кондуктометрической оценки суммарного содержания сильных электролитов в пересчете на стандартное вещество // Вестник Омского университета. 2012. № 2 (64). С. 131-134.



4. Кагиров А.Г., Романенко С.В. Повышение точности измерения кондуктометрического сигнала при контроле состояния поверхностных вод // Контроль. Диагностика. 2011. Спец. вып. С. 204 -207.

5. Кагиров А.Г., Романенко С.В., Дощинский Я.Н. Отклик тока двухэлектродного кондуктометрического датчика на импульсное воздействие напряжения // Контроль. Диагностика. 2012. № 13. С. 8-11.

## **ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ В ОТКРЫТЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛИЗАЦИИ**

*Кругликова А.В.*

*Новосибирский государственный архитектурно – строительный  
университет (Сибстрин), Г. Новосибирск*

*Научный руководитель: Амбросова Г.Т., к.т.н., профессор  
кафедры водоснабжения и водоотведения*

Специалисты кафедры «Водоснабжение и водоотведение» Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин) с 2014 года занимаются изучением вопроса влияния природно-климатических условий на изменение температурного режима при очистке сточной жидкости в открытых сооружениях. Этот вопрос является особенно актуальным для районов Западной и Восточной Сибири, а также районов, приравненных к Северу и отличающихся резко континентальным климатом.

Температура сточной жидкости, наряду с концентрацией взвешенных веществ, БПК<sub>пол</sub>, азотом аммония и рН, является одним из важнейших расчётных показателей, применяемых при проектировании городских очистных сооружений канализации (ОСК) или локальных очистных сооружений канализации предприятий пищевой, химической и фармацевтической промышленности. Общеизвестно, что снижение температуры сточной жидкости на 10<sup>0</sup>С приводит к снижению скорости окисления органических веществ в сооружениях биологической очистки в 2-3 раза, во столько же раз увеличиваются объемы сооружений биологической очистки (аэротенков), а, следовательно, во столько же раз повышаются капитальные затраты на их строительство. Вместе с этим повышение, особенно чрезмерное, температуры очищаемых стоков также негативно отражается на работе аэротенков, так как при более высокой температуре снижается растворимость кислорода воздуха в аэротенках. В связи с этим в летний период эксплуатационные

затраты на осуществление биологических процессов в аэротенках всегда выше в сравнении с зимним периодом.

Как показали проведенные натурные исследования, в холодный период года, а именно в самую холодную пятидневку, когда температура наружного воздуха опускается до  $-39^{\circ}\text{C}$ , потери в окружающую среду через открытую поверхность аэротенков, потери в грунт через его ограждающие конструкции, унос тепла с воздухом, нагнетаемом в аэротенки настолько велики, что они могут приводить к понижению температуры в среднем на  $3^{\circ}\text{C}$ . В солнечные же дни в самый жаркий период года при температуре  $39^{\circ}\text{C}$  сточная жидкость в открытых сооружениях может прогреваться примерно на  $3^{\circ}\text{C}$  за счёт тепла солнечной энергии, нагнетания в аэротенки горячего воздуха, а также тепла, выделяемого в результате экзотермических реакций, протекающих при аэробном окислении органических веществ.

Для изучения влияния температуры сточной жидкости на работу сооружений биологической очистки были проанализированы данные четырёх компьютерных моделей, разработанных специалистами кафедры «Водоснабжение и водоотведение» НГАСУ для конкретных ОСК (Новосибирска, Кемерово, Барнаула, Новокузнецка). Полученные данные показали, что температура сточной жидкости оказывает существенное влияние на эффективность работы таких сооружений, как аэротенки, первичные и вторичные отстойники. Так, например, если при температуре сточной жидкости  $10^{\circ}\text{C}$  эффект осветления в первичных отстойниках составляет 35%, то увеличение температуры до  $30^{\circ}\text{C}$  повышает эффект задержания взвешенных частиц до 53%.

Натурные исследования по определению влияния природно-климатических факторов на изменение температурного режима в открытых сооружениях проводились на ОСК города Искитим (Новосибирской области), данные замеров температуры сточной жидкости фиксировались через каждые два часа в первичных и вторичных отстойниках, а также аэротенках. Одновременно замерялась температура наружного воздуха, скорость ветра на высоте 2 м от поверхности земли, относительная влажность, а также атмосферное давление. Вместе с этим, контролировалась концентрация растворенного кислорода в аэротенках, оценивалось качество сточной жидкости до и после очистки по взвешенным веществам, ХПК, БПК<sub>пол</sub>, группе азота.

После проведения серии замеров, было установлено, что при изменении температуры наружного воздуха от  $+6,7$  до  $-5,6^{\circ}\text{C}$  и не очень высокой скорости ветра (4-8,1 м/с) температура сточной жидкости в процессе очистки снижалась в среднем на  $0,5-1,2^{\circ}\text{C}$ . Результаты

опытных данных приведены в таблице. Как видно из таблицы, фактическое снижение температуры сточной жидкости в зимний период было бы ещё выше, если бы в аэротенках сточная жидкость не подогревалась за счёт тепла экзотермических реакций, протекающих при аэробном окисления органических веществ. Следует отметить, что в зимний период в Западной и Восточной Сибири в самую холодную пятидневку температура наружного воздуха может опускаться ниже  $-45^{\circ}\text{C}$ , а в самые знойные дни подниматься до  $+45^{\circ}\text{C}$ .

Данные выполненных исследований были использованы для корректировки существующих компьютерных моделей ОСК, разработанных на кафедре «Водоснабжение и водоотведение» НГАСУ (Сибстрин). Компьютерные модели позволяют получить информацию, как по изменению температуры сточной жидкости при её очистке в открытых сооружениях, так и изменению качества очищенных стоков. Причем с помощью компьютерных моделей можно моделировать работу очистных сооружений, меняя количество и качество поступающих стоков, оценивая конкретное техническое состояние сооружений, включая или выключая часть основных сооружений или оборудования, изменяя природно-климатические условия. Кроме этого, компьютерные модели позволяют не только прогнозировать работу очистных сооружений канализации, но и оптимизировать их работу. За критерии оптимизации приняты предельно-допустимые концентрации загрязнений, сбрасываемых в водоём, при минимальных эксплуатационных затратах.

Влияние природно-климатических факторов на изменение температуры сточной жидкости при её очистке в открытых сооружениях

Время замера	$T_{\text{нар.воз.}}$ , $^{\circ}\text{C}$	$V_{\text{ветра}}$ , м/с	$A_{\text{относ.}}$ , %	$P_{\text{атм.}}$ , мм. рт. ст.	$T_{\text{ст. жид.}}$ , $^{\circ}\text{C}$
<b>Первичный отстойник</b>					
11 <sup>20</sup>	-5,6 - +6,7	4 – 8,1	79 – 93	743 – 763	11,7 – 13,5
13 <sup>20</sup>	-2 - +5,8	5 – 6,1	80 – 82	744 – 767	11,7 – 13,1
15 <sup>20</sup>	-3,6 - +2,9	4 - 6,1	64 - 91	744 - 768	10,5 – 13,5
<b>Аэротенк</b>					
11 <sup>20</sup>	-5,6 - +6,7	4 – 8,1	79 – 93	743 – 763	11,8 – 13,2
13 <sup>20</sup>	-2 - +5,8	5 – 6,1	80 – 82	744 – 767	12,1 – 12,7
15 <sup>20</sup>	-3,6 - +2,9	4 - 6,1	64 - 91	744 - 768	10 – 12,9
<b>Вторичный отстойник</b>					
11 <sup>20</sup>	-5,6 - +6,7	4 – 8,1	79 – 93	743 – 763	11,6 -13,4
13 <sup>20</sup>	-2 - +5,8	5 – 6,1	80 – 82	744 – 767	11,7 – 12,5
15 <sup>20</sup>	-3,6 - +2,9	4 - 6,1	64 - 91	744 - 768	10 – 12,3

Примечание. В таблице приняты следующие условные обозначения:  $T_{\text{нар.воз.}}$  - температура наружного воздуха;  $V_{\text{ветра}}$  - скорость ветра на высоте 2 м;  $A_{\text{относ.}}$  - относительная влажность;  $P_{\text{атм.}}$  - атмосферное давление;  $T_{\text{ст. жид.}}$  - температура сточной жидкости.

Так как ОСК любого населённого пункта, где бы географически он не находился, отличаются не только технологической схемой очистки стоков, обработки осадков, но ещё целым рядом отличий, например, составом и конструкциями принятых сооружений, точками сброса иловой или дренажной воды, фугата или фильтрата. Поэтому конкретная компьютерная модель может быть использована для любого населённого пункта только после соответствующей доработки. Перечисленные компьютерные модели протестированы по фактическим данным функционирующих ОСК, отклонения результатов модели от фактических данных не превышают 10 %.

### **Список информационных источников**

1. Яковлев С. В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для ВУЗов/ С.В. Яковлев, Ю. В. Воронов – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: АСВ, 2006. – 704 с.: ил.

2. СНиП 2.04.03-85: Канализация. Наружные сети и сооружения: Взамен СНиП II-32-74: введ. в действие 01.07.86/ Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1986, 72 с.

## **ЭВАКУАЦИЯ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ С БИБЛИОТЕКИ ТПУ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА**

*Кузьмина Е.В., Скорюпина К.С.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Сечин А.И., д.т.н., профессор кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

В настоящее время проблема частоты возникновения пожаров как в России, так и во всем мире требует ужесточения уже установленных правил и введение новых, которые бы обеспечили наибольшую безопасность нахождения людей в зданиях или помещениях. Учитываются все показатели, в том числе и материалы отделки, чтобы при возможном пожаре обеспечить полную эвакуацию людей и материальных ценностей. Как правило, риск гибели при пожаре связан с опасными факторами пожара, 71,2% которых, происходит из-за

дыма. Дым - это один из особо опасных факторов пожара. Вещества, которые входят в его состав могут быть настолько ядовитыми, что достаточно одного вдоха, и смерть наступает практически мгновенно. Концентрация особо опасных веществ в дыме напрямую зависит от продуктов горения и материала, из которого состоит здание.

По официальным данным пожарной статистики за 2010-2013 г. г., чаще всего пожары происходили с наибольшим числом погибших людей, в результате отравления продуктами горения. Из этого следует, что именно на эти факторы необходимо обратить самое серьезное внимание.

Опасные факторы пожара (ОФП) - это такие факторы, которые при пожаре могут привести к травмам, отравлениям и даже гибели людей, а также к повреждению имущества и материальному ущербу. Основными факторами пожара являются искра и пламя, повышенная температура, дым, пониженная концентрация кислорода, концентрация токсичных веществ.

К вторичным проявлениям опасных факторов пожара, воздействующим на людей и материальные ценности, относятся части разрушившихся аппаратов, агрегатов, зданий в целом, осколки различных установок, имеющих задействованной территории конструкций; токсичные и радиоактивные вещества и материалы, вышедшие из разрушенных аппаратов и установок; электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части конструкций, аппаратов, агрегатов.

Опасным фактором пожара наряду с перечисленными является повышенная концентрация токсичных продуктов термического разложения и горения. Из токсичных продуктов горения наиболее опасными является оксид углерода. Оксид углерода вступает в реакцию с гемоглобином крови, что приводит к интоксикации и летальному исходу.

Расчет ОФП устанавливает динамику развитие пожара, до той стадии, когда будет достигнуто предельно допустимое значение ОФП (значение ОФП, при котором его воздействие не представляет угрозы здоровью человека и угрозы ущерба имуществу).

Таблица 1 - Недопустимые значений ОФП

Опасный фактор пожара	Критические значения
Интенсивность теплового излучения	более 7,0 кВт/м <sup>2</sup>
Температура	более 70 градусов Цельсия
Минимальная видимость	менее 20м

Концентрация $CO_2$	более 0,11 кг/м <sup>3</sup>
Концентрация $CO$	более $1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м <sup>3</sup>
Концентрация $HCl$	более $2,3 \cdot 10^{-7}$ кг/м <sup>3</sup>
Концентрация $O_2$	менее 15%

Расчет опасных факторов пожара необходимы для вычисления времени эвакуации и расчетов пожарного риска. Превышение риска над нормативными значениями ведет к отрицательным последствиям в форме возрастания пожарной опасности.

Для анализа влияния опасных факторов пожара на качество эвакуации людей и проверки условия соответствию норм по пожарному риску выбрано здание Научно-технической библиотеке ТПУ (3 этаж).

Рассматривалось 3 случая. В первом случае пожар произошел в читальном зале из-за взрыва системного блока компьютера. Площадь помещения 1033,3 м<sup>2</sup>. Расстояние наиболее удаленной точки от эвакуационного выхода 99 м. Количество людей, находящихся в эвакуируемом крыле 83 человека (студенты и рабочий персонал). Расчетное время эвакуации с читального зала, находящегося на 3 этаже библиотеки составляет 7,45 мин.

Во втором варианте предполагалось возникновение пожара в читальном зале левого крыла здания НТБ. Расстояние наиболее удаленной точки от эвакуационного выхода около 80 м. Количество людей, находящихся в эвакуируемом крыле 59 человек. Расчетное время эвакуации с правого крыла 3-го этажа библиотеки на 59 человек составляет 3,21 мин.

В третьем случае пожар происходит в левом крыле здания библиотеки в компьютерной аудитории во время занятий. Сложность эвакуации состоит в том, что ближайший эвакуационный выход заблокирован. В рассматриваемом крыле расположены учебные аудитории, в которых в среднем находятся 17 человек. Время возникновения пожара 12:05. Весь поток эвакуируется к одному эвакуационному выходу. Расстояния от наиболее удаленной точки до эвакуационного выхода около 64 м. Число эвакуируемых составляет 154 человека. Расчетное время эвакуации с 3-го этажа правого крыла НТБ на 154 человека составляет 18,56 мин. Направления эвакуации для описанных сценариев представлено в рисунке 1.



Рисунок 1 – Направление эвакуации для трех сценариев

Затем согласно Федеральному закону от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» в редакции Федерального закона от 10.07.2012 г. № 117-ФЗ на основании рассчитанного времени эвакуации для трех случаев определялось необходимое время эвакуации для каждого случая с учетом развития опасных факторов пожара. Расчет проводился по критической продолжительности пожара для кругового распространения пламени по поверхности равномерно распределенного в горизонтальной плоскости горючего материала, по каждому из опасных факторов пожара – по повышенной температуре, потере видимости, пониженному содержанию кислорода, допустимое содержание  $CO_2$ , допустимое содержание  $CO$ , допустимое содержание  $HCl$ . Расчет показал, что при сложившейся пожароопасной ситуации, в результате горения происходит выделение углекислого газа  $CO_2$ . Данный фактор представляет высокую опасность для эвакуируемых людей.

Для наглядного представления развития каждого фактора в комплексной программе СИТИС: ВИМ построены их графики (рисунок 2 – рисунок 11).

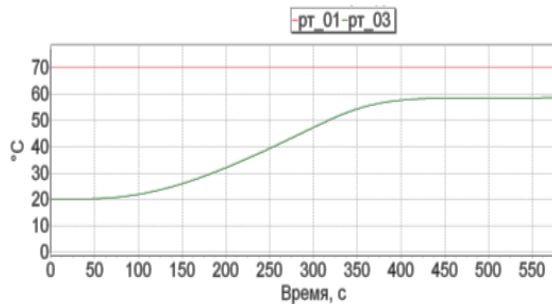


Рисунок 1 - Критическая продолжительность пожара по повышенной температуре

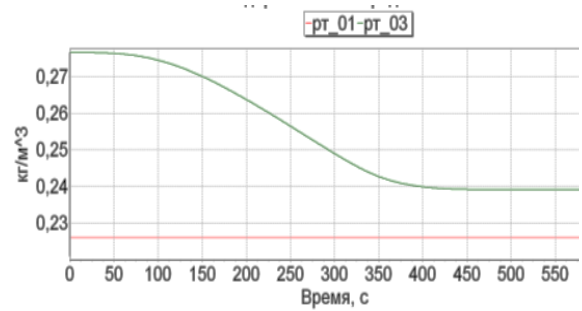


Рисунок 2 - Критическая продолжительность пожара по содержанию кислорода

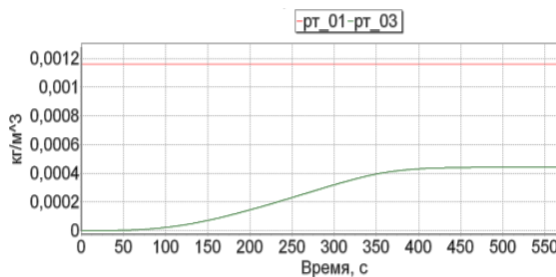


Рисунок 3 - Критическая продолжительность пожара по содержанию угарного газа

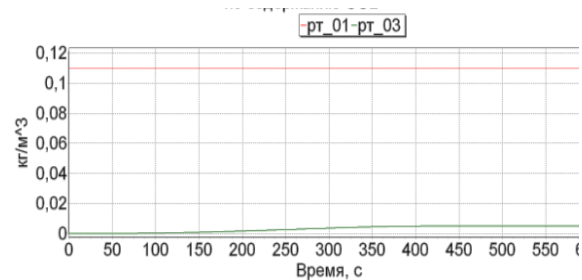


Рисунок 4 - Критическая продолжительность пожара по содержанию углекислого газа

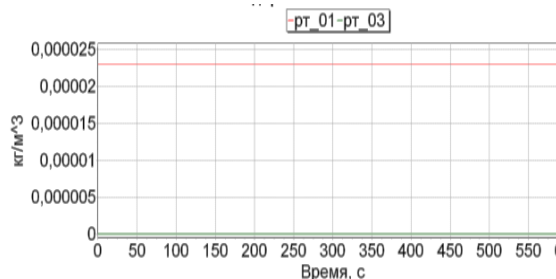


Рисунок 6 - Критическая продолжительность пожара по содержанию соляной кислоты

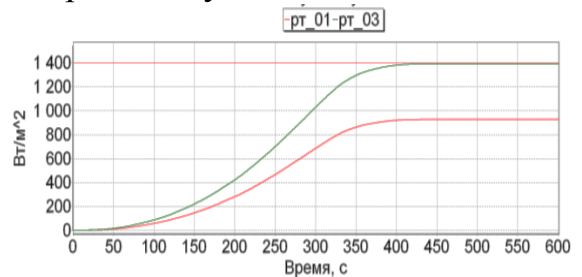


Рисунок 7 - Критическая продолжительность пожара по тепловому потоку

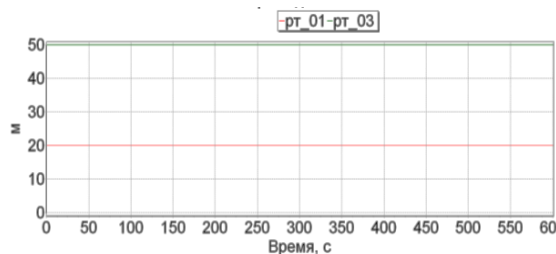


Рисунок 8 - Критическая продолжительность пожара по потере видимости

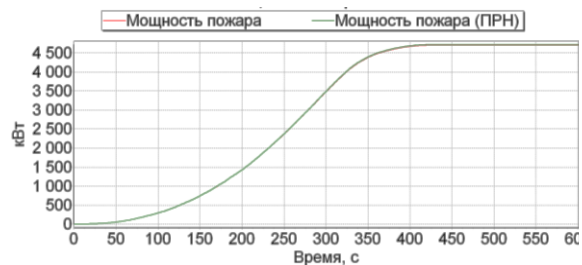


Рисунок 9 - Развитие мощности пожара



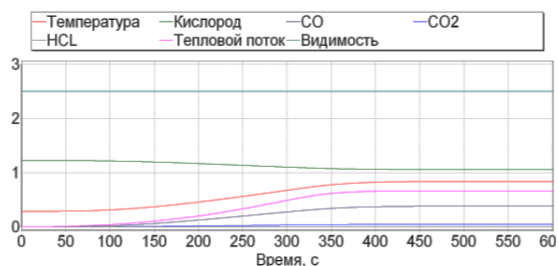


Рисунок 10 - Развитие всех опасных факторов пожаров

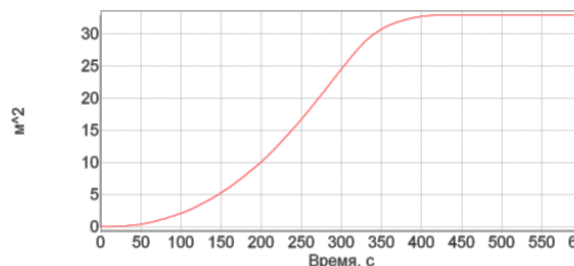


Рисунок 11 - Площадь развития пожара

Из графиков видно, что для 3 этажа библиотеке в случае пожара угрозу жизни и здоровью находящихся в здании людей несут все факторы, кроме выделения соляной кислоты в процессе горения материалов отделки.

Необходимое время эвакуации с учетом воздействия ОФП составило 1 мин 2 с. Рассчитанное необходимое время эвакуации так же подтверждено расчетами в программе СИТИС: ВИМ.

Для первого сценария проведенные расчеты показывают, что люди из-за воздействия опасных факторов пожара (повышенная температура, выделение углекислого газа, угарного газа, задымления и др.), самостоятельно эвакуироваться не смогут, что показывает разница необходимого времени эвакуации с расчетным временем. На графиках по критической продолжительности ОФП видно, что с течением времени увеличивается выделение углекислого газа, угарного газа, повышается температура, уменьшается содержание кислорода в помещении, не изменяется содержание соляной кислоты.

Для второго сценария разница в необходимом и расчетном времени эвакуации также указывает на воздействие опасных факторов пожара.

Для третьего, наиболее сложного случая, когда в учебном крыле третьего этажа происходит пожар в компьютерной аудитории и заблокирован один эвакуационный выход, разница между расчетным и необходимым временем эвакуации особо велика. Количество эвакуируемых превышает цифру в 150 человек. Процесс эвакуации также усложняется узкими, по сравнению с другим исследуемым крылом, по ширине проходами и дверьми. В данном случае возможны человеческие потери от действия токсичных веществ, выделяемых при пожаре, на организм человека. Не исключается и паника, которая также усложнит процесс спасения людей.

Поэтому, для более успешного стечения обстоятельств необходимо содержать эвакуационные пути в исправном и не загроможденном состоянии, в последующем ремонте использовать

наименее токсичные и опасные для здоровья людей материалы отделки, ужесточить контроль за соблюдением правил пожарной безопасности, иметь средства первичного тушения пожара, средства индивидуальной защиты, проводить обязательные инструктажи как с сотрудниками библиотеки, так и с учащимися.

Затем, в процессе расчетов индивидуального пожарного риска, стало понятно, что условие Технического регламента не соблюдается, а индивидуальный риск превышает нормативный показатель в 0,72 раза.

Для повышения качества эвакуации из многоэтажных зданий необходимо привлечение большего числа техники и специальных средств, а также отработка действий по эвакуации и соблюдению правил пожарной безопасности в здании библиотеки.

Чтобы уменьшить величину пожарного риска, необходимо устранение причин его возрастания, которые могут быть реализованы за счет совершенствования технических систем и повышения профессионализма персонала библиотеки. Необходимо постоянное проведение инструктажей по технике безопасности и правилах пожарной безопасности под личную подпись.

Также, в качестве дополнительных рекомендаций, в момент проведения ремонта, для отделки использовать только разрешённые нормативными документами материалы. За соблюдением всех требований необходим постоянный контроль со стороны Отдела Пожарной Безопасности ТПУ, пожарной инспекции и сотрудниками ГУ МЧС по области.

В качестве практических рекомендации по снижению времени эвакуации людей из здания библиотеки в случае возникновения пожара:

- повышение уровня готовности персонала библиотеки к действиям в сложившейся ЧС;

- содержание путей эвакуации в исправном состоянии, не их загромождать мебелью и другими предметами;

- регулярное проведение учений, согласно представленному плану;

- рекомендовать бюро расписания: не планировать 100% заполнение аудиторий 3-го этажа библиотеки (рекомендованный уровень заполнения - 80 %);

- администрации провести оптимизацию учебного процесса на данной площади исходя из установленной численности (процент должен быть установлен исходя из возможной величины потери при сложившейся ЧС).

## Список информационных источников

- 1.Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123 - ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности в редакции Федерального закона от 10.07.2012 г. № 117-ФЗ.
- 2.Федеральный закон от 21 декабря 1994 № 69 - ФЗ О пожарной безопасности.
- 3.Терминологический словарь по пожарной безопасности. М.: ФГУ ВНИИМО МЧС России, 2003.
- 4.Собурь С.В. Пожарная безопасность. Справочник - 3-е изд., доп. (с изм.). 2007 г.
- 5.Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учеб. пособие. М.: Академия ГПС МВД России, 2000.
- 6.Расчет необходимого времени эвакуации людей из помещений при пожаре: рекомендации. М.: ВНИИПО, 1989.
- 7.Постановление Правительства РФ от 31 марта 2009 г. № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска».
- 8.Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. Приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 №382.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ФТОРАНГИДРИТОВОГО ИЗ ВЯЖУЩЕГО И НАПОЛНИТЕЛЕЙ

*Кыргызбай А.К.*

*Томский политехнический университет г. Томск*

*Научный руководитель: Цыганкова Т.С., к.т.н., доцент кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

Производство эффективных строительных материалов и качественное выполнение ряда строительных работ с их использованием является важной задачей промышленности строительных материалов и строительного комплекса страны.

Это определяет новый подход к созданию, производству и применению строительных материалов различного функционального назначения и позволяет сформулировать главные задачи промышленности строительных материалов:

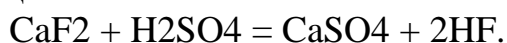
создание строительных материалов и изделий нового поколения, улучшенного дизайна, повышенного качества и эксплуатационной

стойкости, которые минимальным образом будут воздействовать на окружающую среду и обеспечат экологическую безопасность;

Производство строительных материалов и изделий с использованием местного сырья по новым технологиям, позволяющим уменьшить материало-, энерго- и трудоемкость их изготовления и обеспечить рынок экологически чистыми материалами и изделиями, конкурентоспособными не только по качеству, но и по цене.

Одним из путей успешного развития этих задач является расширение производства и применения материалов и изделий в строительстве на основе сульфатов кальция (гипсовые и ангидритовые вяжущие).

Твердый сульфаткальциевый отход или фторангидрит является побочным продуктом в технологии получения фтороводорода, в которой используется серно-кислотное разложение плавикового шпата ( $\text{CaF}_2$ ) с образованием безводного сульфата кальция ( $\text{CaSO}_4$ ) по реакции:



Решение проблемы утилизации твердых отходов фтороводородных производств, которые загрязняют все составные части биосферы – атмосферу, гидросферу, литосферу, снизит экологическую нагрузку на окружающую среду. Проанализировав ресурсный потенциал твердых отходов фтороводородных производств, можно сделать вывод о количестве образующегося фторагидрита в России около 350 тыс. т/год (г. Полевской 200 тыс. т/год, г. Пермь – 130 тыс. т/год, Томск – 13,5 тыс. т/год, г. Ачинск – 4,5 тыс. т/год), в Казахстане (г. Усть-Каменогорск) – 100 тыс. т/год.

Для устранения негативного воздействия на окружающую среду, разработаны способы переработки твердых сульфаткальциевых отходов (фторангидрита) и последующего использования в строительной промышленности:

1. получение гипсового вяжущего,
2. получение ангидритового вяжущего,
3. изготовление материалов и изделий на основе фторангидрита.

В Томском политехническом университете разработан ряд направлений переработки фторангидритового сырья в строительные материалы и изделия. Например, использование унифицированного фторангидрита в качестве пластифицирующей добавки в строительные растворы и бетоны. Так же, разработана строительная смесь на основе фторангидритового вяжущего для производства листовых строительных изделий, каркасных конструкций и других изделий и конструкций. В состав смеси входят такие компоненты, как фторангидритовое вяжущее,

в качестве которого используется измельченный кислый отход фтороводородного производства, активированный 10-98 %-ной серной кислотой и нейтрализованный молотым карбидным илом, ускоритель схватывания, пластификатор, наполнитель – молотый золошлак ТЭС и дополнительно сечка пленки или рубленое волокно синтетического полимера.

Одним из решений экологической проблемы фтороводородного производства, с одной стороны, является усовершенствование существующей технологии получения фтористого водорода, с другой, – применение фторангидрита с использованием других исходных реагентов в создании конкурентно способной безотходной технологии получения тех или иных товарных продуктов.

Целью данной работы является исследование возможности использования в качестве наполнителя ангидритовых изделий следующих компонентов: пенополистирол, вермикулит и базальтовое волокно. Использование указанных компонентов позволит улучшить эксплуатационные характеристики изделий: уменьшить удельный вес, увеличить теплоизоляционные свойства и прочностные характеристики.

Для проведения испытаний использовали фторангидрит из нескольких партий производства ОАО «Сибирский химический комбинат», г. Северск.

Во-первых, фторангидрит необходимо измельчить. В лабораторных условиях для этого использовали лабораторные ступку и пестик. Измельченный фторангидрит просеивали через лабораторное сито с размером ячеек 0,315 мм.

Для определения необходимого количества нейтрализатора навеску измельченного фторангидрита помещали в лабораторную колбу. Добавляли дистиллированную воду, перемешивали и оставляли для отстаивания. После отстаивания раствора, отбирали несколько аликвот по 10 мл. Титрование проводили стандартным раствором NaOH с использованием индикатора хромового темно-синего до окрашивания содержимого колбы в ярко-малиновый цвет.

Исследования по определению механических (прочностных) характеристик ангидритовых образцов проводили по следующей методике.

Для приготовления ангидритового вяжущего измельченный фторангидрит тщательно перемешивали с нейтрализатором, в качестве нейтрализатора может выступать CaO, затем добавляли ускоритель схватывания ( $K_2SO_4$ )-1,5% и наполнитель.

В качестве наполнителя использовали:

1. базальтовое волокно в количестве 0,5%; 1%; 2%; 3%; 4%; 5%; 6%; 7% массы фторангидрита;
2. вермикулит – 1%; 2%; 4%; 6%; 7%;
3. пенополистирол – 0,6%; 0,7%; 0,8%; 1%.

Подготовленное ангидритовое вяжущее затворяли водой и добавляли наполнитель, тщательно перемешивали и полученной смесью заполняли формы для твердения на 1 сут. После чего формы разбирали и оставляли образцы на 6 сут. для набора прочности.

После 7 сут. твердения проводят испытания образцов на прочность сжатию с использованием прессы. Результаты испытаний представлены на рисунках 1, 2 и 3.



Рис 1. Зависимость прочности сжатию ангидритовых образцов от содержания наполнителя – базальтовое волокно

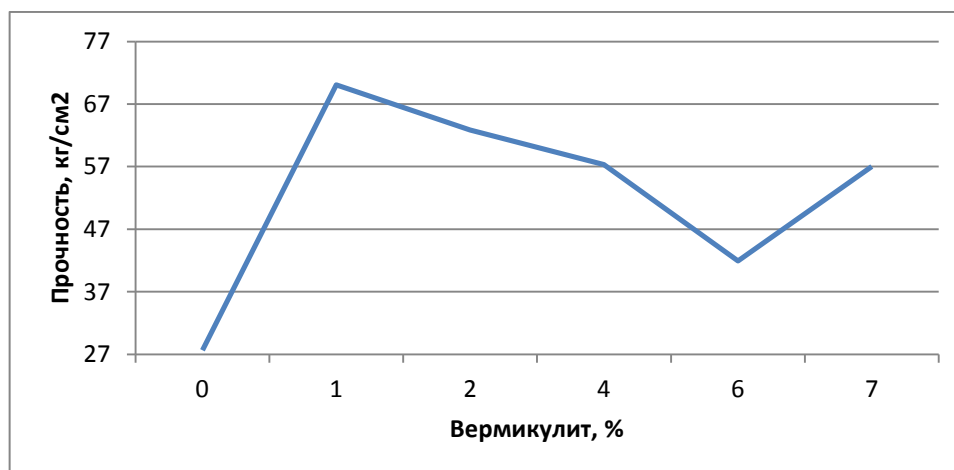


Рис 2. Зависимость прочности сжатию ангидритовых образцов от содержания наполнителя – вермикулит

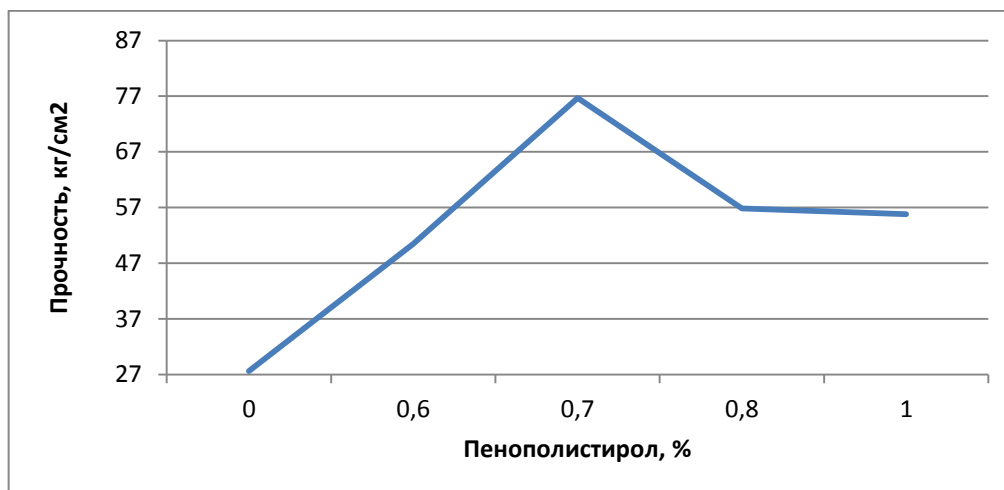


Рис 3. Зависимость прочности сжатию ангидритовых образцов от содержания наполнителя – пенополистирол

Таким образом, в результате проведенных испытаний можно сделать вывод, что оптимальное содержание наполнителей для изготовления ангидритовых строительных изделий:

1. базальтовое волокно в количестве 0,5% массы фторангидрита;
2. вермикулит – 1%;
3. пенополистирол – 0,7%.

На основе анализа полученных результатов можно сделать вывод о необходимости исследования теплоизоляционных свойств изделий, а также использовании нескольких видов наполнителей для улучшения прочностных характеристик изделий.

### Список информационных источников

1. Федорчук Ю.М., Цыганкова Т.С. Разработка способов снижения воздействий фтороводородных производств на окружающую среду. Томск. Томский политехнический университет, 2014. – 149 с.
2. Федорчук Ю.М. Техногенный ангидрит, его свойства, применение. Томск: ТГУ, 2003. - 108 с.
3. Федорчук Ю.М, Зыкова Н.С., Цыганкова Т.С. Использование твердых отходов фтороводородного производства в строительной промышленности// Экология и промышленность России, июнь 2004 г. – с. 14 – 17.
4. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

## **ОСНОВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ. ЦЕНТРЫ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

*Лаутенишлегер Н. Н.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Крепица Н.В. к.г.-м.н., доцент кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

*Прогнозирование землетрясений* - важнейшее мероприятие в системе контроля сейсмической обстановки, позволяющее своевременно принять меры к защите населения и территорий, резко снизить затраты на ликвидацию последствий землетрясений. К сожалению, из-за отсутствия надежных и относительно недорогих методик и аппаратуры надежный краткосрочный (за несколько суток) и непосредственный (за несколько часов) прогноз в настоящее время проблематичен.

Решение проблемы прогноза землетрясений является одной из важнейших задач, стоящих перед геофизикой. Ежегодные потери от землетрясений составляют сегодня сотни тысяч человеческих жизней, а ущерб исчисляется десятками и сотнями миллиардов долларов. При этом уязвимость человечества перед землетрясениями постоянно растет, несмотря на принимаемые меры по улучшению качества строительства.

Прогноз землетрясений на любой стадии открыл бы возможность уменьшения ущерба и предотвращения гибели людей. Нужда возникает не вообще в прогнозе землетрясений, а в прогнозе разрушительных землетрясений, приводящих к людским жертвам и экономическим потерям.

В связи с природной особенностью тектонического процесса, то есть движения земных недр, недоступностью прямого наблюдения этого движения, недоступностью прямого измерения механических напряжений в земных недрах, прогноз землетрясений основывается на косвенных предвестниках предстоящего землетрясения.

Эти предвестники могут носить долгосрочный, среднесрочный или краткосрочный характер. То есть одни предвестники могут проявляться за годы, но не несут информации о точном времени землетрясения, другие проявляются за считанные часы и минуты до основного разрушительного толчка, но часто не обеспечивают информации о силе и месте. Такие предвестники, как правило, трудно использовать, если не иметь предварительной информации от более долгосрочных предвестников.



Удобно разделить виды прогноза по временному порядковому ранжированию, которое соответствует разным, независимым типам предвестников. Тогда становится возможным практически осуществить прогнозирование в определенном временном окне при дефиците сейсмопрогностической информации, а также определить назначение каждого типа прогноза.

Главным предвестником землетрясения служит сейсмичность. Из данных о землетрясениях по всему миру можно сделать выводы о приближающихся ненастьях. Чтобы получать такие данные нужно очень много оборудования и специалистов.

Можно считать предвестниками и движения земной коры. Такие наблюдения постоянно ведутся спутниками и другими космическими аппаратами. Делаются съемки и непосредственно с Земли. Это более точная съемка, которая требует больших финансовых затрат, поэтому такие высокоточные снимки делаются достаточно редко.

Так же существует прогноз землетрясения из космоса. Экипаж Международной космической станции (МКС) завершает подготовку эксперимента «Всплеск», результаты которого помогут в разработке методик оперативного прогноза землетрясений.

В ходе эксперимента учёным предстоит выяснить эффективность регистрации всплесков заряженных частиц в околоземном космическом пространстве, которые могут быть связаны с различными геофизическими процессами на Земле, в том числе сейсмическими. Поэтому одна из важнейших задач – научиться отделять информацию о предвестниках землетрясений от всплесков частиц, имеющих другую физическую природу.

Во время эксперимента потоки заряженных частиц будут регистрироваться двумя идентичными приборами – «Всплеском» на МКС и АРИНОЙ, установленной на космическом аппарате «Ресурс-ДК1», запущенным в июле 2006 г. То есть, с разных точек околоземного пространства. Это значительно увеличит надежность получаемой информации и поможет составить более точную картину наблюдаемых процессов.

Мониторинг осуществляется сетью сейсмических станций на территории РФ, а именно центрами сейсмологического мониторинга.

Центр сейсмологического мониторинга ведет свою историю с 1999 г., когда была открыта сейсмостанция «Красноярск». На начало 2014 года сейсмическая сеть ГПКК «КНИИГиМС» включала 13 сейсмических станций: 8 сейсмостанций расположены на территории края, три в Республике Хакасия и две в Республике Тыва.

Основной целью деятельности - оперативный контроль за сейсмической обстановкой на территории Хакасии и прилегающих районов с информированием о ней органов власти и структур МЧС России.

Таким образом, при всем обилии проведенным и проанализированных наблюдений, место, время и магнитуда будущих разрушительных землетрясений даже в хорошо изученных регионах по-прежнему оказывается неожиданным. Тем не менее, необходимо собирать все новые, дополнительные данные, но какие? Комплекс возможных параметров в том или ином многопризнаковом факторе можно варьировать и расширять беспредельно, однако рамки реальных возможностей всегда заставляет как-то его ограничивать. Перспективен ли вообще такой путь?

А пока нет ответа на этот и многие другие вопросы, у человечества есть только один способ обезопасить себя – развивать и совершенствовать сейсмостойкое строительство на территориях, которые подвержены влиянию сильных землетрясений.

### **Список информационных источников**

1. Войтов Г.И., Попов Е.А. Геохимический прогноз землетрясений. Природа. 1989. №12. С60-64.
2. Гир Дж., Шах Х. Зыбкая твердь. М., Мир, 1988. 220 с.
3. Друмя А. Землетрясения: где, когда, почему? Кишнев, Штиинца, 1985, с. 195.
4. Кейлис-Борок В.И. Повторный сильный толчок землетрясений: прогноз возможен. Наука в России. 1992. №1. С.60-63.

### **ОЦЕНКА ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СОТРУДНИКОВ ЭКСТРЕННЫХ СЛУЖБ К ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

*Лиховодова Ю.Н.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Федоренко О.Ю., д.м.н., профессор  
кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности, в.н.с.  
лаборатории молекулярной генетики и биохимии НИИ психического  
здоровья*

Умение действовать в экстремальной ситуации, быстро принимать решения вне зависимости от трудности задач и быть готовым к

экстренному реагированию – вот основные задачи, которые ставятся перед спасателями и работниками экстремальных служб в ходе их профессиональной деятельности.

Существует множество понятий, обозначающих экстремальную ситуацию – это система таких внешних по отношению к человеку условий, которые вынуждают его действовать на пределе адаптивных возможностей [1], но восприятие людьми любой ситуации как экстремальной зависит от их собственного уровня психоэмоциональной регуляции, уровня интеллекта, половой принадлежности, наличия положительной мотивации в ходе деятельности.

Постоянное соприкосновение работников со стрессовыми ситуациями, которые часто сопровождаются повышенным риском для их здоровья и жизни, человеческими жертвами, реакцией родственников погибших и пострадавших является негативным фактором работы спасателей и может служить предпосылкой к различным расстройствам личности, таким например как посттравматическое стрессовое расстройство, эмоциональные срывы, нервотическим реакции [2].

В генезисе развития аффективных состояний прослеживается неподготовленность человека к деятельности в условиях угрозы для жизни, астенизация его нервной системы. На фоне глубоких психических изменений прослеживается развитие аффективных неврозов в виде фобий, выраженных двигательным возбуждением либо ступором, способным приводить к неадекватным действиям [3].

У спасателей присутствует не осознаваемая ими постоянная готовность к действию, сопровождаемая психической напряженностью в адекватной форме, что является одним из условий адаптации человека к экстремальной обстановке.

Для успешного выполнения задач в условиях экстремальной ситуации необходимо, чтобы спасатель был не только психологически подготовлен к факторам, воздействующим на него, но и обладал определенными качествами личности, необходимыми для осуществления экстремальной деятельности.

Таким образом, комплексный анализ личностных качеств сотрудников является важной задачей психологической службы, так как это помогает не только составить психологический портрет личного состава, но и выявить возможные личностные расстройства на начальном этапе их развития.

В ходе данной работы была проведена оценка соответствия группы студентов требованиям, представленным в приказе №86 от 09.11.99г., выпущенного Министерством внутренних дел Российской Федерации

Главного управления государственной противопожарной службы «Об утверждении нормативных актов по газодымозащитной службе», согласно которому проходят аттестацию сотрудники МЧС в настоящее время.

Согласно данному приказу: «Цель аттестации – выбор из группы сотрудников, военнослужащих и работников ГПС МВД России лиц, соответствующих по способностям, знаниям, физиологическим и психофизиологическим показателям, опыту и моральным качествам выбранной профессии» [4].

Для определения психофизиологического соответствия и проведения комплексного исследования личности использовались в данном исследовании личностные опросники. Личностные опросники – методики для измерения характерных особенностей эмоциональной и мотивационной сферы, межличностных отношений и аттитюдов индивида [5].

Для полного исследования личности членов данной группы были использованы восемь различных методик тестирования:

1)Корректорный тест, целью которого является определение точности и продуктивности деятельности человека путем подсчета количества правильно зачеркнутых колец Ландольта и расчета отношения правильно зачеркнутых к количеству тех, которые было необходимо зачеркнуть.

2)Исследование наблюдательности – уровень наблюдательности определяется путем заполнения схемы тушения пожара, представленной на рисунке соответствующими цифровыми индексами. На запоминание заполненной схемы и воспроизведение дается по одной минуте, далее подсчитывается процент правильно поставленных знаков.

3)Исследование слуховой памяти – обследуемому зачитывается список из 12 слов, дается минута на их запоминание и запись. Определяется объем слуховой памяти, как отношение количества зачитанных слов к количеству записанных человеком.

4)Исследование зрительной памяти – каждому предоставляется список из 12 слов, на их запоминание у обследуемых минута. После этого необходимо записать те слова, которые запомнили. Определяется объем зрительной памяти, как и слуховой.

5)Скорость переключения внимания. Данный параметр исследуется с помощью таблицы Шульце-Платонова или «Черно-красной таблицы». На таблице с числами черного и красного цвета в первом задании отыскиваются числа черного цвета в возрастающем порядке. Во втором задании - числа красного цвета в убывающем порядке. В третьем задании попеременно отыскиваются числа черного цвета в

возрастающем порядке, красные в убывающем. При этом балльная оценка функции внимания осуществляется по интегральному критерию, как разница между временем смешанного счета и общим временем счета красных и черных цифр.

6) Опросник Тейлора состоит из 40 вопросов, требующих ответов «да» или «нет» и направленный на определение уровня тревожности обследуемого, а так как он дополнен шкалой лжи, то это позволяет судить о демонстративности и неискренности в ответах. Рассчитывается коэффициент тревожности.

Высокий коэффициент тревожности характерен для эмоционально неустойчивых людей (для психопатов он достигает 37), которые не могут адекватно оценить ситуацию, особенно аварийную, обеспечить высокую надежность действий в таких условиях.

7) Опросник Айзенка, направленный на выявление уровня нейротизма. Нейротики отличаются нестабильностью, неуравновешенностью нервно-психических процессов, эмоционально-психологической неустойчивостью и лабильностью вегетативной нервной системы, легко возбудимы. [6].

8) Тест Беннета – оценка интеллектуального развития. Представлены различные задания и варианты ответа на них, обследуемый выбирает верный на его взгляд и уровень правильности ответов рассчитывается в процентах.

Для простоты обработки результатов каждый из восьми тестов оценивался по пятибалльной шкале, что означает, что максимально возможный балл при идеальном выполнении тестирования – 40. В результате исследования из 20 испытуемых оценка ниже 30 баллов – 29 и менее баллов, только у 6 человек, что составляет 30 % от общего количества испытуемых, а ниже 20 баллов у 1 человека – 5 % от общего количества испытуемых, что означает, что при аттестации 95% из группы были бы аттестованы на ведение работ.

Из предлагаемых тестов менее успешным для прохождения оказался корректурный тест – из числа испытуемых успешно справились с заданием только 20 % группы, что связано в большей степени с отсутствием понимания важности данного типа тестирования, как основы профессиональной деятельности.

Тест, который мог бы вызвать большую трудность – наблюдательность, в действительности был успешно выполнен более чем половиной группы – 60 %, что, на мой взгляд, доказывает заинтересованность группы в более профессионально направленной деятельности, ведь в ходе теста изучали и запоминали схемы эвакуации при пожаре.

Также в ходе исследования максимальное затруднение среди испытуемых вызвало тестирование на определение скорости переключения внимания, что может быть результатом несерьезного подхода некоторых из испытуемых к данному тестированию, а также низкого уровня саморегуляции и сосредоточения в заданиях, требующих максимальной концентрации внимания. Неспособность справиться со стрессовым фактором, таким как таймер, на котором идет отсчет времени, что заставляет испытуемого испытывать волнение, так как задача – выполнить задание максимально быстро.

В ходе профессиональной деятельности, при постоянном контакте с травмирующими факторами, спасатели подвергаются постоянному психологическому напряжению, что не только одновременно влияет на их психологическое состояние, но и может вызвать серьезные патологии, такие как посттравматический синдром и другие. Для обеспечения поддержания нормального состояния сотрудников существуют кабинеты психологической разгрузки. Также немаловажную роль играет социальная поддержка и поддержка семьи и коллег. Но необходимым фактором для выявления и предотвращения развития патологических реакций являются тестирования, направленные на оценку состояния личности и выявление ранних симптомов расстройств у сотрудников.

### **Список информационных источников**

- 1.Общая психология: Учебник. Под ред. А.В. Карпова – М.: Гардарики, 2004. – 232 с.
- 2.Вопросы психологии: научный журнал / Российская академия образования (РАО). – М. 1984 - № 5. – 2012
- 3.Золоторева Т.Ф., Минигалиева М.Р. Проблемы социально-психологической помощи жертвам террора: Учебное пособие. – М., Изд-во МГСУ. – 2002. – 256 с.
- 4.Приказ № 86 от 09.11.1999г «Об утверждении нормативных актов по газодымозащитной службе» Государственной противопожарной службы МВД России
- 5.Анастази А, Урбина С. Психологическое тестирование – СПб.: Питер, 2001. – 686с.
- 6.Приктикум по психологии состояний / под ред. А.О.Прохорова. – СПб.: Речь, 2004 – С. 160-163.

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ В ДАГЕСТАНЕ**

*Магомедалиев Т.А., Крепша Н.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Крепша Н.В. к.г.-м.н., доцент кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

Одной из наиболее актуальных проблем в наше время является разработка плана эвакуации населения при возникновении землетрясения. Землетрясения, возникающие на территории населенных пунктах, могут понести за собой серьезные последствия, сопровождающиеся, чаще всего, большим количеством человеческих жертв и потерей материальных ценностей. Во избежание ещё более катастрофических последствий, необходимо заранее знать масштабы возможной аварии, чтобы как можно быстрее её предотвратить [1].

По своим разрушительным последствиям, количеству жертв, материальному ущербу и деструктивному воздействию на среду обитания человека землетрясения занимают одно из первых мест среди других видов природных катастроф [1]. Эти грозные явления природы опасны не сами по себе, а потому что происходят именно там, где человек живет и работает. Исторически так сложилось, что людям было удобно и экономически выгодно селиться именно там, где, как оказалось, время от времени возникают землетрясения. Внезапность возникновения землетрясений еще больше усугубляет их разрушительные последствия. Разрушения и гибель людей вызываются не только собственно вибрациями грунта, но и различными вторичными природными явлениями, которые могут активизироваться в результате землетрясения (крип, оползни, обвалы, снежные лавины, разжижение грунта и др.). Большую опасность представляют вторичные техногенные воздействия и последствия: пожары, взрывы, выбросы радиоактивных и токсичных материалов. Угрозу здоровью людей создают эпидемии, связанные с разрушением инфраструктуры городов: отсутствие жилья (один из важнейших факторов в зимнее время), повреждения систем водоснабжения, канализации, затруднения со снабжением населения продуктами питания, оказанием медицинской помощи и т.д. Часто основной ущерб при землетрясениях связан именно с вторичными явлениями[2].

Предотвратить землетрясения невозможно, однако их разрушительные последствия и количество человеческих жертв могут быть уменьшены путем создания достоверных карт сейсмического

районирования, применения адекватных норм сейсмостойкого строительства и проведения в сейсмоактивных районах долгосрочной политики, основанной на повышении уровня осведомленности населения и федеральных органов об угрозе землетрясений и умении противостоять подземной стихии.

Основными понятиями, связанными с социально-экономическими последствиями землетрясений, являются следующие:

Сейсмическое районирование – это картирование сейсмической опасности. Сейсмическая опасность – это вероятность возникновения (превышения, не превышения) сейсмического эффекта определенной величины в данном пункте в течение заданного интервала времени (измеряется в баллах, пиковых и спектральных ускорениях и т.п.)

Сейсмическая опасность с каждым годом не уменьшается, а растет в прямой связи с хозяйственным освоением сейсмоактивных территорий и воздействием человека на литосферную оболочку Земли (строительство крупных гидротехнических сооружений, добыча полезных ископаемых и т.п.). Повышенный сейсмический риск связан и с размещением в сейсмоактивных регионах атомных электростанций и других экологически опасных объектов, поскольку даже незначительные землетрясения могут нарушить их нормальное функционирование[2].

Основываясь на карте сейсмического районирования Республики Дагестан, можно разработать планы по предупреждению населения об опасности возникновения землетрясения, так же определить расстановку сил и средств, направленных на ликвидацию последствия землетрясения и эвакуацию людей зоны бедствия.

### **Организация работ по ликвидации последствий ЧС**

Спасательные и другие неотложные работы в очагах поражения включают в себя:

– разведку очага поражения (в результате которой получают истинные данные о сложившейся обстановке);

– локализацию и тушение пожаров, спасение людей из горящих зданий;

– розыск и вскрытие заваленных защитных сооружений, розыск и извлечение из завалов пострадавших;

– оказание пострадавшим медицинской помощи, эвакуацию пораженных в медицинские учреждения, эвакуацию населения из зон возможного катастрофического воздействия (затопление, радиационное и другое заражение);

– санитарную обработку людей, обеззараживание транспорта, технических систем, зданий, сооружений и промышленных объектов;



– неотложные аварийно-восстановительные работы на промышленных объектах[3].

По данным разведки определяют объемы работ, устанавливают очередность их выполнения, уточняют способы ведения спасательных и аварийных работ, разрабатывают план ликвидации последствий чрезвычайного события.

Разведка в кратчайшие сроки должна установить характер и границы разрушений, степень радиоактивного заражения в различных районах очага, наличие пораженных людей и их состояние, возможные пути ввода спасательных формирований и эвакуации пострадавших.

В целях своевременного и успешного проведения спасательных работ планируется целый ряд неотложных мероприятий, а именно:

– устройство, при необходимости, проездов в завалах и на загрязненных участках; оборудование временных путей движения транспорта (так называемых колонных путей);

– локализация аварий на сетях коммунально-энергетических систем; восстановление отдельных повреждений участков энергетических и водопроводных сетей и сооружений;

– укрепление и обрушение конструкций зданий и сооружений, препятствующих безопасному проведению спасательных работ.

В качестве спасательных сил используются обученные спасательные формирования, создаваемые заблаговременно, а также вновь сформированные подразделения из числа работников промышленного объекта (подразделений гражданской обороны объекта)

В качестве технических средств используют как объектовую технику (бульдозеры, автогрейдеры, моторные и прицепные катки, пневматический инструмент и т. д.), так и спецтехнику, имеющуюся в распоряжении спасательных формирований (специальные подъемно-транспортные машины, корчеватели-собиратели, ручной инструмент, бетоноломы, средства контроля и жизнеобеспечения)[3].

Цель данной работы состоит в необходимости эффективного обеспечения безопасности населения при землетрясении в посёлках Дагестана.

Задачи, решаемые в ходе выполнения работы:

1. Анализ литературных источников по проблеме оценки и прогноза землетрясений в России и в мире;
2. Оценка природно-геологических условий территории Дагестана

### **Список информационных источников**

1.Рогожин Е.В. Геологический факультет МГУ, кафедра динамической геологии, тел. 939-11-54, 939-20-33, 939-11-09.

2.Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева. Защита в ЧС. Учебное пособие: 50с.

3.Никитин М.Ю. Журнал. Бюллетень Московского общества испытателей природы. 1990. – 104 с.

## **ВЛИЯНИЕ ФАЛЬСИФИКАЦИИ МОЛОКА НА СРОК ЕГО ХРАНЕНИЯ**

*Мантина А.Ю., Никонова Е.Д.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Вторушина А.Н., к.х.н., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

Молоко традиционно считается важным пищевым продуктом в рационе питания детей и взрослых. Поэтому вопрос контроля срока годности молока достаточно важен.

В настоящее время производители предлагают большой ассортимент молочных продуктов. Недавнее вступление Российской федерации во всемирную торговую организацию повлекло за собой изменения в области технического регулирования продовольствия и сделало актуальной проблему выявления фальсификации молока. В этой связи целью работы было рассмотрение влияния фальсификации молока на срок его хранения.

В данной работе была показана возможность фиксирования срока годности молочных продуктов по показателю электропроводности. Для этого была изучена зависимость электропроводности молочных продуктов от температуры хранения.

Исследуемые объекты: молоко цельное питьевое пастеризованное с массовой долей жира 3,4 до 4,5 % и йогурт с массовой долей жира 1,5 %. Рекомендуемая температура хранения обоих продуктов, указанная на упаковке –  $(4\pm 2)$  °С.

Молоко, равно как и йогурт являются плохими проводниками электрического тока. Их электропроводность зависит от концентрации ионов хлора, натрия, кальция, магния и водорода. В силу увеличения температуры активизируется работа молочнокислых бактерий, запускается процесс брожения, результатом которого является увеличение кислотности продукта[0]. Кислотность молочных продуктов обусловлена выделением молочной кислоты бактериями. Следовательно, с ростом кислотности увеличивается

электропроводность молочных продуктов. С другой стороны, при увеличении температуры хранения молочных продуктов происходит свертывание белков и, хотя они и имеют на своей поверхности заряды, но из-за своей большой молекулярной массы такие белки не могут быстро двигаться в растворе. В растворе увеличивается внутреннее трение молекул, которое «гасит» дальнейшее увеличение электропроводности молочного продукта. При построении зависимости значений электропроводности молока и йогурта от температуры должен быть виден максимум функции либо асимптота функции.

Эксперимент проводился при модельных условиях хранения молочного продукта (при различной температуре хранения). Проводили термостатирование продукта и, в условиях постоянной температуры, измеряли электропроводность среды. Регистрация данных осуществлялась каждые 15 мин.

Для исследования были взяты образцы молока разных марок («Простоквашино» 1,5 % жирности, «Деревенское молоко» 2.5 % и др.). Были получены зависимости изменения электропроводности рассматриваемых продуктов при различной температуре от времени. Из полученных данных видно, что значение электропроводности резко падает со временем (временной период зависит от температуры).

Также были проведены исследования по фальсифицированию продукции. Образцы были проверены на разбавление водой, добавление чужеродных добавок, определена титруемая кислотность.

Достаточно часто при фальсификации молоко разбавляют водой. Кроме воды в молоко подмешивают крахмал, мел, мыло, соду, известь, борную или салициловую кислоты и даже гипс.

В данной работе рассматриваемые образцы были проверены по перечисленным выше параметрам фальсифицирования. Для всех образцов признаков фальсификации выявлено не было.

В результате проделанной работы можно сказать, что по зависимости электропроводности можно судить о сроке годности молока при определенной температуре среды. Также на качество молока влияет фальсификация водой и посторонними примесями. По этим показателям рассмотренные образцы соответствуют требованиям ГОСТ Р 54669-2011.

### **Список информационных источников**

1. Стелле Р. Срок годности пищевых продуктов: расчет и испытание //СПб.: Профессия. – 2006.

## ТЕХНОЛОГИЯ МЕМБРАННОГО БИОРЕАКТОРА С ПОГРУЖНЫМ МЕМБРАННЫМ МОДУЛЕМ

*Матюшенко Е. Н., Немшилова М. Ю.*

*Новосибирский государственный архитектурно-строительный  
университет (Сибстрин), г. Новосибирск*

*Научный руководитель: Амбросова Г.Т., к.т.н., профессор кафедры  
водоснабжения и водоотведения*

В последние годы, для очистки сточных вод, сбрасываемых в особо чистые или уникальные водоёмы, всё чаще применяют технологию мембранного биореактора (МБР), сочетающую процессы биологической очистки микроорганизмами и бактериями активного ила с процессами микро- или ультрафильтрации [5-7]. Технология МБР имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными процессами очистки активным илом. Основными достоинствами является значительное сокращение строительных площадей, занимаемых сооружениями биологической очистки, и, высокая степень очистки стоков практически по всем показателям [1, 3]. Благодаря этому предотвращается эвтрофирование водоёмов в тёплый период года.

Главным препятствием на пути крупномасштабного внедрения технологии МБР на очистных сооружениях канализации (ОСК) является высокая стоимость мембран и проблема регенерации мембранных элементов. Поэтому целью данной работы является решение существующей проблемы регенерации мембран и определение оптимальных технологических параметров процесса, позволяющего при минимальных эксплуатационных затратах получить стабильное и высокое качество очистки стоков.

В результате ранее проведенных исследований [2, 5] с использованием выносного половолоконного мембранного модуля были подобраны технологические параметры работы установки, изучена эффективность удаления загрязнений из стоков на стадии биологической очистки и доочистки городских стоков. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Серия исследований с использованием половолоконного мембранного модуля показала, что такие мембраны несмотря на высокое качество очистки стоков имеют существенный недостаток, суть которого заключается в значительных затратах воды на регенерацию мембраны. Расход воды на собственные нужды достигает 16% от суточной производительности установки.

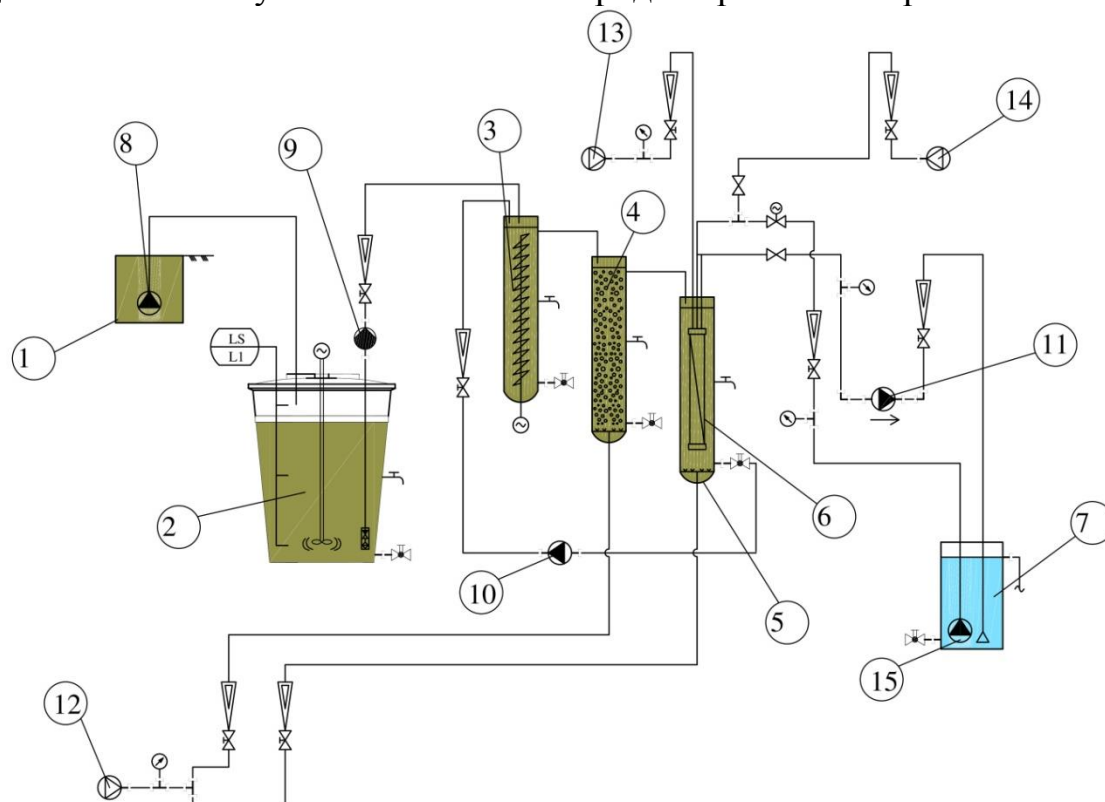
Таблица 1 Показатели качества исходной и очищенной сточной жидкости при использовании половолоконного мембранного модуля

№	Показатель	Единица измерения	Значение показателя сточной жидкости	
			исходной	очищенной
1.	Взвешенные вещества	мг/л	80 – 120	менее 2
2.	ХПК	мг/л	180 – 200	6 – 8
3.	БПК <sub>5</sub>	мг/л	150 – 180	4 – 6
4.	Азот аммония (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	мг/л	32 – 40	0,1 – 0,2
5.	Азот нитритный (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	мг/л	0,01 – 0,03	0,1
6.	Азот нитратный (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	мг/л	0,15 – 0,2	3 – 6

Тематика новых исследований связана с изучением керамических мембранных элементов, основным достоинством которых является снижение затрат на регенерацию мембраны за счёт применения комбинированного способа регенерации мембраны. Этот способ предусматривает регенерацию водой и воздухом. Модуль состоит из керамических мембран, изготовленных в Российском химико-технологическом университете им. Д. И. Менделеева (г. Москва). Для исследований взяты одноканальные керамические мембраны с наружным селективным слоем. Схема экспериментальной установки с погружным керамическим модулем приведена на рисунке 1.

Принцип действия экспериментальной установки заключается в следующем. Бак-усреднитель (2) заполняется осветлённой сточной жидкостью из первичного отстойника (1) ОСК. Концентрация загрязнений в сточной жидкости может регулироваться путём подачи в бак-усреднитель сырого осадка первичных отстойников. Для равномерного перемешивания и поддержания во взвешенном состоянии органических загрязнений в баке предусмотрена лопастная мешалка. Из бака-усреднителя сточная жидкость насосом-дозатором (9) закачивается в денитрификатор (3). Для поддержания активного ила во взвешенном состоянии в денитрификаторе установлена шнековая мешалка. Зона денитрификации предназначена для восстановления азота нитратов и нитритов до газообразных форм азота: NO, N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub> в зависимости от реакции среды. При pH более 7,3 нитриты и нитраты восстанавливаются до элементарного азота N<sub>2</sub>, при pH менее 7,3 конечным продуктом восстановления азота являются NO и N<sub>2</sub>O. Для жизнедеятельности микроорганизмов-денитрификаторов в этой зоне поддерживаются

бескислородные условия, таким образом, микроорганизмы для своего дыхания используют связанный кислород нитритов и нитратов.



- 1 – первичный отстойник; 2 – бак-усреднитель; 3 – зона денитрификации;  
 4 – зона аэрации; 5 – зона нитрификации; 6 – мембранный модуль;  
 7 – бак для сбора фильтрата; 8 – погружной насос подачи осветлённых стоков;  
 9 – насос подачи сточной жидкости в зону денитрификации; 10 –  
 циркуляционный насос; 11 – насос для откачки фильтрата; 12 – компрессор подачи  
 воздуха на биологическую очистку; 13 – компрессор для регенерации внешней  
 поверхности мембран; 14 - компрессор для подачи воздуха внутрь мембран при их  
 регенерации; 15 – насос для промывки мембранного модуля

Рисунок 1. Схема экспериментальной установки с погружным керамическим мембранным модулем

Из денитрификатора иловая смесь самотёком поступает в зону аэрации (4), где происходит окисление невостребованных в денитрификаторе органических веществ. Последним этапом биологической очистки является обработка сточной жидкости в зоне нитрификации (5), в которой происходит окисление азота аммонийного до нитритов и нитратов. Для поддержания активного ила во взвешенном состоянии, а также для создания нормальных условий жизнедеятельности микроорганизмов ила в зонах аэрации и нитрификации непрерывно нагнетается воздух, поступающий через мембранные аэраторы. Концентрация растворённого кислорода в зоне

азротенка поддерживается на уровне 2-2,5 мг/л, в зоне нитрификации 3,5-4 мг/л.

Процесс фильтрации осуществляется через мембранный модуль (6) с керамическими мембранами, погруженными в зону нитрификации, самовсасывающим насосом (11). Очищенная вода собирается в сборный бак (7), часть фильтрата используется для промывки модуля, остальная сбрасывается в канализацию. Промывка мембраны водой осуществляется насосом (15). Предусмотрена постоянная и периодическая регенерация модуля воздухом. Данные исследования также будут проводиться на натуральной сточной жидкости двух объектов: очистные сооружения канализации городов Новосибирска и Искитима (Новосибирская область).

### Список информационных источников

1. Очистка сточных вод птицефабрик с применением биомембранных технологий / Л.Н. Губанов [и др.] // Приволжский научный журнал / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород, 2010. – № 4. – С. 194 – 201.

2. Немшилова, М.Ю. Исследование процесса мембранно-биологической очистки бытовых сточных вод / М.Ю. Немшилова, В.И. Самойлов, Е.Н. Матюшенко // Водоочистка. – 2013. – № 1. – С. 17 – 21.

3. Катраева, И.В. Использование биомембранного реактора с погружными керамическими модулями для очистки промышленных сточных вод / И.В. Катраева, М.В. Колпаков, Ю.С. Кузина // Водоочистка. – 2013. – № 12. – С. 9 – 15.

4. Немшилова, М.Ю. Технология мембранного биореактора – альтернативный метод очистки бытовых сточных вод / М.Ю. Немшилова, Е.Н. Матюшенко, К.А. Разгоняева // Водоочистка. – 2014. – № 1. – С. 35 – 40.

5. G. Tchobanoglous, J. Darby, K. Bourgeois, J. McArdle, P. Genest, M. Tylla, Ultrafiltration as an advanced tertiary treatment process for municipal wastewater, *Desalination* 119 (1998) 315–321.

6. T. Stephenson, S. Judd, B. Jefferson, K. Brindle, *Membrane Bioreactors for Wastewater Treatment*, IWA Publications, London, England, 2001.

7. S. Judd, The status of membrane bioreactor technology, *Trends Biotechnol.* 26 (2008) 109–116.

## ЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЕ КАК СПОСОБ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ

*Медведев Д.О.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Романцов И.И., старший преподаватель  
кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

В современном мире большая часть окружающей человека среды обитания выражена техносферой, которая признана максимально удовлетворять его потребности в комфорте и безопасности. Вместе с тем она приносит новые опасности и негативные факторы. Поэтому обеспечение безопасности людей будет оставаться одной из актуальных тем. А направление в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (Далее – ЗЧС) перспективным. Цель данного исследования раскрыть один из основных способов по ЗЧС. Для этого необходимо выполнить ряд задач:

- Рассмотреть, что из себя представляет защита населения;
- Ознакомиться с основными поражающими факторами и способами защиты от них;
- Выбрать один из приведенных способов и раскрыть его;
- В выводе привести преимущества.

И так начну по порядку. На данном этапе развития ЗЧС представляет собой совокупность взаимосвязанных по времени, ресурсам и месту проведения мероприятий РСЧС, направленных на предотвращение или предельное снижение потерь населения и угрозы его жизни и здоровью от поражающих факторов и воздействий источников чрезвычайной ситуации[1].

Основывается на Федеральном законе от 21.12.1994 N 68-ФЗ (ред. от 08.03.2015) "О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера" (21 декабря 1994 г.). Который определяет общие для РФ организационно-правовые нормы в области защиты граждан РФ, иностранных граждан и лиц без гражданства, находящихся на территории РФ, всего земельного, водного, воздушного пространства в пределах РФ или его части, объектов производственного и социального назначения, а также окружающей среды от ЧС природного и техногенного характера [2].

**К основным поражающим факторам ЧС относятся следующие:**

- Ударная волна;



- Ионизирующее излучение;
- Заражение окружающей среды СДЯВ и РВ;
- Аэрогидродинамический фактор;
- Температурный фактор;
- Заражение окружающей среды бактериальными средствами;
- Психоэмоциональное воздействие.

### **Мероприятия (способы) по ЗЧС включают в себя[3]:**

- оповещение населения об опасности, его информирование о порядке действий в сложившихся чрезвычайных условиях;
- эвакуацию и рассредоточение;
- инженерную защиту населения и территорий;
- радиационную и химическую защиту;
- медицинскую защиту;
- обеспечение пожарной безопасности;
- подготовку населения в области ГО и защиты от ЧС и другие.

**Инженерная защита населения** - способ защиты населения в ЧС мирного и военного времени путем укрытия их в защитных сооружениях, ускоренного их создания с возникновением опасностей, а также возведения инженерных сооружений (дамб, плотин и т.п.) и проведения других инженерно-технических мероприятий[4].

**Защитное сооружение гражданской обороны (ЗС ГО)** - специальное сооружение, предназначенное для защиты населения, личного состава сил гражданской обороны, а также техники и имущества гражданской обороны от воздействий средств нападения противника и некоторых поражающих факторов[5]. Подразделяются на убежища, противорадиационные укрытия и простейшие укрытия.

### **Убежища обеспечивают защиту от действия:**

- ударной волны ядерного взрыва;
- светового излучения;
- проникающей радиации;
- излучения осадков на следе радиоактивного облака;
- отравляющих веществ;
- бактериальных (биологических) средств.

Современные убежища - сложные в техническом отношении сооружения, оборудованные комплексом различных инженерных систем и измерительных приборов, которые должны обеспечить требуемые нормативные условия жизнеобеспечения людей в течение расчетного времени.

Время перевода данных сооружений в эксплуатационное состояние не должно превышать более чем 12 ч, в то время как полная эвакуация занимает 48 ч.

Продолжительность непрерывного пребывания укрываемых в защитных сооружениях составляет 48 ч.

#### **Виды:**

1) По защитным свойствам:

- I класс -  $R_{изб}=5$  гкс/см<sup>2</sup>,  $K_{осл}=5000$ ;
- II класс -  $R_{изб}=3$  гкс/см<sup>2</sup>,  $K_{осл}=3000$ ;
- III класс -  $R_{изб}=2$  гкс/см<sup>2</sup>,  $K_{осл}=2000$ ;
- IV класс -  $R_{изб}=1$  кгс/см<sup>2</sup>,  $K_{осл}=1000$ .

2) По вместимости убежища:

- убежища малой вместимости – до 150 чел;
- средней вместимости – от 150 до 450 чел;
- большой вместимости - свыше 450 чел.

3) По месту расположения:

- встроенные - расположенные в подвальных этажах зданий;
- отдельно стоящие - расположенные вне зданий.

Кроме того, под убежища могут приспособляться заглубленные помещения (подвалы, тоннели), подземные выработки (шахты, рудники и др.).

Планировка и состав помещений в убежищах зависят от вместимости сооружения, конструктивных особенностей, характера использования в мирное время и других причин. Основными являются помещения (отсеки), где размещаются укрываемые.

В убежище должны быть места для сидения на 80 %, для лежания на 20 % укрываемых. Между сиденьями ширина проходов составляет не менее 0,85 м.

Вместимость убежища определяется исходя из нормы: не менее 0,5 кв. м площади на человека. В состав помещений убежища также входят:

- фильтровентиляционная камера;
- помещение дизельной электростанции (ДЭС);
- санитарный узел;
- тамбур;
- предтамбур.

В сооружениях большой вместимости, кроме того, могут быть медицинская комната и кладовая для продуктов. Для баков с водой и тары для мусора места выделяются отдельно.

В убежищах применяются фильтровентиляционные установки с электрическим или ручным приводом. С помощью таких установок

наружный воздух очищается от радиоактивных, отравляющих веществ и бактериальных средств и подается в убежище.

В убежище оборудуются системы водоснабжения, канализации, отопления и освещения, устанавливаются радио и телефон.

Каждое убежище должно быть оснащено комплектом средств для ведения разведки на зараженной местности, инвентарем, включая аварийный, и средствами аварийного освещения.

Необходимо постоянно следить за исправностью оборудования убежищ.

В настоящий момент благодаря решениям конструкторских задач и научно-техническому прогрессу, происходит расширение и усовершенствование данных сооружений.

К примеру, элементарный расчет посвященный системам фильтро-вентиляции:

Выбор типа убежища по вместимости производится исходя из условий экономичности. Считается, что при возведении убежищ вместимостью более 1000 человек заметно снижается стоимость строительства в расчете на одного укрываемого[7]. Поэтому за основу мною взята эта цифра.

Расход воздуха на одного человека в среднем составляет около 40 литров в минуту. Тогда 1000 человек, а с учетом допустимого переуплотнения на 10% - 1100 человек потребляют 44 тыс. литров в минуту или 2640 куб. м. в час. В то время, как максимально возможная производительность фильтров-поглотителей составляет 450 куб. м. в час. Тогда мы получаем, что для жизнеобеспечения 1100 человек нам необходимо 6 таких фильтров. А с учетом коэффициента поправки (1,5), который используется при расчете сил и средств, то мы получаем окончательный результат 9 фильтров.

Благодаря различного рода расчетам на данный момент появились проекты 5 крупнейших современных убежищ на случай ядерной войны и других глобальных катастроф:

- Vivos Shelter – подземный город на случай Конца Света;
- Плавучие острова;
- Купол над Хьюстоном;
- Убежище для серверов
- Запасная столица для Японии

Таким образом, можно сказать, что укрытие в убежищах может являться одним из широко применимых способов ЗЧС, так как обеспечивает защиту от большинства поражающих факторов. Обладает высокой надежностью, это можно было заметить, глядя на

классификацию по защитным свойствам. В сравнении с эвакуацией, является более мобильным способом защиты. За счет частично подготовки заранее, об этом свидетельствует наличие оборудования. В то время как, любой ПРВ требует сбор, перевозку, развёртывание того же самого оборудования. Решение конструкторских задач и научные достижения позволяют увеличивать одновременно количественные и качественные характеристики, приводя к разработке новых проектов.

### **Список информационных источников**

1. Федеральный закон от 21.12.1994 N 68-ФЗ (ред. от 08.03.2015) "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" (21 декабря 1994 г.)
2. ГОСТ Р 22.0.02-94: Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий.
3. <http://mchs-orel.ru/osnovnye-meropriyatiya-po-zashhite-naseleniya-ot-chs/>
4. [http://civil\\_protection.academic.ru/453/%D0%98%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F](http://civil_protection.academic.ru/453/%D0%98%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F)
5. СП 88.13330.2014 Защитные сооружения гражданской обороны. Актуализированная редакция СНиП II-11-77\*
6. [http://bgd.bti.secna.ru/v-pomosch-studentu/uchebnik\\_bgd/glava-6/6-1-zaschitnye-sooruzheniya-grazhdanskoy-oborony](http://bgd.bti.secna.ru/v-pomosch-studentu/uchebnik_bgd/glava-6/6-1-zaschitnye-sooruzheniya-grazhdanskoy-oborony)
7. <http://www.novate.ru/blogs/120314/25693/>

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ТЕРМИЧЕСКУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ И МЕХАНИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ**

*Мельникова Т.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Назаренко О.Б., д.т.н., профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

Эпоксидные полимеры обладают высокой адгезионной способностью, химической стойкостью, хорошими механическими свойствами, благодаря чему они находят широкое применение в промышленности и быту в качестве клея, для изготовления стеклопластиков, лакокрасочных покрытий, армированных пластиков, заливочных компаундов. Недостатком изделий и материалов на основе эпоксидной смолы является повышенная горючесть.

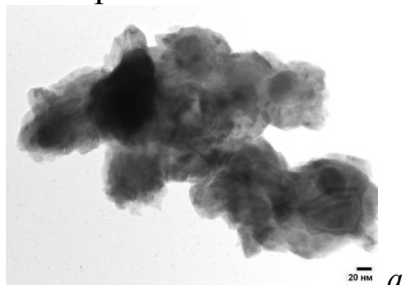
Проблема горючести полимеров и полимерных материалов является крайне актуальной в наше время. Снижение горючести достигается в основном путем модификации или введением в материал замедлителей горения [1]. Введение добавок, снижающих пожарную опасность полимерных материалов, может привести к ухудшению эксплуатационных и технологических свойств, а также удорожанию материала. Поэтому основной задачей является оптимизация комплекса характеристик создаваемого материала [2].

Целью работы является исследование термической стабильности и механической прочности эпоксидных композитов при введении в нее замедлителей горения в качестве наполнителей в высокодисперсном состоянии.

Объектом исследования являлись полимеры на основе эпоксидной смолы ЭД-20, в качестве отвердителя использовался полиэтиленполиамин (ПЭПА), а в качестве наполнителя – нанодисперсный порошок алюминия (НП Al); нанодисперсный порошок окисленной меди, полученный в среде  $\text{CO}_2$  [3] (НП Cu); высокодисперсные порошки борной кислоты  $\text{H}_3\text{BO}_3$  и природного цеолита Сахаптинского месторождения.

Полученные образцы эпоксидных композитов, а также исходные вещества исследованы методом сканирующей электронной микроскопии (JEOL JSM-7500FA, JEM-2100F, TM-3000) и термического анализа (SDT Q600). Для определения физико-механических свойств полученных композитов использовали универсальную испытательную машину GOTECH AI-7000M.

По данным электронной микроскопии (рис. 1, а) НП Al является полидисперсной системой, состоящей из частиц микрометрового (~10 мкм) и нанометрового диапазонов. Частицы НП Cu имеют рыхлую поверхность (рис. 1, б). Частицы борной кислоты  $\text{H}_3\text{BO}_3$  имеют размер менее 40 мкм и представляют собой чешуйчатые кристаллы, состоящие из плоских слоев толщиной приблизительно 100 нм (рис. 1, в).



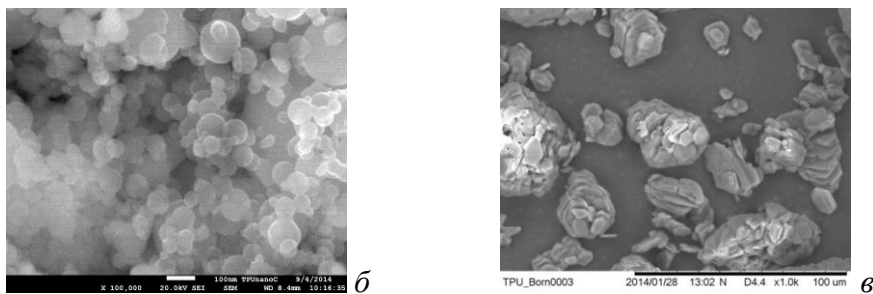


Рис. 1. Микрофотографии нанопорошка алюминия (а), меди (б), микропорошка борной кислоты (в)

На рис. 2 приведены графики зависимости остаточной массы образцов от концентрации наполнителя борной кислоты (0, 5, 10 и 15 %) и температуры. С увеличением концентрации наполнителя остаточная масса в ходе термоокислительной деструкции увеличивается.

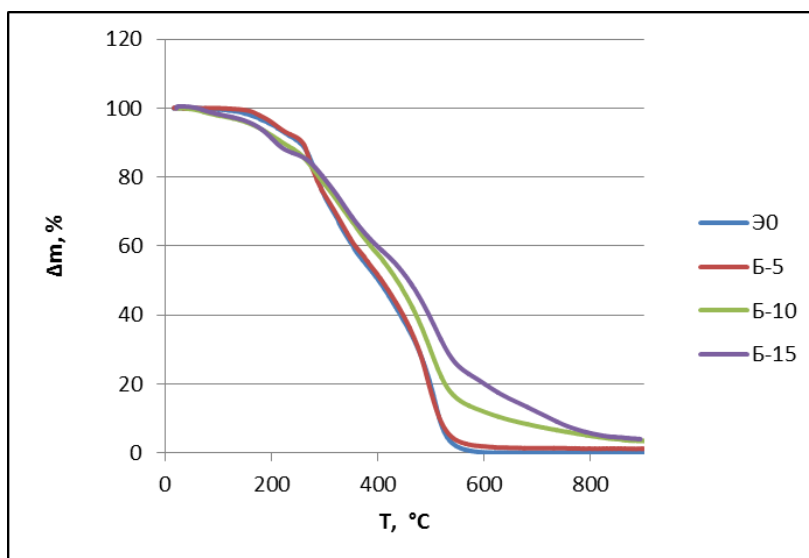


Рис. 2. Зависимости остаточной массы образцов от концентрации и температуры

Из анализа результатов термических испытаний можно судить о положительном влиянии наполнителей на термическую стабильность эпоксидных полимеров. По графику (рис. 3) видно, что наибольшую термическую стойкость имеет образец ЭАБЦ (5 % НП Al, 10 %  $H_3BO_3$  и 1 % цеолита). При температуре 600 °C (температура окончания основной стадии термоокислительной деструкции) он имеет наибольшую остаточную массу 14,6 мас. %.

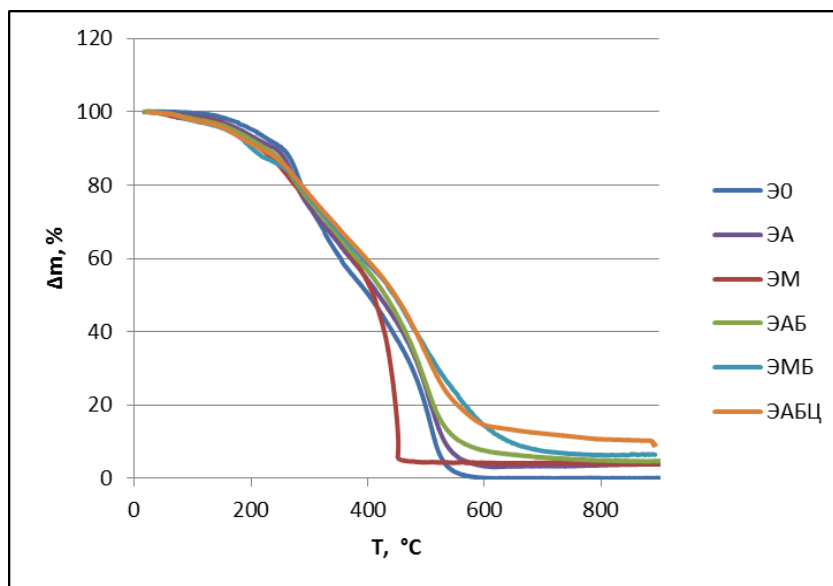


Рис. 3. Зависимости остаточной массы образцов от температуры и наполнителя: Э0 – эпоксидная смола, ЭА – эп. смола с НП Al (5%), ЭМ – эп. смола с НП Си (5%), ЭАБ – эп. смола с НП Al (5%) и  $H_3BO_3$  (10%), ЭМБ – эп. смола с НП Си (5%) и  $H_3BO_3$  (10%), ЭАБЦ – эп. смола с НП Al (5%),  $H_3BO_3$  (10%) и цеолитом (1%)

В табл. 1 представлены результаты механических испытаний. С увеличением концентрации наполнителя борной кислоты до 10 % физико-механические характеристики улучшаются. Растет модуль упругости и максимальная сила. Но при концентрации наполнителя 15 % механические характеристики образца резко падают. Использование нанопорошка положительно влияет на механические характеристики. Образец с совместным использованием нанопорошка Al (5%) и микродисперсного порошка  $H_3BO_3$  (10%) лучше противостоит деформации, чем образец с НП Al. Введение в полимер нанодисперсных частиц алюминия обеспечивает формирование мелкокристаллической и менее дефектной структуры полимера, что способствует улучшению сшивок молекул эпоксидной смолы.

Таблица 1

Результаты механических испытаний

№ п/п	Наполнитель	Модуль упругости, МПа	Максимальная сила, кгс
1	Эпоксидный полимер	569,33	8,90
2	Эп. полимер + 5% $H_3BO_3$	623,20	9,36
3	Эп. полимер + 10% $H_3BO_3$	901,53	9,48
4	Эп. полимер + 15% $H_3BO_3$	424,78	7,61
5	Эп. полимер + 5%НП Al	1248,12	11,90

6	Эп. полимер + 5%НП Al + 10%Н <sub>3</sub> ВО <sub>3</sub>	1380,01	11,11
---	--	---------	-------

По результатам, полученным в работе, можно сделать вывод, что наполнитель, ортоборная кислота, концентрацией до 10%, не только снижает горючесть эпоксидных композитов, что приводит к уменьшению количества летучих продуктов, но и улучшает физико-механические характеристики полимера. При совместном использовании наполнителей можно наблюдать еще более выгодное улучшение термических и механических характеристик.

### Список информационных источников

- 1.Кодолов В.И. Замедлители горения полимерных материалов. – М.: Химия, 1980. – 274 с.
- 2.Берлин А.А. Горение полимеров и полимерные материалы пониженной горючести // Химия. – 1996. – №9 – С. 57-63.
- 3.Амелькович Ю.А., Назаренко О.Б., Сечин А.И. Контроль термической устойчивости нанодисперсных металлов // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 13. – С. 192-195.

### ОЦЕНКА ДЕТОКСИЦИРУЮЩЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГУМИНОВЫХ И ГИМАТОМЕЛАНОВЫХ КИСЛОТ С ПОЛИАРОМАТИЧЕСКИМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ В ВОДНЫХ СРЕДАХ НА ПРИМЕРЕ ФЕНАНТРЕНА

<sup>1</sup>Мирзобекзода М.П., <sup>2</sup>Мальцева Е.В., Шеховцова<sup>1</sup>Н.С.

<sup>1</sup>Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Институт химии нефти Сибирского отделения РАН

Научный руководитель: Шеховцова Н.С., к.х.н., доцент кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – органические соединения, представляющие особый интерес из-за их токсичных и канцерогенных свойств [1]. Фенантрен, типичный представитель ПАУ, антропогенными источниками поступления которого в окружающую среду являются каменноугольная смола, нефть и продукты ее переработки, сигаретный дым и т.п. Длительный контакт с фенантреном приводит к снижению содержания гемоглобина в крови и вызывает лейкоцитоз [2].



В настоящее время для очистки воды от фенантрена и его аналогов в основном используются окислительные методы, которые являются достаточно энергозатратными и дорогостоящими [3]. В связи с этим особое внимание уделяется разработкам методов очистки воды от органических загрязнителей на основе различных природных соединений, таких как гуминовых кислот. Гуминовые кислоты (ГК) это природные соединения, являющиеся хорошими детоксикантами по отношению к органическим загрязнителям. В ряде работ было показано, что механоактивация (МА) модифицирует состав и свойства гуминовых кислот, усиливая их детоксицирующую способность [4,5]. Однако представляет огромный интерес изучение влияния механоактивации на детоксицирующие способности спирторастворимой фракции ГК–гиматомелановые кислоты (ГМК) обладающие по-своему уникальной физиологической активностью.

В связи с этим цель нашей работы заключалась в количественной оценке взаимодействия фенантрена с модифицированными ГК и ГМК в водной среде.

Объектами исследования являлись ГК и ГМК, выделенные из исходного переходного торфа Томской области (1), механоактивированного без реагентов (2) и механохимически модифицированного в присутствии тиомочевины (3). Влияние модификации на состав и кислотно-основные свойства ГК и ГМК было изучено методами  $^1\text{H}$  ЯМР – спектроскопии и потенциометрического титрования.

В таблице 1 представлены данные, свидетельствующие об изменениях фрагментного состава ГК и ГМК после механохимической модификации. Согласно полученным данным, модификации приводит к увеличению доли  $\text{H}_{\text{Ar}}$  и  $\text{H}_{\alpha}$  в ряду ГМК  $\text{MA}+\text{CS}(\text{NH}_2)_2>\text{MA}>\text{исх.}$ , что свидетельствует о возрастании ароматических фрагментов и числа заместителей при кольце. При этом снижается доля  $\text{H}_{\gamma}$  в алкильных цепях почти в три раза по сравнению с исходным образцом, что подтверждает разрыв С-С связей в процессе механохимической обработки.

Таблица 1. Фрагментный состав модифицированных фракций гуминовых кислот торфа по данным  $^1\text{H}$  ЯМР-спектроскопии

Образец	Содержание водорода в структурных фрагментах, %				
	$\text{H}_{\text{Ar}}$	$\text{H}_{\alpha}\text{-C-Ar,}$ $\text{H}_{\alpha}\text{-C=C-}$	$\text{H}_{\beta}\text{-C-}$ $\text{C=C-}$	$\text{H}_{\gamma}\text{-C-R}$	$\text{H}_{\text{углевод.}}$
Гуминовые кислоты					
Исходный (1)	25,2	18,7	15,1	6,1	34,9
МА (2)	23,93	16,05	14,75	6,88	38,38
МА+CS(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (3)	33,55	15,15	12,98	8,36	29,96
Гиматомелановые кислоты					
Исходный (1)	17,32	11,41	14,2	18,8	38,27
МА (2)	28,83	13,85	20,31	6,6	30,41
МА+CS(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (3)	32,2	15,5	16,77	6,7	28,82

Увеличение доли ароматических фрагментов в структуре ГК и ГМК может способствовать их сродству к ПАУ и усиливать детоксицирующие свойства.

Таблица 2. Содержание кислородсодержащих функциональных групп и кажущиеся константы диссоциации модифицированных фракций ГК торфа

Образец	Количество кислородсодержащих групп, мг-экв/г	$\text{pK}_{1\text{д}} - \text{CnCOOH}$	$\text{pK}_{2\text{д}} - \text{ArCOOH}$	$\text{pK}_{3\text{д}} - \text{ArOH}$
Гуминовые кислоты				
Исходный (1)	$10.2 \pm 0.1^*$	5.16	8.71	10.43
МА (2)	$9.80 \pm 0.2$	5.56	8.98	11.16
МА+CS(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (3)	$15.2 \pm 0.3$	5.26	9.21	11.27
Гиматомелановые кислоты				
Образец (1)	$11.8 \pm 0.2$	5.65	9.1	11.29
МА (2)	$9.00 \pm 0.1$	5.38	8.73	11.4
МА+CS(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (3)	$14.2 \pm 0.1$	5.83	8.96	11.23

\*- указан доверительный интервал,  $m = 3$ ,  $P = 0,95$

Как видно из таблицы 2, использование тиомочевины в качестве модифицирующего реагента приводит к увеличению количества кислотных групп, что связано с окислением воздухом в процессе механохимической модификации торфа. Также из таблицы следует, что модификация структуры объектов приводит к увеличению констант диссоциации функциональных групп фрагментов ГК, ослабляя их

кислотные свойства и увеличивая их гидрофобность в водных растворах.

Для количественной оценки взаимодействия фенантрена с модифицированными ГК и ГМК в водной среде использовался метод молекулярной спектрофотометрии. В ходе эксперимента проводилось сравнение оптических плотностей стандартного и исследуемого раствора. Для этой цели готовилась серия водноспиртовых стандартных растворов фенантрена в диапазоне концентраций  $C_0(\text{фен})$  от  $0,5 \times 10^{-4}$  до  $4 \times 10^{-4}$  г/л. Все измерения проводились на спектрофотометре Agilent Cary Win при длине волны от 190 до 400 нм и толщины кюветы равной 1 мм. Далее в исследуемый раствор с известной концентрацией фенантрена добавляли различные образцы ГК и ГМК с концентрацией 0,01 г/л и определяли оптическую плотность при той же длине волны.

Математическую обработку полученных спектров, включающую стадии сглаживания и учета базовой линии, осуществляли с помощью программы Assayer.

На рисунке 1 показан скриншот программы Assayer при проведении базовой линии после процедуры сглаживания.

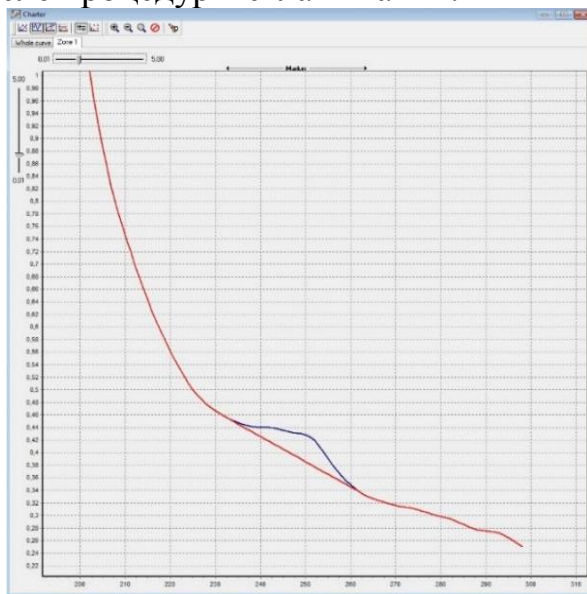


Рис. 1. Проведение базовой линии для УФ-спектра системы фенантрена ( $3 \times 10^{-4}$  г/л) и ГК1

После этого концентрация фенантрена, поглощенная молекулами ГК и ГМК (табл. 3), определялась по следующей формуле:

$$C_{abs}(\text{fen}) = 100 \cdot \left[ 1 - \frac{A_x}{A_0} \right],$$

где  $A_0$  – оптическая плотность стандартного водно-спиртового раствора фенантрена при длине волны 250 нм,  $A_x$  – оптическая

плотность водно-спиртового раствора фенантрена с добавлением ГК при длине волны 250 нм.

Таблица. 3. Результаты расчета поглощенной концентрации фенантрена гуминовыми кислотами

C <sub>0</sub> (фен) ×10 <sup>4</sup> , г/л	C <sub>абс</sub> (фен), %					
	ГК1	ГК2	ГК3	ГМК1	ГМК2	ГМК3
0,5	42,85±0,5*	66,65±0,3	86,67±0,2	71.43±0,4	88.88±0,5	86.66±0,5
1	40,91±0,4	57,89±0,4	61,04±0,3	54.54±0,2	63.16±0,5	53.25±0,3
2	27,50±0,5	30,00±0,4	39,24±0,2	32.50±0,6	47.50±0,2	40.50±0,4
3	21,21±0,5	28,12±0,6	38,28±0,4	22.73±0,5	31.25±0,4	28.12±0,3
4	17,99±0,6	20,69±0,5	26,70±0,4	17.98±0,2	25.28±0,1	23.86±0,2

\*- указан доверительный интервал, m =3, P= 0,95

Таблица 3 показывает, что применение МА увеличивает связывающую способность ГК по отношению к фенантрону в ряду ГК3>ГК2>ГК1. Применение тиомочевины в качестве модифицирующего агента обеспечивает наибольшее поглощение фенантрена при C<sub>0</sub> = 0,5×10<sup>-4</sup> г/л образцом ГК3 до 86.67 % по сравнению с ГК1 (42.85%). В ряду ГМК наибольшее поглощение наблюдается для образца ГМК2 (88.88%). При возрастании концентрации фенантрена в растворах с ГК и ГМК остаточная доля токсичного вещества в растворе увеличивается, что указывает на ограниченную поглощающую способность ГК и ГМК.

Таким образом, МА структуры ГК торфа в присутствии тиомочевины обеспечивает возрастание гидрофобности структуры макромолекул, увеличение количества и доступности ароматических фрагментов, принимающих участие во взаимодействии с различными ПАУ. На примере фенантрена смоделирована система и проведена количественная оценка взаимодействия ГК и ГМК с ПАУ. Результаты показали, что исходные образцы фракции ГМК обладают повышенной связывающей способностью по отношению к ПАУ по сравнению с ГК.

### Список информационных источников

- 1.NeffJ.M. Polycyclic Aromatic Hydrocarbon in the Aquatic Environment. 1979, Applied Sci. Pub. LTD, London, p. 266.
- 2.Klar E. Polycyclic Hydrocarbons. –Moscow.: «Chemistry», 1971. V 1. 442 p.
- 3.Shiyan L.N. The chemistry of water. The water conditioning. –Tomsk: Tomsk Polytechnic University, 2004. – 72 p.
- 4.Maltseva E.V., Filatov D.A., Yudina N.V., Chaikovskaya O.N. Role of humic acids of peat in detoxication of tebuconazole// Solid fuel chemistry.-2011.-№1. –p. 65-69

5.Maltseva E.V., Yudina N.V., Chaikovskaya O.N. et al. Association constant of modified humic acids with triazoles-cyproconazole and tebuconazole series of biocides // Journal of Physical Chemistry. – 2011. – Т. 85. - №9.- p. 1676 – 1679

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КИСЛОТНОСТИ ФТОРАНГИДРИТА НА ПРОЧНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

*Мурашкина Ю.С.*

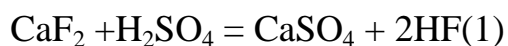
*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Цыганкова Т.С., к.т.н., доцент кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

На сегодняшний день производство строительных материалов и изделий с использованием ресурсосберегающих и энергоэффективных методик является одной из значимых задач строительной отрасли. Нарастающая потребность в вяжущих и материалах, соответствующих современным требованиям надежности, долговечности, эффективности и безопасности, стимулирует ускорить выполнение данной задачи. Необходимо вовлекать в производство сульфаткальциевые отходы фтороводородного производства. Существует несколько способов переработки сульфаткальциевых отходов: получение извести и серной кислоты, гипсового вяжущего, ангидритового вяжущего, регулятора сроков схватывания цемента. Материалы, получаемые с использованием вяжущих относят к эффективным строительным материалам за экономичность и малую энергоемкость производства.

Использование составов на основе гипса обусловлено множеством положительных свойств, присущих только данной группе вяжущих. Прежде всего, это отсутствие усадочных деформаций, быстрый набор прочности, хорошие тепло– и звукоизолирующие свойства, хорошая огнестойкость. С учетом того, что составы используются во внутренних работах, то к свойствам добавляются хорошие экологические характеристики и высокая воздухопроницаемость. Кроме того, гипсовые стеновые изделия, по сравнению с другими материалами (кирпич, железобетон) отличаются меньшей массой. Широкое использование вяжущих при строительстве малоэтажных зданий может значительно увеличить количество жилой площади и обеспечить необходимую безопасность для человека. Данное исследование посвящено определению оптимальной кислотности, при которой прочность сульфаткальциевых отходов будет максимальной.

Твердый сульфаткальциевый отход или фторангидрит – это побочный продукт в технологии получения фтороводорода. В технологии используется сернокислотное разложение плавикового шпата (CaF<sub>2</sub>) с образованием безводного сульфата кальция (CaSO<sub>4</sub>) по реакции 1.



Фторангидрит – твердый отход фтороводородного производства, представляет собой гранулообразный материал серого цвета. Нейтрализованный фторангидрит обладает вяжущими свойствами, т.е. после затворения водой имеет свойство схватываться и образовывать камень. Вяжущим материалом по фторангидриту является водорастворимый сульфат кальция. Химический и гранулометрический состав фторангидрита, полученного на различных производствах представлен в таблице 1.

Таблица 1

Химический и гранулометрический состав фторангидрита

Наименование предприятия	Содержание, %			
	CaSO <sub>4</sub>	CaF <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HF
1. Южно-Уральский криолитовый завод	82,0-95,0	3,0	15	-
2. Полевской криолитовый завод	82,0-95,0	3,0	15	-
3. Пермский ОАО «ГалоПолимер»	82,0-98,4	0,6-3,0	1-15	-
4. Кирово-Чепецкий «Химпром»	82,0-95,0	3,0	15	-
5. Ангарский завод фтористого водорода	85,5-98,0	0,8-2,5	0,8-10	0,01-0,2
6. Усть-Каменогорский завод фтористого алюминия	80,2-95,4	1,5-3,0	3,0-16,0	0,1-0,8
7. Сибирский химический комбинат	88,5-98,2	0,5-1,8	0,5-10	0,01-0,2

Для проведения испытаний использовали фторангидрит, отобранный из нескольких партий фтороводородного производства АО «Ульбинский металлургический завод», г. Усть-Каменогорск, Республики Казахстан.

Лабораторные исследования проводились по следующей методике.

Учитывая гранулометрический состав фторангидрита, необходимо его предварительное измельчение, до размера гранул менее 0,315 мм. Измельчение в лабораторных условиях проводилось с помощью ступки и пестика, с последующим просеиванием через лабораторное сито.

Навеску 5 г подготовленного фторангидрита помещали в лабораторную колбу, добавляли 25 мл дистиллированной воды и тщательно перемешивали. После отстаивания добавляли негашёную известь – CaO порциями по 0,1 г для нейтрализации раствора.

Кислотность полученного раствора проверяли с помощью индикаторной лакмусовой бумаги. Таким образом, определяли необходимое количество нейтрализатора для фторангидрита из каждой партии. Для расчета кислотности использовалась найденная масса нейтрализатора. В опыте участвовали образцы с кислотностью равной 14%, 18%, 22%, 24%.

Для исследования прочностных характеристик ангидритового вяжущего, нейтрализованный фторангидрит затворяли водой и полученной смесью заполняли металлические формы кубиков. Через 1 сут. твердения формы разбираются, и образцы оставляют набирать прочность до возраста 7 сут. После чего проводили испытания образцов на прочность при сжатии с использованием прессы. Результаты исследования представлены на рисунке 1.

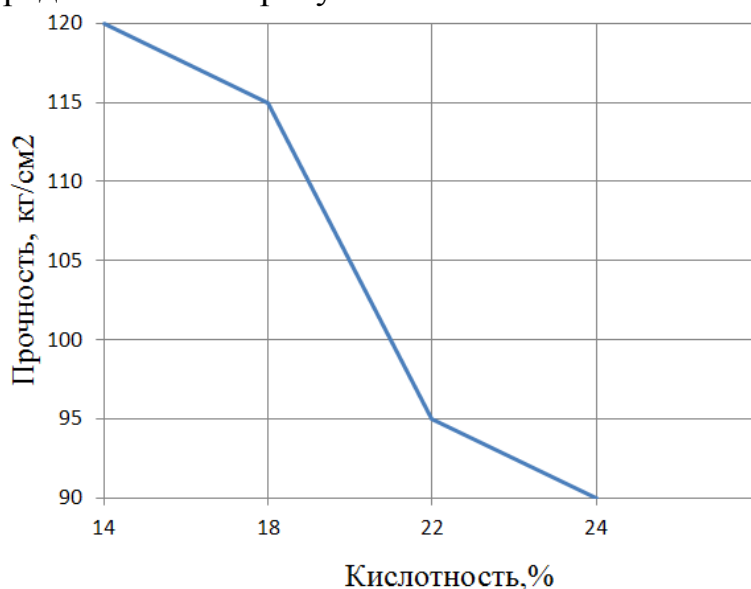


Рис.1. График зависимости прочности ангидритовых образцов от кислотности фторангидрита.

Проанализировав данные на графике, можно сделать вывод о том, что оптимальная прочность соответствует 14–16% кислотности фторангидрита, что требует дальнейшего исследования.

### Список информационных источников

1. Федорчук Ю. М., Цыганкова Т. С. Разработка способов снижения воздействия фтороводородных производств на окружающую среду // 2014. – № 2. – С. 5 – 12.

2. Петропавловская В.Б., Новиченкова Т.Б., Доманская И. К. К вопросу уточнения прессованных гипсовых материалов. // Строительство и архитектура. – 2010 – № 10. – С. 46.

3. Аникова Л. А., Эффективность использования фторангидрита в производстве стеновых и отделочных материалов. // Вестник ТГАСУ. – 2015 – №1. – С. 165.

## **РАЗВИТИЕ ТЕХНОПРИРОДНЫХ И ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ТОМСКА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

*Павлов А. А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Крепша Н.В. к.г.-м.н., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В последние годы на территории г. Томска активно развиваются опасные природные и техно-природные процессы, представляющие реальную угрозу не только зданиям и сооружениям, но и самой жизни людей. На их развитие большое влияние оказывают техногенные факторы, которые привели к активизации опасных процессов. Немаловажное значение имеет уплотненная застройка городской территории, которая до последнего времени велась без учета развития опасных процессов. Все это приводит к нарушению динамического равновесия в эксплуатации природно-технических систем и возникновению чрезвычайных ситуаций. В связи с этим выявление закономерностей развития опасных процессов и оценка устойчивости природно-технических систем имеет исключительно актуальное значение.

### **ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ Г.ТОМСКА**

#### **1.Методологические подходы изучения природно-техногенных факторов развития опасных процессов**

В процессе исследований устанавливались закономерности распространения опасных процессов на территории г.Томска и оценивалось влияние на их развитие следующих компонентов геологической среды:

- геологического строения;
- геоморфологических условий;



- гидрогеологических особенностей;
- состава, состояния и физико-механических свойств грунтов;
- физико-географических особенностей.

В последние годы все большее влияние на состояние геологической среды и устойчивость природно-технических систем оказывает техногенные факторы. Это прежде всего касается строительства объектов на оползнеопасных территориях и пригрузки склонов, что является одной из главных причин активизации оползневых процессов.

Таким образом, совместное действие природных и техногенных факторов приводит к развитию оползневых процессов, представляющих угрозу не только зданиям и сооружениям, но и самой жизни людей.

## **2. Особенности геологического строения территории г.Томска**

В тектоническом отношении территория г.Томска расположена на сочленении Колывань-Томской складчатой зоны и юго-восточной части Западно-Сибирской плиты. Городская территория находится на юго-западной окраине Притомской глыбы, надвинутой на верхнепермские отложения Кузбасса.

## **3. Гидрогеологические условия**

Гидрогеологические условия г.Томска определяются особенностями геологического строения территории, наличием развитой речной сети и наличием большого количества водонесущих коммуникаций.

Среди водоносных комплексов и горизонтов наибольшее влияние на территории г.Томска оказывают подземные воды и техногенные водоносные горизонты. Наличие последних приводит к подтоплению значительной части городской территории, замачиванию грунтовых оснований, резкому снижению их прочности и устойчивости.

## **4. Геоморфологические особенности территории**

В пределах городской территории широким развитием пользуется овражная сеть, обусловленная перераспределением поверхности стока со стороны Томь-Яйского водораздела. Овраги наиболее развиты в пределах уступа Томь-Яйского водораздела. Большинство из них находились в активной стадии развития. Они имеют глубоко врезы днища с крутыми и обрывистыми склонами глубиной до 10-30 м. К некоторым из этих оврагов приурочены улицы: Учебная, Октябрьский взвоз, Кузнечный взвоз и другие.

## **5. Климатические и гидрологические условия**

Климат г.Томска определяется его положением в пределах юго-восточной части Западной Сибири и характеризуется как резко-континентальный, с коротким теплым летом и продолжительной холодной зимой. Для данной территории характерны резкие изменения элементов погоды в течение коротких промежутков времени (часы, сутки). Они зависят от сложной циркуляции воздушных масс и прохождением циклонов над Западно-Сибирской низменностью.

## **6. Техногенные факторы развития опасных процессов.**

На территории г.Томска источниками техногенных воздействий являются:

- строительство различных объектов в городской черте;
- эксплуатация объектов, жилых домов, водонесущих коммуникаций;
- утечки воды из водонесущие коммуникации;
- пригрузка склонов при строительстве зданий и сооружений на оползнеопасных территориях;
- динамические нагрузки, передаваемые от движущегося транспорта, на грунтовые массивы;
- техногенное подтопление территорий;

Большое влияние на состояние геологической среды оказывает массовая застройка территорий с применением свайных фундаментов. [2], [3].

## **ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ТОМСКА**

### **2.Особенности методики изучения опасных процессов**

Выбор и применение тех или иных методов изучения природных опасностей, как отмечают В. И. Осипов, Ю. А. Мамаев, основываются на следующих принципиальных положениях:

- комплексность изучения природных опасностей;
- историко-генетический подход, учитывающий условия формирования опасных природных процессов и явлений и историю их развития;
- системный подход при изучении природных опасностей, позволяющий рассматривать любой природный процесс как сложную многофакторную и многокомпонентную систему, элементы которой тесно связаны и взаимообусловлены. [1].

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Геоэкологические проблемы урбанизированных территорий приобретают в наше время глобальный характер. Решение этих проблем применительно к городу Томску дается на основе комплексного системного подхода к изучению опасных природных и техноприродных процессов, выявлению закономерностей их развития, учету состояния геологической среды и уровня инженерной защиты территории при оценке устойчивости природно-технических систем.

Среди техногенных факторов решающее значение имеют техногенное обводнение грунтов за счет утечек из водонесущих коммуникаций, пригрузка и подрезка склонов при застройке территории.

Среди выделенных типов грунтов наименьшей прочностью и устойчивостью обладают водонасыщенные песчано-глинистые грунты неоген-палеологических отложений.

Для повышения устойчивости и надежности эксплуатации ПТС требуется внедрение комплекса мероприятий по инженерной защите территорий.

В очень опасных зонах наблюдается активное развитие оползневых процессов, приводящих к нарушению динамического равновесия в эксплуатации ПТС и возникновению чрезвычайных ситуаций. Строительство любых объектов здесь должно быть запрещено, а основное внимание уделено внедрению мероприятий и проектов инженерной защиты территорий.

Для территории г. Томска разработаны и реализуются целевые комплексные программы мониторинга природно-технических систем, которым предусмотрены наблюдения за их компонентами с применением спутниковой аппаратуры и геофизического магнитометрического метода за развитием глубинных оползневых процессов.

### **Список информационных источников**

1. Гуломян К.А., Кюнтель В.В., Постоев Г.П. Прогнозирование оползневых процессов. - М: Недра, 1977. - 135 с.

2. Ольховатенко В.Е. Проблемы защиты территорий г. Томска и других населенных мест Томской области от опасных природных и техногенных процессов. Материалы научно-практической конференции. - Томск: Изд-во ТГАСУ, 1998 - 112 - 116 с.

3.Ольховатенко В.Е., Полищук А.И., Щербак Г.Г. Геоэкологические исследования территории г.Томска. Материалы научно-методической конференции, посвященной 85-летию В.Д.Ломтадзе. - Санкт- Петербург: Изд-во С-ПГТУ, 1988. - 186 - 187 с.

## МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ПОКАЗАНИЙ pH ПРИ ХРОНОМЕТРИЧЕСКОМ КУЛОНОМЕТРИЧЕСКОМ ТИТРОВАНИИ

*Плотникова В. В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Кагиров А.Г., к.т.н., старший преподаватель кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

Водородный показатель (pH) характеризует концентрацию свободных ионов водорода, содержащихся в воде. Он представляет собой десятичный логарифм концентрации ионов водорода, взятого с обратным знаком, т.е. [2]

$$pH = -lg[C^{H^+}] \quad 1)$$

Вода является слабым электролитом и диссоциирует по уравнению:



Ионное произведение воды:

$$K_W = 10^{-14} \quad 3)$$

В чистой воде

$$[H^+][OH^-] = 1 \cdot 10^{-14} \quad 4)$$

тогда

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ моль/л} \quad 5)$$

При растворении в воде веществ любой природы остается неизменным. [1]

Следовательно, концентрация ионов гидроксила:

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} \quad 6)$$

Согласно закону Фарадея, количество выделившегося вещества на электродах равно:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{Q}{F \cdot z} \quad 7)$$

Исходя из всего выше изложенного следует решить уравнение вида:

$$\left(10^{-pH} + \frac{Q}{F \cdot V} - x\right) \cdot \left(\frac{10^{-14}}{10^{-pH}} - x\right) = 10^{-14} \quad 8)$$

Где:  $10^{-pH}$  – исходная концентрация ионов  $H^+$ ;

$\frac{Q}{F \cdot V}$  – концентрация ионов  $H^+$  после пропускания электрического заряда;

$10^{-14}$  – ионное произведение воды;  $x$  – конечная концентрация ионов  $H^+$  после проведения реакции.

Изначально сделаем замену:

$$10^{-pH} = A \quad 9)$$

$$\frac{Q}{F \cdot V} = B \quad 10)$$

Получим:

$$(A + B - x) \cdot \left(\frac{10^{-14}}{A} - x\right) = 10^{-14} \quad 11)$$

Раскрывая скобки получим:

$$10^{-14} + \frac{10^{-14} \cdot B}{A} - \frac{10^{-14} \cdot x}{A} - x \cdot A - B \cdot x + x^2 - 10^{-14} = 0 \quad 12)$$

Группируем подобные слагаемые:

$$x^2 - \left(\frac{10^{-14}}{A} + A + B\right) \cdot x + \frac{10^{-14} \cdot B}{A} = 0 \quad 13)$$

Далее решаем квадратное уравнение:

$$D = \left(\frac{10^{-14}}{A} + A + B\right)^2 - 4 \cdot \frac{10^{-14} \cdot B}{A} \quad 14)$$

$$= \frac{10^{-28}}{A^2} + A^2 + B^2 + 2 \cdot \frac{10^{-14}}{A} \cdot A + 2 \cdot A \cdot B + 2$$

$$\cdot \frac{10^{-14}}{A} \cdot B - 4 \cdot \frac{10^{-14} \cdot B}{A}$$

$$= (A + B)^2 - 2 \cdot \frac{10^{-14}}{A} \cdot B + 2 \cdot 10^{-14} + \frac{10^{-28}}{A^2}$$

$$= 2 \cdot 10^{-14} \cdot \left(1 - \frac{B}{A}\right) + \frac{10^{-28}}{A^2} + (A + B)^2$$

Находим корни квадратного уравнения:

$$x_{1,2} = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{10^{-14}}{A} + A + B \right. \\ \left. + \sqrt{2 \cdot 10^{-14} \cdot \left(1 - \frac{B}{A}\right) + \frac{10^{-28}}{A^2} + (A + B)^2} \right) \quad 15)$$

Делаем обратную замену:

$$x_{1,2} \\ = \frac{1}{2} \left( \frac{10^{-14}}{10^{-pH}} + 10^{-pH} + \frac{Q}{F \cdot V} \right. \\ \left. \pm \sqrt{2 \cdot 10^{-14} \cdot \left(1 - \frac{Q}{F \cdot V \cdot 10^{-pH}}\right) + \frac{10^{-28}}{(10^{-pH})^2} + \left(10^{-pH} + \frac{Q}{F \cdot V}\right)^2} \right) \quad 16)$$

Исходя из (1) получим:

$$pH \\ = -\lg \left( \frac{1}{2} \left( \frac{10^{-14}}{10^{-pH}} + 10^{-pH} + \frac{Q}{F \cdot V} \right. \right. \\ \left. \left. \pm \sqrt{2 \cdot 10^{-14} \cdot \left(1 - \frac{Q}{F \cdot V \cdot 10^{-pH}}\right) + \frac{10^{-28}}{(10^{-pH})^2} + \left(10^{-pH} + \frac{Q}{F \cdot V}\right)^2} \right) \right) \quad 17)$$

Решив данное уравнение, получим график (рис.1) зависимости водородного показателя (рН) от количества электричества, пропущенного через воду.

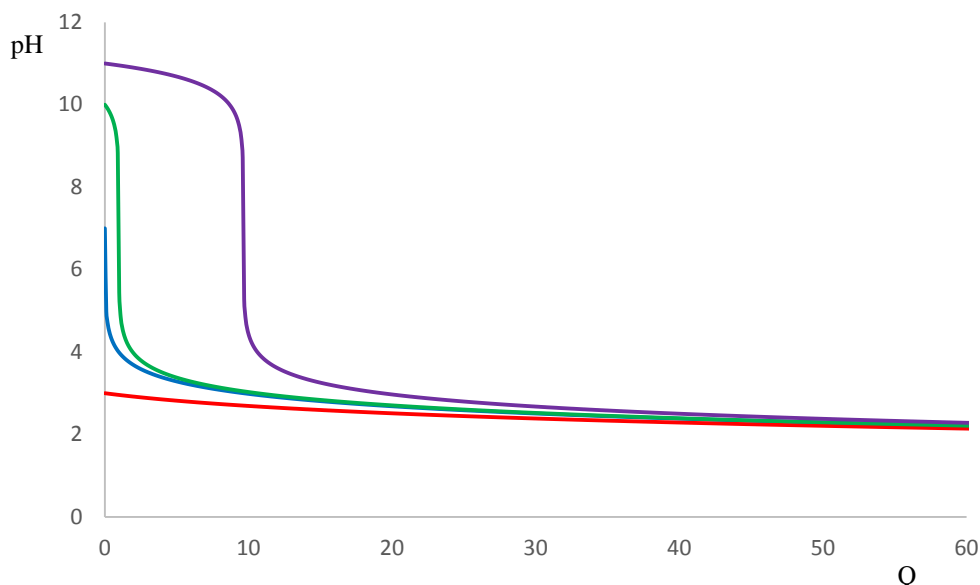


Рис.1. График зависимости значений pH от количества электричества  
 График предоставлен для начальных значений pH равных 3, 7, 10,  
 11.

### Список информационных источников

1.А.И. Хлебников, И.Н. Аржанова, О.А. Напилкова. Общая химия. Учебное пособие. Электронный читальный зал. Произведение растворимости. Водородный показатель. // URL: [http://www.chem-astu.ru/chair/study/genchem/r4\\_3\\_2.htm](http://www.chem-astu.ru/chair/study/genchem/r4_3_2.htm)

2.CHEMISTRY. Ионное произведение воды. Водородный показатель. // URL: [http://himya.ru/ionnoe\\_proizvedenie\\_19\\_35.html](http://himya.ru/ionnoe_proizvedenie_19_35.html)

### К РАЗРАБОТКЕ МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ ПРИ УСТОЙЧИВОМ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ПОЛИГОНА ТОКСИЧНЫХ ОТХОДОВ

*Пономарев А.А., Долдин И.Н.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Сечин А.И., д.т.н., профессор кафедры  
 экологии и безопасности жизнедеятельности*

В современном мире увеличилось количество бытовых, промышленных и токсичных отходов. Это связано с ростом инфраструктуры городов, увеличением населения и новых технологий. В связи с этим возрастает угроза загрязнения окружающей среды, роста

количества онкологических заболеваний среди населения, возникновения чрезвычайных ситуаций.

Токсичные отходы по своим химическим и физическим свойствам не могут быть в полном объеме утилизированы с точки зрения безопасности окружающей среды. Для решения этой проблемы возникла необходимость создания региональных полигонов по обезвреживанию и захоронению не утилизируемых токсичных отходов.

Полигоны являются природоохранными сооружениями по сбору, хранению, обезвреживанию и утилизации отходов.

Одним из таких примеров является Томский полигон токсичных отходов ОАО «Полигон». В настоящее время Томский полигон не имеет конкурентов, в связи с тем, что он единственный в Сибирском федеральном округе. Все токсичные отходы с ближайших регионов утилизируют на этом полигоне[1].

Целью данной работы ставилось определение подходов к разработке метода управления риском при обеспечении безопасности технологических процессов полигона токсичных отходов.

В настоящее время не все производственные сооружения полигона введены в эксплуатацию. После проведения ряда пуско-наладочных работ приточно-вытяжной вентиляции, светильников дневного света и получения разрешения контролирующих органов на соответствие требований СанПин, данные сооружения вводятся в эксплуатацию [2].

Полигон токсичных отходов представляет серьезную биологическую и экологическую угрозу для окружающей среды и для населения города Томска.

Анализ участка утилизации автопокрышек, по результатам осмотра, показал, что автомобильные покрышки, сжигаемые на полигоне, могут явиться одной из причин высокого роста онкологических заболеваний у жителей города Томска, через фактор – загрязнение атмосферы. Так как от горящих покрышек в воздух выделяются опасные для человека вещества: бензапирен, канцерогенная сажа, тяжелые металлы, смолы, у человека, попавшего в поле загрязнений, происходит раздражение бронхов, в результате чего можно получить сильное отравление.

Так как преобладающим фактором в Томске являются юго-западные ветра, поэтому целесообразно размещать территории промышленных предприятий в северной части города, либо за городом к северу от него[3].

Как показывает практика, на полигонах и свалках отходов достаточно часто возникают очаги тления или возгорания, потушить которые чрезвычайно сложно, так как в пустотах захороненных отходов



содержится много горючего свалочного газа, который в ходе пожара продолжает выделяться, образуя все новые очаги возгорания, как на поверхности полигона, так и внутри свалочных масс.

Для этих случаев на полигонах разрабатывается и применяется комплекс защитных мероприятий:

- создаются и эксплуатируются системы контроля за химической обстановкой в районах химически опасных объектов и локальные системы оповещения о химической опасности;

- разрабатываются планы действий по предупреждению и ликвидации химической аварии;

- обнаружение факта химической аварии и оповещение о ней;

- выявление химической обстановки в зоне химической аварии;

- соблюдение режимов поведения на зараженной территории, норм и правил химической безопасности и т.д.

Можно считать, что поступление на полигон промышленных отходов, ожидание проявления факторов природного и техногенного характера, осложняющих функционирование объекта – это угроза.

Именно факт угрозы заставляет разрабатывать нормативные документы по расположению, мощности и режима функционирования объекта.

Возможность того, что объект не выдержит технологических параметров функционирования – это риск.

Известно, что при документировании ресурсных характеристик отходов указывают следующие группы сведений [4]:

- сведения о составе и физико-химических, технологических свойствах отходов;

- сведения о сырье и материалах, из которых образовались отходы, и характер основных воздействий, которым подверглись эти материалы, что позволяет специалисту прогнозировать любые технологически значимые характеристики отходов.

Это положение заставляет нас вести исследования в следующих направлениях:

- Проведение анализа процесса теплового взрыва, применительно к образующимся в период переработки веществ отходам. Затем, то, как изменится вероятность возгорания отхода или изменение его структуры (например, деструкция), от времени его хранения, если он проходил в процессе технологического цикла, где он и образовался, термическую обработку? По имеющимся методикам ВНИИПО это рассчитать невозможно.

• Возникает обоснованная необходимость построения модели времени накопления вредных веществ в объеме хранилища и выбросе его в вентиляционных объемах. Полученные результаты по этой модели, позволят обоснованно провести выбор режима функционирования хранилища, а так же разработку противопожарных мероприятий.

• Провести анализ эволюции процесса риска полигона от состояния уровня полигона ТБО (возникновение ЧС любого характера, например, возгорание опилок), с последующим наполнением его как объектами с токсичными характеристиками, так и технологических объектов по утилизации отходов.

По результату анализа необходима проработка следующих шагов:

○ Место расположения полигона, подъездные пути, роза ветров, удаление от населенных пунктов, время реагирования различных служб, рельеф местности.

○ Компонировка полигона, расположение на его территории производственных объектов. Режим трудового функционирования.

○ Физическая защита полигона.

• Следует ожидать, что по мере рассмотрения генезиса полигона, будет усложняться и его структура. Значит, будет меняться и риск его функционирования.

Можно предположить, что по величине эволюции риска (а здесь еще не анализируются его факторы), будет предложена градация полигона по его насыщению технологическими объектами, их мощностью, а так же учета его основных характеристик (ведь можно спроектировать полигон, который устареет еще до полного своего ввода в эксплуатацию).

Структурное изменение региона, в котором планируется полигон, может быть столь динамичным, что его функционирование потребует привлечение необоснованно высоких затрат. Иными словами: разрабатываемый алгоритм анализа и поиска места расположения должен охватывать и эти вопросы. Отображение этой информации должно быть либо графическим, либо табличным.

Если отображать графически, то можно отобразить через изменение рисков (Рис. 1.): теоретическое отображение роста риска от суммарного увеличения опасных факторов развивающегося объекта.

Можно предположить, что это будет экспонента и в месте выхода на полочку, будет точка насыщения, переход которой может повлечь не желательные последствия – получение некоторыми факторами приоритетных значений, борьба с которыми будет экономически затратная (например, фактор самовозгорание или деструкции отхода).

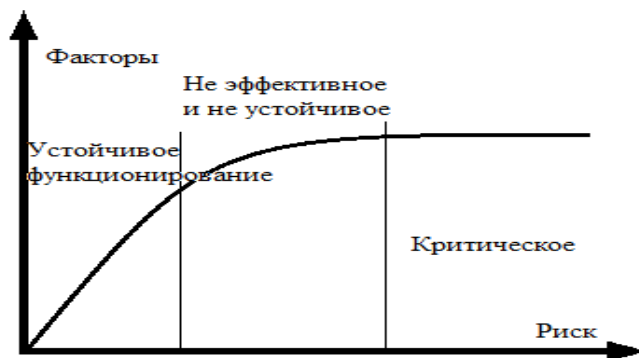


Рис. 1. Теоретическое отображение роста величины риска от суммарного увеличения опасных факторов развивающегося объекта

В результате проведенного исследования можно сделать вывод:

Предложен подход к разработке метода управления риском при обеспечении безопасности технологических процессов полигона токсичных отходов.

Представленные решения проблемы носят аналитический характер, которые требуют дальнейшего изучения с проведением расчетов и разработки предложений по безопасности утилизации токсичных отходов.

### **Список информационных источников**

1. Интернет портал: <http://www.poligon.tomsk.ru/about.html>.
2. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
3. Экологический мониторинг. Состояние окружающей среды в Томской области. Администрация Том. обл. - Томск : [б. и.], 2003 г. – 2004г. - 203 с.
4. ГОСТ Р 51769-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Документирование и регулирование деятельности по обращению с отходами производства и потребления. Основные положения.

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ВЕНТИЛЯЦИИ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

*Попов А.И.*

*Томский политехнический университет, г. Томск  
 Научный руководитель: Сечин А.И., д.т.н., профессор кафедры  
 экологии и безопасности жизнедеятельности*

Целью данной работы является разработка методики расчета вентиляции 20-фунтового контейнера в соответствии с данным требованием:

Вентиляционные системы для производственных помещений в комплексе с технологическим оборудованием, выделяющим вредные вещества, избыточное тепло или влагу, должны обеспечивать метеорологические условия и чистоту воздуха, соответствующие требованиям ГОСТ 12.1.005-88, на постоянных и временных рабочих местах в рабочей зоне производственных помещений. В обслуживаемой зоне административно-бытовых помещений промышленных предприятий, а также в помещениях общественных зданий должны быть обеспечены метеорологические условия в соответствии с требованиями строительных норм и правил по проектированию отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, утвержденными Госстроем СССР.

### **Системы вентиляции на объектах**

Воздухообмен в помещении можно осуществлять естественным путем через форточку или вентиляционные каналы за счет разности температур и давлений воздуха внутри помещения и вне его. Такая вентиляция называется естественной или аэрацией. Более эффективна искусственная механическая вентиляция, осуществляемая с помощью вентиляторов и эжекторов.

Сочетание естественной и искусственной вентиляции образует смешанную систему вентиляции. Естественная вентиляция может быть неорганизованной, когда воздух подается в помещение и удаляется из него за счет инфильтрации через неплотности и поры наружных ограждений. Естественная вентиляция считается организованной, если она имеет устройства, позволяющие регулировать направление воздушных потоков и величину воздухообмена (вытяжные каналы, шахты, форточки и фрамуги зданий, аэрационные фонари и др.).

Естественная вентиляция позволяет подавать и удалять из помещений большие объемы воздуха без применения вентиляторов. Недостатком является зависимость ее эффективности от температуры наружного воздуха, силы и направления ветра.

Подачу приточного воздуха с помощью естественной вентиляции в теплый период года следует предусматривать на высоте не менее 0,3 м и не выше 1,8 м, а в холодный период года — не менее 4 м от уровня пола. Общая площадь каналов для подачи воздуха через боковые световые проемы должна быть не менее 20% площади световых

проемов, а фрамуги и жалюзи должны иметь устройства, обеспечивающие направление приточного воздуха вверх в холодный период года и вниз в теплый период года.

Искусственная механическая вентиляция, осуществляемая за счет вентиляторов и эжекторов, позволяет в отличие от естественной вентиляции, подавать воздух в любую зону помещения или удалять его из мест образования различных вредностей: пыли, влаги, тепла, газов. В системах механической вентиляции можно предусматривать устройства для подогрева, увлажнения и очистки воздуха от пыли, а также его ионизацию. Механическая вентиляция может применяться как для подачи воздуха в помещение, тогда она называется приточной, так и для удаления воздуха из помещения, тогда она называется вытяжной. Приточно-вытяжная вентиляция обеспечивает приток воздуха в помещение и одновременно его удаление из помещения. По месту действия вентиляция может быть общеобменной, местной и комбинированной. Общеобменная вентиляция осуществляет воздухообмен во всем помещении, а местная — лишь в определенных местах. Системы механической вентиляции состоят из вентиляторов, устройств для забора и подачи воздуха, воздуховодов, фильтров и т.д.

### Общая характеристика объекта

Разрабатываемый объект представляет собой установку, расположенную в стандартном 20-футовом контейнере (рис. 2.), что позволяет обеспечить транспортабельность, автономность, возможность моделирования разных условий работы в замкнутом пространстве.



Рис. 2. Стандартный 20-футовый контейнер

Традиционно контейнер утеплен ППС слоем 10 см, произведено усиление пола металлическими балками, прорезана дверь, для доступа к обслуживанию рабочих емкостей и исходным сырьем.

Изнутри контейнер обшит гипсокартоном. Установлены розетки и освещение. Оборудованы электрические щиты, и средства пожарной безопасности.

Укрепление пола произведено с помощью металлических двутавровых 10 см балок. В местах, где установлено технологическое оборудование, балки расположены более часто.

Все металлические части оборудования выполнены, из нержавеющей стали, во избежание преждевременной коррозии металла: температура функционирования объекта от -30 °С до +70 °С. Конструкция установки оптимизирована с целью максимального использования готовых изделий: труб, фитингов.

### **Анализ безопасности работы установки**

Установка находится под избыточным давлением в 0,04 атмосферы. Исходя из того, что газ своевременно удаляется из газгольдера – максимальное давление в системе не превышает 1,04 атмосферы.

Часть полученного метана после очистки используется для работы расположенного в контейнере газового электрогенератора, обеспечивающего работу всех электрических систем, а также служащем источником тепла. Мощность генератора 1000 Вт. Сжигание 4 м<sup>3</sup> метана в электрогенераторе дает 12 кВт электроэнергии и 24 кВт тепла.

Основным опасным фактором при эксплуатации объекта является газ метан. В таблице 1 приведены основные характеристики метана.

Таблица 1. Основные характеристики метана

<b>Показатель</b>	<b>метан</b>
Химическая формула	СН <sub>4</sub>
Плотность газовой фазы при НУ*, кг/м <sup>3</sup>	0,717
Низшая теплота сгорания при НУ*, МДж/м <sup>3</sup>	35,76
Нижний температурный предел воспламенения при НУ* смеси с воздухом, °С	5,0
Предел взрываемости весовой, %	5,0 ... 15,0
ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	7000
ПДК в атмосферном воздухе, мг/м <sup>3</sup>	50

при НУ\* - при нормальных условиях (  $t = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $p = 101,3 \text{ кПа}$  )

### **Вывод:**

Из анализа представленных результатов следует:

- область воспламенения в воздухе 5,28–14,1 % об.,
- концентрационные пределы воспламенения (приведены к 25  $^{\circ}\text{C}$ ): нижн. 5,28, верхн. 15 % об.;

Нас интересует нижний предел горения – 5,28 % об.

При разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов руководствовались с требованиями ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010.

Для обеспечения пожаровзрывобезопасности процессов производства, переработки, хранения и транспортирования веществ и материалов необходимо данные о показателях пожаровзрывоопасности веществ и материалов использовать с коэффициентами безопасности,

$$\varphi_{\text{г,без}} \leq 0,9 (\varphi_{\text{н}} - 0,7 R)$$

где  $\varphi_{\text{г,без}}$  — безопасная концентрация горючего вещества, % об. ( $\text{г} \cdot \text{м}^{-3}$ );  $\varphi_{\text{н}}$  — нижний концентрационный предел распространения пламени по смеси горючего вещества с воздухом, % об. ( $\text{г} \cdot \text{м}^{-3}$ );  $R$  — воспроизводимость метода определения показателя пожарной опасности при доверительной вероятности 95%.

Из расчета следует, что безопасная концентрация горючего вещества составляет 1,6 % об.

### **Список информационных источников**

1. ГОСТ 12.4.021-75 - СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ. Электронный ресурс в свободном доступе: <http://ohrana-bgd.narod.ru/gost083.html>

2. Монахов В.Т. Показатели пожарной опасности веществ. Анализ и предсказание. Приложение 2. Справочные данные о пожарной опасности веществ и материалов.

## **РАСЧЕТ РАВНОВЕСНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ ДЛЯ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ ГИДРОКАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОКСИДА АММОНИЯ**

*Попова Е.Д.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научные руководители: Маланова Н.В. инженер-исследователь,  
Немцова О.А. ассистент кафедры экологии и безопасности  
жизнедеятельности*

Жесткость воды – общая проблема для муниципальных систем водоснабжения, промышленных предприятий и тепловых станций. Особенно чувствительна данная проблема там, где для хозяйственно-питьевого водоснабжения используют подземные и грунтовые воды. Например, в Западно-Сибирском регионе для водоснабжения, в основном, используются подземные воды, которые характеризуются жесткостью, обусловленной наличием в составе минеральных примесей до 70-80 % гидрокарбоната кальция (рис. 1). Ионы кальция и магния, обуславливающие жесткость воды, образуют малорастворимые соединения, инкрустирующие поверхности теплообменных аппаратов, теплоэнергетических установок, трубопроводов, что приводит к резкому снижению эффективности их работы, перерасходу топлива, частым остановкам для чистки. Для использования таких подземных вод в питьевых и технических целях необходимо применение водоподготовки с обязательной стадией умягчения воды.

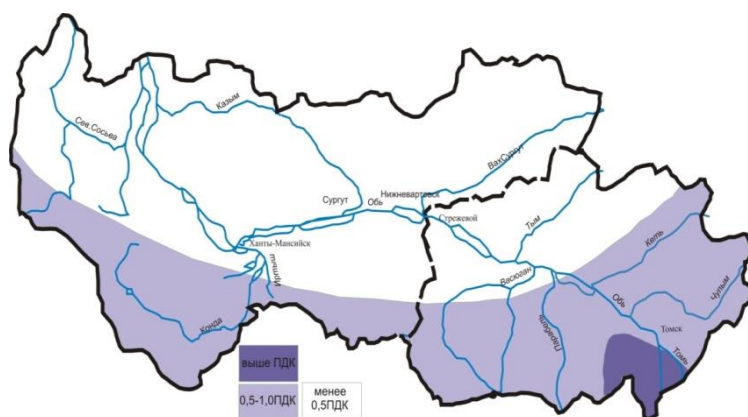


Рис. 1. Карта-схема распределения величины общей жесткости в водах Западной Сибири и ХМАО

В настоящее время для снижения жесткости воды используют следующие методы: термические, реагентные, ионного обмена, физические и комбинированные, представляющие собой различные их сочетания. Перечисленные методы хотя и получили широкое распространение, но имеют ряд недостатков, связанных с большим расходом реагентов, необходимостью предварительной подготовки воды, обработкой сточных вод и сложностью с их сбросом.



Нами был предложен способ удаления гидрокарбоната кальция из подземных вод с применением микропузырьковой обработки и гидроксида аммония.

Для проектирования аппаратов, реализующих данный способ в технологическом процессе, необходимо определить их конечные размеры - высоту, диаметр, поверхность контакта фаз. Для определения поверхности контакта фаз может быть использовано уравнение массопередачи, которое для рассматриваемой системы имеет вид:

$$M = K_y \cdot F(y - y^*),$$

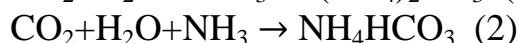
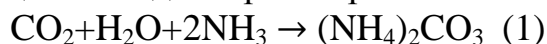
где  $M$  – масса переносимого вещества через границу раздела фаз;  $K_y$  – коэффициент массопередачи;  $F$  – поверхность контакта фаз;  $(y - y^*)$  – движущая сила процесса.

Движущая сила процесса массопередачи  $(y - y^*)$ , как мера отклонения системы от равновесия, является функцией пересыщения системы по иону  $\text{Ca}^{2+}$ , которое можно выразить через абсолютное значение:

$$\Delta C = C_{\text{Ca}^{2+}} - C_{\text{Ca}^{2+}}^*,$$

Где  $C_{\text{Ca}^{2+}}^*$  – равновесная концентрация ионов кальция.

Для определения равновесных концентраций ионов кальция, можно воспользоваться законом действующих масс. С помощью определителя Грама были определены независимые реакции удаления гидрокарбоната кальция из водных растворов с использованием гидроксида аммония:



Для определения равновесных концентраций ионов кальция, можно воспользоваться законом действующих масс представить константы равновесия реакций в следующем виде:

$$K_{c1} = \frac{[\text{CO}_3^{2-}] \cdot [\text{NH}_4^+]^2}{[\text{OH}^-] \cdot [\text{H}^+] \cdot [\text{NH}_3]^2 \cdot [\text{CO}_2]};$$

$$K_{c2} = \frac{[\text{HCO}_3^-] \cdot [\text{NH}_4^+]^2}{[\text{OH}^-] \cdot [\text{H}^+] \cdot [\text{NH}_3] \cdot [\text{CO}_2]};$$

$$K_{c3} = \frac{[\text{CO}_2] \cdot [\text{NH}_3] \cdot [\text{H}^+]^2 \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{HCO}_3^-]^2 \cdot [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{NH}_4^]}.$$

Полученную систему уравнений решали с применением программы расчета равновесных концентраций карбоната кальция в аммиачной среде («П2С2Р3КА»), блок-схема которой представлена на рис.2. Программа разработана как консольное приложение и

реализована на языке Fortran. На программу получено Свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ.



Рис. 2. Блок-схема программы «П2С2Р3КА»

Полученные значения констант равновесия позволили рассчитать равновесные концентрации ионов кальция в растворе в зависимости от содержания гидроксида аммония. В таблице 1 приведены равновесные концентрации ионов кальция при введении в раствор от 0,003 до 0,025 % мас. гидроксида аммония. Из данных таблицы видно, что равновесные концентрации ионов кальция снижаются с 84,2 до 1,0 мг/дм<sup>3</sup> увеличением содержания NH<sub>4</sub>OH в воде от 0,003% мас. до 0,025 % мас. соответственно.

Таблица 1. Зависимость равновесных концентраций ионов кальция от содержания гидроксида аммония в воде

Содержание NH <sub>4</sub> OH в воде, % мас.	Равновесная концентрация ионов кальция, мг/дм <sup>3</sup>
0	84,2
0,003	47,3
0,006	29,3
0,012	3,2
0,019	1,6
0,025	1,0

Резкое уменьшение равновесной концентрации ионов кальция в воде при незначительном содержании NH<sub>4</sub>OH в растворе указывает на высокую скорость протекания процесса. Это хорошо иллюстрирует рис. 3.

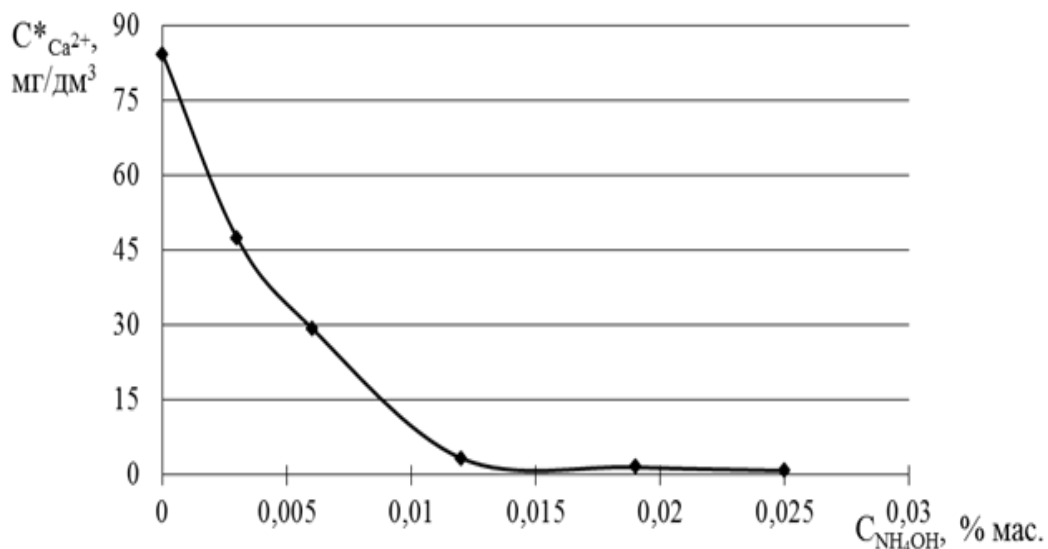


Рис. 3. Зависимость равновесных концентраций ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в модельном растворе от содержания гидроксида аммония

На основании проведенной работы, можно сделать следующие выводы:

1. Программа «П2С2Р3КА» позволяет автоматизировать расчет равновесных концентраций ионов кальция для процесса удаления гидрокарбоната кальция в аммиачной среде в зависимости от времени, температуры и исходной концентрации компонентов.

2. Равновесные концентрации ионов кальция снижаются с 47,3 до 1,0 мг/дм<sup>3</sup> увеличением содержания  $\text{NH}_4\text{OH}$  в воде от 0,003% мас. до 0,025 % мас. соответственно.

3. Рассчитанные равновесные значения при известных начальных концентрациях ионов кальция позволят определить величину поверхности контакта фаз для процесса удаления гидрокарбоната кальция с использованием гидроксида аммония.

## ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНОЙ ТЕЛЕФОНИИ В СИСТЕМЕ ОПОВЕЩЕНИЯ

*Потехина А.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Романцов И.И., к.т.н., старший преподаватель кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

В нашем мире периодически возникают различные чрезвычайные ситуации. Многие из них забирают жизни людей. Для того чтобы минимизировать потери при возникновении ЧС, необходимо иметь четкую, отработанную систему оповещения населения и постоянно её совершенствовать.

«Система оповещения представляет собой организационно-техническое объединение сил, средств связи и оповещения, сетей вещания, каналов сети связи общего пользования, обеспечивающих доведение информации и сигналов оповещения до органов управления, сил единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее - РСЧС) и населения».

Системы оповещения делятся на 2 составляющих:

1. Подача сигнала (осуществляется через однотональные сирены).

2. Информирование населения (осуществляется несколькими способами: по телевидению, радио, телефону и через подвижные средства связи государственных органов).

Действующая в настоящее время система оповещения в России состоит из трех подсистем:

1. Оповещение РСЧС

2. Оповещение органов власти.

3. Оповещение населения.

Проблемы в организации оповещения в России во время последних чрезвычайных ситуаций показали, что если первые две подсистемы работают четко, то система доведения сигналов оповещения до населения должна быть усовершенствована. В связи с этим необходимо разработать такие системы оповещения, которые будут соответствовать следующим критериям: доходчивость информации для населения, наибольший охват территории и оперативность, т.е. быстрота доведения информации до получателя.

Новые технологии с каждым днём всё больше внедряются в нашу жизнь. На сегодняшний день наиболее распространенным устройством передачи информации является мобильный телефон. Редко встретишь человека, у которого нет этого устройства под рукой. Всё это говорит о необходимости использования новых устройств в качестве систем оповещения при ЧС.

На сегодняшний день имеется опыт сотрудничества операторов сотовой связи с Министерством чрезвычайных ситуаций. В 2010 году был образован федеральный центр управления и мониторинга (ФЦУМ), сфера ответственности которого контроль качества связи, оценка

работоспособности сети, контроль работ на линии, а также оповещение абонентов об авариях и чрезвычайных ситуациях.

Для оповещения по мобильной сети ФЦУМ и МЧС прибегают к двум способам: Cell Broadcast (СВС) и SMS-рассылка. В обоих случаях система автоматически выбирает всех абонентов, находящихся в сети в пределах указанного МЧС радиуса. СВС представляет собой пассивную технологию оповещения: на экране телефона появляется сообщение «МЧС Инфо! 0030». Позвонив по этому номеру, абонент прослушивает полный текст сообщения о происходящем, предоставленный МЧС (описание произошедшей ситуации, необходимые действия). Количество оповещённых считается число позвонивших и прослушавших автоответчик с информацией.

Рассмотрим преимущества и недостатки 2х способов оповещения.

Таблица 1. Плюсы и минусы Cell Broadcast (CBC) и SMS-рассылки

	Cell Broadcast (CBC)	SMS-рассылка
Плюсы	Может вещать на огромную территорию. Позволяет не перегружать оборудование.	SMS принимают все телефоны. SMS-рассылка информативнее.
Минусы	Не все мобильные телефоны поддерживают эту технологию, т.к. она работает только в 2G-сети. При частом использовании (в силу частоты природных катаклизмов в этом районе), люди привыкают и не уделяют должного внимания этим сообщениям.	Процесс рассылки занимает какое-то время, так как оборудование рассылает SMS в порядке очереди. Но и это время в некоторых случаях может быть критично.

Исходя из данных табл.1, CBC применяют при необходимости охватить большое количество зарегистрированных в сети номеров, а SMS эффективнее на относительно небольшом радиусе охвата. Граница пролегает по числу в сто тысяч абонентов.

При более детальном анализе возможностей sms-оповещения были выявлены следующие проблемы.

Для лучшего усвоения информации целесообразно, чтобы сообщение состояло из двух частей: 1. Информировать о возникшей ситуации; 2. Определяет порядок действий. При восприятии второй части сообщения могут возникнуть трудности.

- Использование профессиональных слов может усложнить понимание текста. Например: «провести герметизацию помещения». Не каждый человек знает, что это означает.

- На понимание содержания сообщения могут повлиять многозначные (имеющие несколько значений) слова. Например, «взять ценные вещи». Для каждого человека ценные вещи разные. Для кого-то, это документы, для кого-то деньги, а кому-то важнее всего забрать памятные предметы, с которыми он не хочет расставаться. Чтобы избежать неопределенности нужно конкретизировать слова.

- Также большое значение имеет ограничение символов. Максимум информации при минимальном количестве знаков влияет на восприятие и выделение важной информации.

С целью определения владения навыком чтения sms-сообщений был проведен опрос населения. Люди были разделены по группам: 16-25, 26-45, 46-65 и более 65 лет. В результате опроса группы были разделены на 2 значимые категории: от 16 до 65 лет и после 65 лет.

В категории людей от 16 до 65 у 95 % опрошенных есть сотовые телефоны. И 93 % из них умеют читать сообщения.



Рис.1. Количество населения в возрасте до 65 лет, имеющего телефон



Рис.2. Процент населения от 16 до 65 лет, владеющего навыком обмена sms-сообщений

В категории людей от 65 и более у 80 % опрошенных есть сотовые телефоны. Сообщения могут прочесть 54% из них.



Рис.3. Количество населения в возрасте после 65 лет, имеющего телефон



Рис.4. Процент населения в возрасте более 65 лет, владеющего навыком обмена sms-сообщений

По результатам опроса было выявлено, что использование sms-сообщений как одного из видов информирования населения является актуальным и эффективным, т.к. они информативны, имеют большой

охват населения, и соответствуют такому критерию как оперативность. Но также нужно заметить, что использование только sms-оповещения недостаточно, необходимы и другие виды оповещения (телевидение, радио), т.к. есть процент населения, не использующего мобильные телефоны.

### **Список информационных источников**

1.Международный форум технологии безопасности [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.secuteck.ru/articles2/firesec/opoveschenie-naseleniya-o-chs-suschestvuyuschie-resheniya-i-novye-razrabotki/>

2.[Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://habrahabr.ru/company/megafon/blog/196948/>

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНОГО ХИНГИДРОННОГО ДАТЧИКА ДЛЯ ОЦЕНКИ КОРРОЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ ГРУНТОВ**

*Раденков Т.А, Сернецкий К.О.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Романенко С.В., д.х.н., заведующий кафедрой экологии и безопасности жизнедеятельности*

Исследование коррозионной активности грунтов является обязательным мероприятием для различных предприятий добывающей, строительной и транспортной отраслей. При прокладке трубопроводов, строительстве зданий и сооружений, коррозионная активность грунтов является ключевым параметром, влияющим на долговечность оборудования и строений. Под коррозионной активностью грунтов понимают способность грунта к физико-химическому взаимодействию с тем или иным материалом, ведущему к разрушению последнего. Определению и контролю подлежат следующие параметры: пористость, проницаемость, влажность, водородный показатель и т.д. В контексте работы рассматривается рН почв, как один из важнейших факторов, влияющих на срок эксплуатации различных сооружений и систем.

Влияние рН на коррозионную устойчивость того или иного металла можно проследить по соответствующей диаграмме, построенной в координатах равновесный потенциал – рН при обычной температуре (диаграммы Пурбе [1]). Диаграмма Пурбе является эффективным средством предсказания направления химических



реакций соединений определённого элемента. Влияние рН на скорость коррозии значительно зависит от природы металла. Наиболее уязвимыми металлами являются Mn, Mg, Cr, Cu и Fe. Они не устойчивы в кислых средах и умеренно корродируют в нейтральной области.

Потенциометрия является одним из наиболее перспективных методов определения рН грунтов. Благодаря мощному развитию метода и его эффективности, на рынке существует достаточное количество оборудования для измерения рН почв. Вместе с тем, существует затруднение применения датчиков рН в различных полевых и производственных условиях. Большой ценностью обладают датчики, способные производить измерения непосредственно на месте пробоотбора. Рекомендованный в ГОСТ 26423-85 для измерения рН почв стеклянный электрод пригоден для проведения измерений в лабораторных условиях, но обладает рядом недостатков, ограничивающих его применение в полевых условиях:

- хрупкость;
- низкая помехозащищённость;
- необходимость соблюдения специальных условий перевозки и подготовки к работе;
- долгое время установки потенциала (около 3-х минут);

На рынке существует достаточное количество устройств для мониторинга основных параметров коррозионной активности грунтов. Существует проблема встраивания стеклянного электрода в данные универсальные измерители. В связи с этим, перспективной альтернативой является использование композитного хингидронного датчика [2] для измерения рН почв. Основными преимуществами датчика перед эталонным стеклянным электродом являются: более низкая себестоимость, прочность, достаточная для эксплуатации в полевых условиях, быстрое установление потенциала(около минуты).

Совокупность метрологических и прочностных характеристик позволяет рекомендовать использование композитного хингидронного датчика в составе комплексов для измерения коррозионной активности грунтов.

### **Список использованных источников**

1. Pourbaix M. Thermodynamics and corrosion. Corrosion Science, Vol. 3(1), No. 10, pp. 963—988, 1990

2. Композитный хингидронный датчик для контроля рН природных вод. Романенко С.В., Раденков Т.А., Кагиров А.Г. Ж. Контроль. Диагностика. (2011) Спец выпуск. с. 146-148.

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МЁДА В СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ**

*Рязанцев А.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Ларионова Е.В., к.х.н., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

В течение долгого времени люди потребляли мед, не задумываясь о его качестве. Это было связано с тем, что он был единственным источником сладости и подделать или заменить его было нечем. Проблем с экологическим загрязнением меда тоже не возникало. В настоящее время различные сорта мёда могут содержать генномодифицированные компоненты, которые, в свою очередь, могут лишить возможности человека попробовать настоящий вкус мёда. Исходя хотя бы из этого, можно предположить что, проблемы качества и загрязнения меда в будущем могут обостриться еще больше.

Экологическую чистоту продукта контролировать достаточно сложно, нужны дорогостоящие анализы в специализированных лабораториях. Для крупных партий меда такие анализы могут проводиться, а вот мелкооптовым и розничным покупателям приходится полагаться на добросовестность пчеловодов.

Цель моей работы, выяснить, какими экспресс методами можно получить данные по тем или иным показателям качества меда, основанные в основном на результате химических реакций.

Задачи работы:

1. Собрать информацию о разновидностях мёда.
2. Изучить его химический состав.
3. Освоить, каким образом, и по каким характеристикам оценивают качество мёда.
4. Рассмотреть, некоторые способы, которыми можно добиться результата при оценке качества мёда.

Сортов меда существует огромное количество. В основу всех бесчисленных разновидностей мёда входит: смешанный, цветочный и падевый.

Цветочный мед бывает, собран с нескольких цветов и называется полифлерный. К этому относится горный мед, лесной, фруктовый и пр. Более редкий, но менее ценный вид медового продукта относящегося к

монофлерной разновидности (когда пчелы собирают нектар с одного единственного вида растений) это липовый, гречишный, и подсолнечниковый мед.

Падевый мед производится пчелами в сезон недостатка медоносных растений. Тогда пчелы вынуждены вместо нектара цветков собирать падь: из продуктов жизнедеятельности других насекомых, или из нектарных выделений на стеблях и листьях растений. О пользе и вреде падевого меда споры идут уже многие годы, но никак не прекращаются. Ученые мира единодушны лишь в том, что данная разновидность меда имеет гораздо большее содержание минеральных веществ, а вот бактерицидные его свойства значительно снижены.

Стоит отметить, что чистый падевый мед встречается очень нечасто. Гораздо более вероятно увидеть смешанный мед, когда данный вид в разных пропорциях добавлен в цветочный.

Химический состав меда непостоянен и зависит от источника сбора нектара, района произрастания нектарных растений, времени сбора, зрелости меда, породы пчел, погодных и климатических условий и пр. Однако некоторые особенности состава меда являются характерными и типичными. Состав меда весьма сложный, в нем содержится около 300 различных компонентов, 100 из них являются постоянными и имеются в каждом виде.

Для определения качества натурального меда от каждой его партии отбирают единицы упаковок согласно стандарту (ГОСТ 19792-74). В партии, состоящей из трех единиц упаковок, пробы для исследования берут из каждой, от 3 до 20 - из трех единиц, от 21 до 30 - из четырех, а свыше 30 единиц отбирают для исследования 10% единиц упаковок.

Единицы упаковок отбирают с неповрежденной тарой из разных мест партии. При наличии дефектов в таре проба меда берется из каждой единицы тары и исследуется отдельно.

Для определения качества меда из каждой единицы упаковки отбирают среднюю пробу. При этом необходимо соблюдать следующие правила. Жидкий мед вначале перемешивают, после чего среднюю пробу отбирают трубчатым алюминиевым пробоотборником, имеющим диаметр 10-12 мм. Отборник погружают медленно на всю длину тары, закрывают свободный конец пальцем и отобранное количество меда выливают в чистую стеклянную баночку. Среднюю пробу из закристаллизованного меда отбирают коническим щупом с прорезью по всей длине. Щуп погружают на всю толщину меда наискось от края упаковочной тары в глубь средней части, затем щуп поворачивают вокруг оси на 360° и извлекают. Со столбика меда срезают слой ножом или чистым шпателем.

В данной работе исследовались 7 разных сортов мёда. Исследования проводились на уровнях: наличие примесей крахмала или муки в меду, определение сахарного сиропа (реакция на диастазу), количественное определение инвертированного сахара, общая чистота мёда.

#### 1. Наличие примесей крахмала или муки в меду

От каждого вида было отобрано 2 грамма мёда, которые растворили в 10 мл воды. 1 мл каждой пробы поместили в отдельные пробирки. Слегка подогрев раствор мёда, добавили 3-6 капель раствора йода. Появление синей окраски не произошло, это указывает на то, что добавление к мёду крахмала или муки не происходило.

#### 2. Определение сахарного сиропа (реакция на диастазу),

Как и в предыдущем опыте, также в отдельные пробирки были налиты растворы, 7 видов мёда. Образцы поместили в стакан с обычной водой при температуре 40°C. В каждую из пробирок, был добавлен однопроцентный раствор крахмала в количестве 1 мл. Полученную смесь выдерживали на водяной бане 1 час. После чего раствор был охлаждён, и в него добавили 5-10 капель раствора йода. Если в растворе диастаза нет, то мёд окрасится в синий цвет, При наличии диастазы жидкость немного темнеет. 3 из 7 растворов мёда немного потемнели.

#### 3. Количественное определение инвертированного сахара

Для начала, необходимо приготовить 0,25%-ный раствор для каждого из видов мёда. Для этого, в пробирку помещаем 2,5 г мёда и доводим до 10 мл дистиллированной водой. 1 мл полученного раствора помещаем в мерную колбу на 100 мл и добавляем воды до отметки. После того как приготовили 0,25%-ный раствор мёда, наливаем в пробирку 10 мл раствора красной кровяной соли и добавляем 2,5 мл раствора гидроксида калия, а затем 6,3 мл 0,25%-ного водного раствора мёда. Раствор был жёлто-зелёный цветом. В тот момент времени, когда раствор довели до кипения, раствор обесцвечивался, дойдя до определённой температуры. 7 образцов по очереди доводим до кипения и также по очереди капали одну ли несколько капель метиленового синего. Если жидкость не обесцвечивается после того как добавляли метиленовый синий, то в исследуемом мёде инвертированного сахара меньше 65%. Такой мёд фальсифицирован и в продажу не допускается. 4 из 7 сортов мёда показали хороший результат.

#### 4. Общая чистота мёда

От каждого сорта мёда, было взято 2 г мёда, которые растворили в 10 мл воды. Полученная смесь была отфильтрована. Фильтрат был разделён на две части. В одну часть фильтрата был прилит раствор нитрата серебра, а в другую хлорид бария. Этот опыт показывает что,

натуральный мёд не даёт осадков с этими реактивами. Все исследуемые растворы мёда прошли проверку, так как осадка не наблюдалось.

### Список информационных источников

1. Куприянова Н.С. Лабораторно-практические работы по химии. 10-11 класс, 2007 год, 240 стр.

2. Энциклопедия пчеловодства: [Электронный ресурс] // URL: <http://paseka.pp.ru/med-ispolzovanie-khimicheskij-sostav-sposoby-pererabotki/665-opredelenie-naturalnosti-i-kachestva-meda-massa-metodov.html> (Дата обращения: 13.05.2015)

3. Товароведение и экспертиза товаров: [Электронный ресурс] // URL: <http://www.znaytovar.ru/s/Ximicheskij-sostav-i-pishhevaya-ce4.html> (Дата обращения: 13.05.2015)

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА РИСКА АВАРИЙ И ПОЖАРОВ НА ХИМИЧЕСКИХ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

*Сайков А.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Сечин А.И., д.т.н., профессор кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

Химически опасным объектом (ХОО) называется объект народного хозяйства, при авариях и разрушениях которого могут произойти массовые поражения людей, животных и растений СДЯВ.

К таким объектам, в первую очередь, относятся предприятия оборонной, химической, нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной, пищевой промышленности и ряда других отраслей. Если в городе, районе или области имеются ХОО, то данная административно-территориальная единица также может быть отнесена к химически опасной. Критерии, характеризующие степень такой опасности, определены в действующих нормативных документах. Для объектов - это количество, а для административно-территориальной единицы - доля (процент) населения, которое может оказаться в зоне возникновения возможного заражения СДЯВ.

На территории Томской области расположено 3 химически опасных города (г.Томск, г.Северск, г. Стрежевой, ). Химически опасных объектов—46. Общее количество используемых и хранимых наименований АХОВ - 5 ( 370т. ), в том числе хлора—60 т, аммиака—

150 т. По территории области транспортируется транзитом до 7 наименований АХОВ.

Значительное количество промышленных объектов, и в особенности предприятий атомной энергетики, нефте- и газовой промышленности, обуславливают существование риска возникновения таких техногенных ЧС, как аварии с выбросом (угрозой выброса) аварийно химически опасных (АХОВ) и радиоактивных веществ (РВ). Причем чрезвычайные ситуации, связанные с ядерно и радиационно опасными объектами, с ядерными материалами, радиоактивными веществами и отходами, источниками ионизирующих излучений представляют наиболее серьезную опасность вследствие их долговременных негативных последствий. Большую угрозу представляют химически опасные объекты, производящие и использующие в своём производстве химически опасные вещества (АХОВ) - хлор, аммиак, окись этилена и углероды, получаемые крекингом нефтепродуктов и пр.

Анализ риска - это обоснование частоты возникновения и специфики развития различного рода аварии, а также определение количественных показателей связанных с этим социального, материального и экологического ущерба. Сочетание этих двух категорий: последствий и вероятности (обычно в виде произведения) и образует понятие риска - нового количественного критерия оценки безопасности, позволяющего получить универсальную шкалу для сравнения опасностей различного происхождения.

Обычно риск аварии исчисляется в единицах ущерба, отнесенных ко времени. Определяющее соотношение для прогнозирования оценок аварийного риска может быть представлено в виде:

$$\left[ \begin{array}{c} \text{Оценка} \\ \text{риска} \\ \text{аварий} \end{array} \right] = \sum_z \left[ \begin{array}{c} \text{Частота } z\text{-го} \\ \text{аварийного} \\ \text{процесса} \end{array} \right] \times \left[ \begin{array}{c} \text{Ущерб (потери)} \\ \text{при } z\text{-ом аварийном} \\ \text{процессе} \end{array} \right]$$

Суммирование производится по всей совокупности аварийных процессов, которые могут иметь место на объекте.

Из приведенного соотношения следует, что прогноз уровня аварийной опасности связан с частотным анализом возможных аварийных процессов и с прогнозом ущерба при потенциальных авариях.

В отличие от других подходов оценки безопасности производственной деятельности методология риска позволяет в рамках системного анализа:

1. исследовать причинно-следственный механизм (логику) возникновения различных аварий и спрогнозировать их частоту;

2. учесть влияние технологических, метеорологических, региональных и целого ряда других особенностей на характер и масштабы последствий от аварий;

3. оптимизировать управленческие решения по повышению безопасности объекта в условиях ограниченных средств.

Проще говоря, она дает возможность реализовать принцип «предвидеть и предупреждать» вместо традиционного «реагировать и исправлять».

Достаточно последовательно и полно, на наш взгляд, принципы проведения анализа риска отражены в "Руководстве по количественному анализу риска химических производств", выпущенном Центром по безопасности химической промышленности, существующим под эгидой Американского общества инженеров-химиков. На основе большого опыта методических разработок эта организация рекомендует проводить анализ риска по схеме, включающей следующие основные этапы:

1. определение конкретных целей и задач анализа;

2. анализ технологической специфики объекта с описанием характеристик окружающей его среды;

3. идентификация опасностей, возможных аварий и сценариев их развития;

4. оценка частоты (вероятности) возникновения аварий и вероятности реализации характерных сценариев их развития;

5. оценка последствий (т.е. значений характеристик поражающих факторов и мер негативного воздействия на потенциальных реципиентов) с применением моделей расчета физических процессов и воздействий, имеющих место при реализации различных сценариев аварий;

6. оценка собственно риска через "объединение" последствий и вероятностей реализации всех возможных сценариев аварий, построение полей риска;

7. управление риском, заключающееся в выработке оптимальной стратегии по обеспечению безопасности людей и охране окружающей среды.

## Список информационных источников

1.Меньшиков В.В., Швыряев В.В. Опасные химические объекты и техногенный риск // – 2003. – №1. С. 14–15.

2.Меньшиков В.В., Швыряев В.В. Опасные химические объекты и техногенный риск // – 2003. – №1. С. 19.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ОКИСЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО РАЗРЯДА

*Самакбаева М.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Романенко С.В., д.х.н., заведующий кафедрой экологии и безопасности жизнедеятельности*

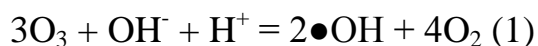
Термин передовые окислительные технологии (AOPs) был введен Глэйзом (1987) и с тех пор вызвал огромный интерес в научных сообществах, расширяя области применения. AOPs известны как процессы образования гидроксил-радикалов для последующего химического окисления органических и неорганических загрязнителей, широко применяется при водоочистки в обычных условиях [1]. Процесс окисления происходит в два этапа: сначала происходит генерация гидроксил радикалов, за счет перехода электронов от восстановителя к окислителю, таким образом образуя радикалы с избыточным количеством электронов. Они не устойчивы, химически высокоактивны за счет неспаренных электронов. Как правило, это приводит последующему участию радикалов во взаимодействии с загрязняющими веществами. Окислители образуются в результате AOP окисления органических и неорганических материалов, сопровождающееся генерацией термодинамически стабильных продуктов окисления. В случае реакций с органическими соединениями уровни ХПК И БПК в сточных водах значительно понижаются, в результате полного окисления или минерализации на выходе получаем продукты реакции в виде углекислого газа и воды.

Только некоторые окислители способны вступать в реакцию с другими соединениями, забирая один или несколько электронов, тем самым изменяя химические свойства загрязнителя (т.е. снижение его токсичности или увеличение его биоразложения). Несмотря на то, что таких окислителей много, только некоторые из них были подробно изучены для применения в области экологических технологий.

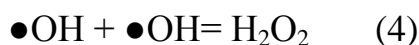
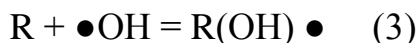
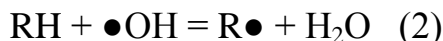


Окислителями, которые представляют интерес в данном исследовании, являются те, которые могут быть получены с помощью электрического разряда при атмосферном давлении, в частности, озон и гидроксильные радикалы. Озон является сильным окислителем и высоко активным газом за счет своей электронной конфигурации, которая представляет собой гибрид из четырех молекулярных резонансных структур [2]. Что касается взаимодействия озона с загрязняющими веществами: с органическими соединениями реакции протекают за счет электрофильного и нуклеофильного присоединений, также за счет диполярного присоединения (механизм Крика).

Схема цепной реакции радикального характера описывает кинетику водного разложения озона в присутствии растворенных органических или неорганических веществ [2]. Разложение ускоряется за счет инициатора, т.е. гидроксил-ион  $\text{OH}^-$ , приводящий к цепной реакции радикалов. Присутствие органических или неорганических соединений, которые способны взаимодействовать с гидроксил радикалами  $\bullet\text{OH}$ , препятствуют образованию цепной реакции и ингибируют последующий распад озона. разложение представляет собой первую стадию процесса с постоянной скоростью, зависящей от концентрации инициатора [3]. В уравнении 1, представлена схема получения гидроксил радикалов из молекул озона.

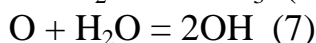
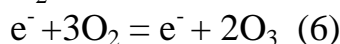
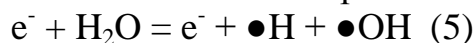


Будучи одним из сильнейших окислителей,  $\bullet\text{OH}$  радикалы реагируют быстро в большинстве случаев, с органическими соединениями. Это очень хорошо прослеживается при взаимодействии с такими веществами как, ароматические углеводороды, ненасыщенные соединения, алифатические спирты и муравьиная кислота [4]. Из-за короткого периода полураспада в воде, в порядке микросекунд, концентрация свободных радикалов никогда не достигает  $10^{-12}\text{M}$  [5], поэтому необходима генерация на месте (*insitu*).  $\text{OH}^-$  радикалы реагируют быстро и демонстрируют минимальную селективность с органическими и неорганическими веществами, в то время как, озон высокоселективный при прямом воздействии на определенные растворенные вещества [6]. Возможными путями реакции гидроксил радикалов с полифенольными органическими соединениями могут быть: внутримолекулярное расщепление атома водорода, с последующим образованием воды; или же введение  $\text{OH}^-$  радикалов в органическое соединение (уравнения 2,3). Также  $\text{OH}^-$  радикалы могут взаимодействовать друг с другом, образуя устойчивый продукт в виде перекиси водорода (ур.4) [7].



Несмотря на окислительные способности озона и гидроксил радикалов, их поведение в сточных водах представляет собой комплекс, который значительно зависит в первую очередь от характеристик раствора (т.е. температура, рН, концентрация, электропроводность).

В водоочистке, разряд высокого напряжения из нетермической плазмы используется для получения озона и гидроксил-радикалов из воды и кислорода [8]. Ввод энергии не большой, так что приводит к незначительному увеличению температуры. Следующие реакции окисления производят окислители с высокой реактивной способностью:



Растворенный озон в воде может, в свою очередь разлагаться на  $\bullet\text{OH}$  радикалы или же реагировать непосредственно с загрязняющими веществами [9].

В нашем исследовании был использован генератор импульсного коронного разряда. В качестве объектов исследования были выбраны следующие органические вещества: щавелевая кислота и фенол. Начальная концентрация составляла 100 мг/л; окисление проводилось при разных условиях, т.е. значения таких параметров как: температура и частота импульса – что позволило оптимизировать процесс окисления.

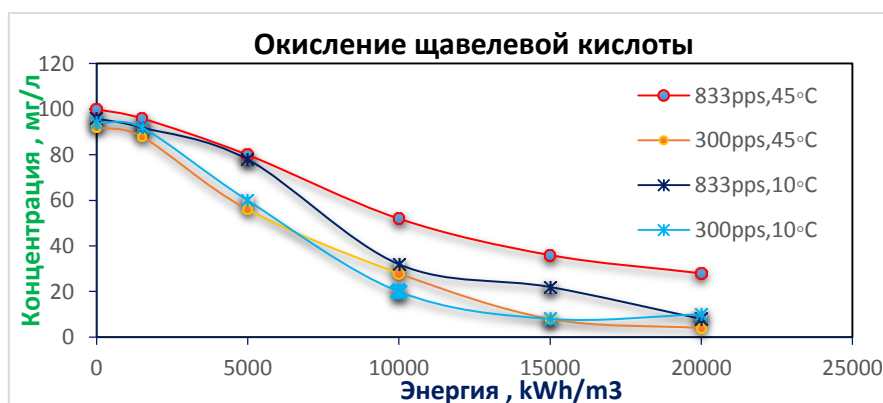


Рис. 1. Окисление щавелевой кислоты

Как видно из рис.1. при низкой частоте импульсов окисление щавелевой кислоты идет лучше, особенно при 45°C. Но важно заметить тот факт, что при низкой температуре (10°C) при частоте 833pps

деградация загрязняющего вещества эффективнее, чем при более низкой частоте.

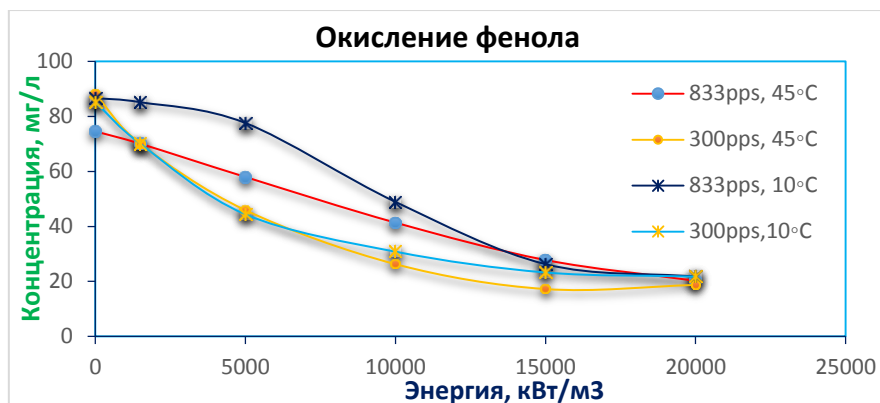


Рис.2. Окисление фенола

Это говорит о том, что в качестве активных окислителей выступают молекулы озона и непосредственно реагируют с молекулами загрязняющих веществ. А при низкой частоте, под воздействием высокой температуры, молекулы озона переходят в форму гидроксил радикалов, и происходит окисление по механизму, показанному в уравнениях 2,3. Окисление фенола (рис.2.) в очередной раз подтверждает наше заключение, основанное на результатах окисления щавелевой кислоты. Наиболее оптимальными условиями окисления является низкая частота импульсов при высокой температуре ( $45^{\circ}\text{C}$ ) и окисление при температуре  $10^{\circ}\text{C}$  с частотой 833pps.

Эффективность электроимпульсного разряда, полученного за счет высокого напряжения, была доказана в деградации загрязнителей в водоочистке [10], также для дезинфекции микро-биологически загрязненных жидкостей [11]. Электрический разряд в газовой среде также имеет широкое распространение в охране воздушного бассейна: удаление оксидов азота и серы из выбросов также удаление пылевых частиц из выбросов бумажной и металлургической индустрии [12,13,14]. Водоочистка, основанная на использовании электроимпульсных технологий для получения активных частиц, является молодым и динамично развивающимся методом. Что в свою очередь представляет собой площадку для новых исследований и внедрения инноваций, что приведет к совершенствованию данной технологии.

## Список информационных источников

1. Glaze W., Kang J.-W., & Chapin D. The chemistry of water treatment processes involving ozone, hydrogen peroxide and ultraviolet radiation// *Ozone Science & Engineering*.—1987—9— C. 335- 352.
2. Staehelin J., & Hoigné J. Decomposition of ozone in water in the presence of organic solutes acting as promoters and inhibitors of radical chain reactions// *Environmental Science & Technology*.— 1985—19— C.1206-1213.
3. Staehelin J., & Hoigné J. Decomposition of ozone in water: Rate of initiation by hydroxide ions and hydrogen peroxide// *Environmental Science and Technology*.— 1982—16— C.676-681.
4. Hoigné J., & Bader H. The role of hydroxyl radical reaction in ozonation processes in aqueous solution// *Water Research*.—1976—10(5)— C.377-386.
5. Glaze W., & Kang J.-W. Advanced oxidation processes for treating groundwater contaminated with TCE and PCE// *Laboratory studies. Journal (American Water Works Association)*.— 1988— 80(5)— C.57-63.
6. von Gunten U. Ozonation of drinking water: Part I. Oxidation kinetics and product formation// *Water Research*.— 2003—37(7)— C.1443-1467.
7. Bishop D., Stern G., Fleisch M., & Marshall L. Hydrogen peroxide catalytic oxidation of refractory organics in municipal waste waters// *Industrial & Engineering Chemistry, Process Design & Development*.— 1968—7(1)—C.110-117.
8. Ono R., & Oda T. Dynamics of Ozone and OH Radicals Generated by Pulsed corona discharge in humid-air flow reactor measured by laser spectroscopy// *Journal of Applied Physics*.— 2003— 93(10)— C.5876-5882.
9. von Sonntag C., & von Gunten U. *Chemistry of Ozone in Water and Wastewater Treatment: From Basic Principles to Applications*// London: IWA Publishing. 2003
10. Sun B., Sato M., & Clements J. S. Use of a pulsed high-voltage discharge for removal of organic compounds in aqueous solution// *Journal of Physics D: Applied Physics*.— 1999—32— C.1908-1915.
11. Anpilov A., Barkhudarov E., Bark Y., Christofi M., Kozlov Y., Temchin S. Electrical discharge in water as a source of UV radiation, ozone and hydrogen peroxide// *Journal of Physics D: Applied Physics*.— 2001— 34(6)— C.993-999
12. Urashima K., Chang J., & Ito T. Reduction of NO from combustion flue gases by superimposed barrier discharge plasma reactors// *IEEE Trans. Indust. Appl.*— 1997—33— C.879-886.

13. Rosocha L., Anderson G., Bechtold L., Coogan J., Heck H., Kang M., Wantuck P. Treatment of hazardous organic wastes using silent discharge plasmas // In B. Penetrante, & S. Schultheis (Eds.). – 1993 – Non-thermal plasma techniques for pollution control – С.281-308.

14. Dinelli G., Civitano L., & Rea M. Industrial experiments on pulse corona simultaneous removal of NO and SO from flue gas // IEEE Transactions on Industry Applications – 1990 – 26(3) – С.535- 541.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ СУШИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ХИМИКО- ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Сапо Т.Р.*

*Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Задорожная Т.А., ассистент кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

Увеличение производства порошковых лекарственных препаратов, представляющих наряду с пластмассами, синтетическими смолами, минеральными удобрениями повышенную пожаро- и взрывоопасность на стадии производства, сопровождается ростом числа пожаров и взрывов, человеческих жертв и материального ущерба.

Сушка является конечной стадией производства большинства готовых продуктов, а часто и полупродуктов в том случае, когда их необходимо накапливать или передавать на следующую стадию обработки в сухом виде, предпочтительнее пневмотранспортом.

В современной технологии химико-фармацевтической промышленности (ХФП) сушка и пневмотранспорт являются одной из важнейших операций, определяющих не только качественные показатели готовой продукции в целом, но и экономические показатели производства.

**Цель работы:** проанализировать безопасности сушильного оборудования в химико-фармацевтической промышленности.

### **Физико-химические свойства:**

Одним из основных факторов, определяющих их свойства, является влага, энергия связи которой позволяет классифицировать материалы как объекты сушки.

Влага может быть удалена различными способами:

1) механическим – путем фильтрования под давлением, вакуумом или центрифугированием. Эти способы наиболее часто применяются

для удаления механической влаги из материалов в химико-фармацевтической промышленности; однако обычно требуется более полное удаление влаги (для некоторых препаратов не более 0,5 ÷ 2%), тогда указанный метод используется в сочетании с другими;

2) физико-химическим – для чего высушиваемый препарат помещают в сосуд с веществом, поглощающим влагу. Таким веществом может быть: а) жидкость имеющая низкое давление паров, как, например, серная кислота или раствор хлористого лития или кальция (химический процесс сушки); б) твердое пористое вещество с сильно развитой поверхностью - адсорбент типа силикагеля (физический процесс сушки). В химико-фармацевтической промышленности этот способ применяют в основном при сушке в лабораторных масштабах;

3) тепловым – путем испарением влаги. Этот способ наиболее широко применяют в химико-фармацевтической промышленности, как основной процесс, когда требуется достаточно полное удаление влаги;

4) радиационным - путем облучения высушиваемого материала инфракрасными этот способ находит применение для сушки и стерилизации флаконов и ампул в туннельных сушильных стерилизаторах непрерывного действия, снабженных инфракрасным излучателями.

**Свойства влаги:** Степень пожарной опасности горючих жидкостей зависит от группы горючести, температур вспышки, воспламенения, самовоспламенения, концентрационных и температурных пределов распространения пламени.

**Горючие жидкости:** Горючие жидкости в зависимости от величины температуры вспышки паров подразделяются на легковоспламеняющиеся и горючие.

**Легковоспламеняющаяся жидкость (ЛВЖ)** - горючая жидкость, способная воспламеняться от кратковременно (до 30с) воздействия источника поджигания с низкой энергией (пламени спички, искры, тлеющей сигареты и т.п.) и имеющая температуру вспышки не выше 61°C.

**Горючая жидкость (ГЖ)** - жидкость, способная возгораться от источника поджигания, самостоятельно гореть после его удаления и имеющая температуру вспышки более 61°C.

К взрывоопасным относятся ЛВЖ, у которых температура вспышки не превышает 61°C, а давление паров при температуре 20°C составляет менее 100 кПа, и нагретые в условия производства до и выше температуры вспышки ГЖ.

**Определение гранулометрического состава и степени дисперсности.** Изучение гранулометрического состава имеет большое

значение для химико-фармацевтической промышленности, так как он определяет технологические обработки дисперсного материала; его используют для оценки качества и стоимости продуктов. Все фармацевтические порошки грубо- и полидисперсны, большинство из них имеет частицы, различимые невооруженным глазом (до 150 мкм и больше). Это позволяет применять два наиболее простых, доступных и достоверных метода анализа – микроскопической и ситовой.

Схема сушилки представлена на рисунке 1. Наиболее радикальным способом обеспечения безопасного процесса сушки могло бы явиться предотвращение образования горючих сред внутри оборудования. Но реализовать этот способ на большинстве типов сушилок без принятия специальных мер не удастся. Так же известно, что снижение горючести среды внутри работающего оборудования можно достигнуть применением инертных теплоносителей, а так же добавлением инертных материалов.

### Схема сушилки

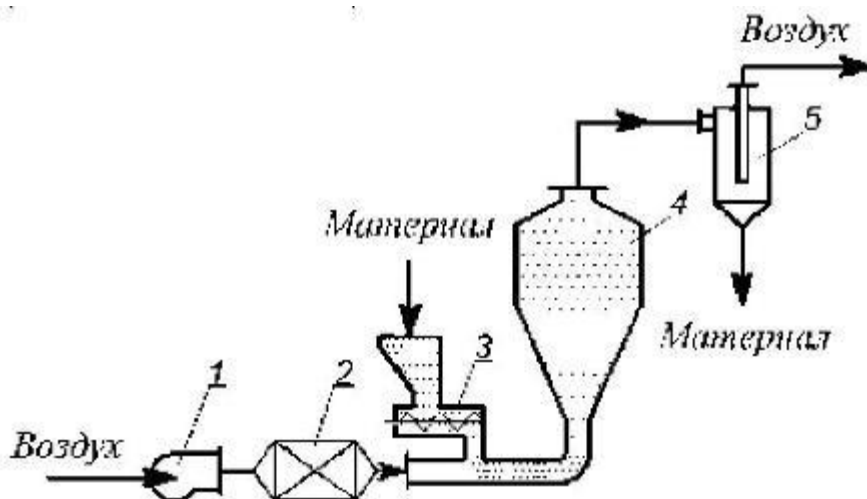


Рисунок 1.

Основные факторы пожара и взрыва технологического оборудования, в котором присутствуют горючие пыли [2].

Наличие взрывоопасной концентрации пыли в сушилке; выход взрывоопасной пылевоздушной смеси вследствие взрыва пылевоздушной смеси; самовозгорание слоя высушиваемого вещества в местах отложения; искры удара и трения; искры разрядов статического электричества; искры тления от нагревания теплоносителем.

**Циклон:** наличие взрывоопасной концентрации пыли в циклоне; самовозгорание пыли осевшей в конической части циклона; искры удара при очистке циклонов и при ликвидации зависаний.

**Рукавный фильтр:** образование взрывоопасной концентрации при встряхивании фильтра; пыление в местах отвода пыли из нижней части фильтра при встряхивании; искры разрядов статического электричества; самовозгорание пыли, отложившейся в рукавной части.

**Участок пневмотранспорта:** наличие взрывоопасной концентрации пыли; выход пылевоздушной смеси за пределы трубопровода вследствие не герметичности соединений или взрыве пылевоздушной смеси; самовозгорание слоя пыли на горизонтальных участках трубопровода, тупиках и коллекторах; искры разрядов статического электричества; искры ударов и трения.

**Бункер:** образование взрывоопасной концентрации пыли при ссыпке в бункер; искры разрядов статического электричества.

**Герметизация.** Весь комплекс сушильного оборудования необходимо компоновать таким образом, чтобы он находился под разряжением, т.е. вентилятор необходимо располагать на выходе из сушилки, за рукавным фильтром.

**Компоновка в помещении:** загрузочный бункер, калорифер и сушилка располагаются на стадии центрифугирования; высушенную смесь пневмотранспорт доставляет в развесочное помещение, где располагаются циклон и рукавный фильтр.

Известно [2], что аппараты или технологическое оборудование удовлетворяет требованиям электростатической искробезопасности, если возникновение разрядов статического электричества исключено, или существующие разряды имеют воспламеняющую способность в 2,5 раза меньше, чем минимальная энергия зажигания горючих смесей, обращающихся в производстве.

## Заключение

Основными электрическими показателями пожарной опасности аэрозвеси или отложенной пыли, являются минимальная энергия зажигания [3] и соответствующие ей допустимые значения зарядов в импульсных разрядах статического электричества.

Минимальная энергия зажигания, как и другие характеристики пожаровзрывоопасности обрабатываемых в производстве веществ, определялась согласно действующего стандарта [3]. Учитывая высокие скорости прохождения теплоносителя через сушильную камеру,



предложен такой режим, при котором в сушилке будет поддерживаться концентрация горючего и окислителя на безопасном уровне.

Технологическое оборудование необходимо конструктивно оформить системой защиты от разрядов статического электричества, допускающей возможность возникновения разрядов, но не способных воспламенить пылевоздушную смесь.

### **Список информационных источников**

1. Корольченко А.Я. Пожаровзрывобезопасность промышленной пыли. – М.: Химия, 1986. – 216 с.

2. Бесчастнов М.В. Взрывобезопасность и противоаварийная защита химико-технологических процессов. – М.: Химия, 1983. – 427 с.

3. ССБТ. ГОСТ 12.1.044-89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. Издательство стандартов, 1990, 144 с.

4. Веревкин В.Н., Яйлиян Р.А. Инструкция по установлению соответствия изделий с неметаллическими материалами требованиям электростатической искробезопасности. – Балашиха, ВНИИПО МВД СССР, 1976. – 44 с.

### **КОМПОЗИТНЫЙ ХИНГИДРОННЫЙ ДАТЧИК ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ pH ПОЧВ**

*Раденков Т.А, Сернецкий К.О.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Романенко С.В., д.х.н., заведующий кафедрой экологии и безопасности жизнедеятельности*

Измерение водородного показателя является актуальной задачей науки и техники. Контроль pH является неотъемлемой частью научно-исследовательской деятельности экологов, почвоведов, агрохимиков, биологов. Значение pH является одним из важнейших показателей состояния среды для добывающей промышленности, транспортной отрасли, при строительстве различных объектов.

Среди методов определения pH почв, наиболее распространённым является потенциометрия. Этот метод позволяет проводить измерения с достаточной точностью, удобным временем отклика и широкой областью условий применения. Удобство сбора и обработки необходимых данных выгодно выделяет потенциометрию относительно прочих методов измерения pH почв.

Потребность в контроле рН почв, в последние годы связана, преимущественно, с мониторингом состояния окружающей среды, определением коррозионной активности почв и оценкой агротехнической ценности различных районов. Для реализации этих целей на рынке представлены разнообразные устройства и датчики в широком ценовом диапазоне. Проблема заключается в наборе характеристик, которыми должен обладать рН датчик для решения различных задач в разных типах почв. При потенциометрическом определении рН почв, в ГОСТ 26423-85 рекомендовано использование стеклянного электрода в качестве эталонного рН датчика.

Стеклянный электрод представляет собой мембранный ионоселективный электрод. Электрический потенциал электродной системы в растворе чувствителен к изменению концентрации определённого вида ионов, что выражается в зависимости электродвижущей силы (ЭДС) гальванического элемента от концентрации этих ионов. Существует ряд недостатков, ограничивающих применение стеклянного электрода: низкая прочность, достаточно долгое установление равновесного значения потенциала (несколько минут), высокое внутреннее сопротивление (от десятков до сотен МОм), необходимость соблюдения специальных условий перевозки и подготовки к работе.

Таким образом, при соблюдении рекомендаций ГОСТ формируется противоречие между необходимостью экспрессного применения и получения надёжных результатов в жёстких полевых условиях датчиком, рассчитанным на использование, исключительно, в пределах лаборатории.

Измерение рН почв имеет определённые ограничения в области точности измерения любыми методами и устройствами. Из литературы [1] известно, что в пределах одного типа почв, водородный показатель может изменяться на 0,5-1 ед. рН. В связи с этим, снижаются требования к точности измерительных датчиков. При этом, датчик должен отвечать следующим требованиям:

- широкий диапазон измерения;
- отсутствие или минимизация погрешностей, связанных с вариативностью состава почв;
- воспроизводимость результатов измерений;

В зарубежных работах [2] была рассмотрена возможность применения хингидронного электрода для измерения рН водных растворов. Были получены результаты, согласно которым, хингидронный электрод является перспективной альтернативой

стеклянному электроду при проведении измерений в полевых и производственных условиях.

Таким образом, для решения противоречия, связанного с измерением рН почв стеклянным электродом, предлагается использование композитного хингидронного датчика [3].

Датчик обладает следующими преимуществами перед эталонным стеклянным электродом:

- быстрое установление потенциала(около минуты);
- высокие прочностные характеристики;
- более низкая стоимость материалов для изготовления;
- возможность удобного применения непосредственно на месте отбора пробы;

Таким образом, существует возможность замещения стеклянного электрода более простым, дешёвым и удобным аналогом.

### **Список использованной литературы**

1. Почвы СССР Т. В. Афанасьева, В. И. Василенко, Т. В. Терешина, Б. В. Шеремет; Отв. ред. Г. В. Добровольский. — М.: Мысль, 1979. — 380 с., карт. , 16 л. ил. — (Справочники-определители географа и путешественника).
2. A new pH-sensor based on quinhydrone. Scholz, F.; Düssel, H.; Meyer, V. Fresenius J. Anal. Chem. 347 (1993) 458-459
3. Композитный хингидронный датчик для контроля рН природных вод. Романенко С.В., Раденков Т.А., Кагиров А.Г. Ж. Контроль. Диагностика. (2011) Спец выпуск. с. 146-148.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПОРОШКОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ**

*Соловьев В.Н.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Задорожная Т.А, ассистент кафедры экологии  
и безопасности жизнедеятельности*

Одним из перспективных направлений развития техносферной безопасности является применение автоматических установок порошкового пожаротушения для мобильных модулей.

Данная тема актуальна в связи с необходимостью использования автоматических установок порошкового пожаротушения облегчающих принятие решений при разработке технологий базирующихся на мобильных модулях.

Цель работы заключается в том, чтобы аргументировано показать, что порошковое пожаротушение является одним из надежных методов защиты от пожаров в мобильных модулях.

ПКИОС – передвижной комплекс для исследования и освоения нефтегазовых скважин, состоит из современных технических и программных средств.

Назначением ПКИОС является автоматизированное измерение количества извлекаемой из недр продукции скважин на стадии разведки и опытной эксплуатации нефтяных и газовых месторождений.

Передвижные комплексы для исследования и освоения скважин помимо основных функций дополнительно используются для решения проблем сбора, подготовки и организации доставки добываемой продукции (нефти и пластовой воды).

Эксплуатация передвижных комплексов для исследования и освоения скважин (ПКИОС) возможна при полной автономии, отсутствии постоянно действующей транспортной коммуникации, линий электропередач, нефтегазосборного трубопровода, в любом климатическом исполнении, начиная от суровых условий Севера и заканчивая жаркими регионами Средней Азии и Ближнего Востока. Это позволяет значительно сократить инвестиции на стадии разбуривания участков месторождения (при поисковом или разведочном бурении) либо на начальном этапе эксплуатации месторождения [1].

Основным блоком в ПКИОС является блок тестового сепаратора, имеющего высокотехнологичные внутренние устройства, предназначенные для четкого разделения жидкой и газообразной фаз сырой нефти (газоконденсата), и приборы для измерения массы сырой нефти (конденсата), объемной доли воды с помощью влагомера (как опция) и объема нефтяного или природного газа. Общий вид комплекса ПКИОС представлен на рисунке 1.

В состав ПКИОС помимо тестового сепаратора могут входить:

- блок накопительных емкостей (возможно использование эластичных резервуаров в мягкой оболочке);
- блок насосной станции откачки жидкости;
- блок факельной установки (вертикальная или горизонтальная факельная установка с возможностью утилизации пластовой воды);
- блоки дозирования реагентов;

- блок нагрева продукции скважин;
- блок отстойников нефти и воды (совмещенный с накопительными емкостями);
- блок налива нефти;
- комплект межблочных трубопроводов, укладываемых на переносные стойки (переносных секционных гибких полимерно-металлических и стальных трубопроводов с фланцевыми и быстроразъемными соединениями);
- операторная, жилые блок-модули.
- система утилизации газа, включающая энергоблок (дизель генераторы с поршневым приводом или газотурбинные агрегаты, работающие на природном и попутном нефтяном газе).



Рис 1. Общий вид комплекса ПКИОС

В наполнение объема модуля с точки зрения пожарной нагрузки входят:

- Объекты, выполненные из дерева.
- Технологическое оборудование, насосы – перекачивающие горючие жидкости и т.д.
- Электрические подстанции-распределители.
- Технологические вагончики, располагающиеся на объектах нефти-газодобычи.

В случае ошибок персонала или чрезвычайной ситуации может возникнуть возгорание, пожар.

Опасными факторами пожара являются:

1. Огонь, высокая температура - поражает дыхательные пути, вызывает ожоги

2. Понижение концентрации кислорода, повышение концентрации (угарного газа) - вызывает удушье (гипоксию), ухудшает двигательные функции

3. Дым, токсичные продукты горения - вызывает отравление организма

4. Задымление - затрудняет ориентирование при эвакуации

Согласно ГОСТ 12.3.046 – 91[2] и СП 5.13130.2009[3] все административные и общественные здания, производственные и складские помещения, а также технологические помещения и электроустановки должны быть оборудованы автоматическими порошковыми установками. Передвижные мобильные модули также должны быть оборудованы автоматическими порошковыми установками пожаротушения.

Рекомендуемые области применения огнетушащего порошка: производственные, складские помещения (в т.ч. склады ЛВЖ и ГЖ), гаражи, помещения окраски, дизель генераторные, станции перекачки светлых и темных нефтепродуктов [4].

Установки могут применяться как для тушения всей площади или всего объема защищаемого помещения, так и для локального тушения на части площади или объема.

Огнетушащие порошки представляют собой мелкоизмельченные минеральные соли с различными добавками, препятствующими слеживанию и комкованию.

Физический принцип тушения заключается в образовании порошкового облака, которое накрывает определённую площадь защищаемого помещения, и тем самым ингибирует процесс горения.

Кроме того, образование порошкового облака в узких проходах или каналах имеет определённый огнезадерживающий эффект.

В локальных (или модульных) установках огнетушащий порошок хранится в специальных модулях, имеющих в составе устройство запуска (как правило, электрический пиропатрон), и баллон со сжатым газом, который в случае активации распыляет порошок, образуя облако.

По сравнению с другими огнетушащими веществами, порошки обладают рядом преимуществ:

- Экологическая безопасность, не содержат токсических компонентов и озоноразрушающих веществ;
- Эффективное подавление очага возгорания без участия человека на самых ранних стадиях пожара;
- Универсальность применения;

- Время срабатывания системы – до пяти секунд с момента обнаружения возгорания, позволяя тем самым значительно снизить материальный ущерб, порождаемый пожаром;

- Довольно высокая эффективность при сравнительно низкой стоимости [4].

Применение порошковых систем пожаротушения, по мнению специалистов, является одним из надежных способов обеспечения высокого уровня пожарной безопасности в зданиях и сооружениях любого функционального назначения.

### **Список информационных источников**

1. Крюков В.А. ЗАО НТК «МОДУЛЬНЕФТЕГАЗКОМПЛЕКТ»[Электронный ресурс]. Режим доступа - <http://www.indpg.ru/nik/2013/12/74404.html> свободный.

2. ГОСТ 12.3.046 – 91. ССБТ. Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 3с.

3. СП 5.13130.2009 СП «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования». – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 95с.

4. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 2. Автоматические установки пожаротушения: Учебник/[Смирнов В.И. и др.]. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007 – 298 с.: ил.

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЕРХОВОГО ЛЕСНОГО ПОЖАРА НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ PHOENICS**

*Сопруненко Э.Е., Перминов В. А., \* Рейно В.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Перминов В. А., д. ф.-м.н., профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

*Рейно В.В., с.н.с. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук (ИОА СО РАН), г.*

*Томск*

Лесные пожары являются основной причиной повреждения и гибели лесов на значительных площадях страны. По состоянию на

23.04.2015 на территории Российской Федерации действовало 56 лесных пожаров на площади 118 958 га [1]. Каждый год на территории лесного фонда России регистрируется от 10 до 35 тыс. лесных пожаров, которые охватывают площади от 0,5 до 2,5 млн. га. [2]. Как известно из всех видов пожара именно верховые лесные пожары считаются самыми страшными и опасными для леса, существующей инфраструктуры и человека [3].

Целью данной работы является создание трехмерной математической модели тепломассопереноса от верхового лесного пожара в условиях повышенной пожароопасности на основе законов механики сплошных сред и экспериментальных данных, и определение безопасного противопожарного расстояния [4] от границ застройки поселений до лесных массивов с учетом полученных в результате моделирования данных.

В качестве метода исследования был использован метод математического моделирования на основе численного анализа с помощью программного обеспечения PHOENICS [5] с использованием общей математической модели лесных пожаров [6]. PHOENICS [5] представляет собой многофункциональное программное обеспечение, которое позволяет решать одномерные, двумерные и трёхмерные задачи с учетом тепло- и массопереноса, турбулентности, переноса энергии излучением и химических реакций [7].

Для возникновения крупных лесных пожаров с переходом в верховые необходимо большое количество действующих очагов низовых пожаров, сухая жаркая погода (III-V класс пожароопасности), усиление ветра от умеренного до сильного и штормового. В таких условиях создаются условия угрозы уничтожения огнем населенных пунктов и объектов различного назначения, расположенных вблизи лесных массивов [8]. Анализ изученных данных о возникновении городских пожаров в результате действия на поселки и города природных, в том числе и лесных пожаров показывает, что один из возможных механизмов возникновения пожаров – это результат действия сильного природного пожара при одностороннем сильном ветре [3].

Под максимальной моделью леса мы будем понимать гипотетический лесной массив, в котором запас лесных горючих материалов для каждого из ярусов леса максимален, а их влагосодержание минимально. Очевидно, что при горении такого лесного массива температура горения и интенсивность пожара (количество тепловой энергии, выделившейся на единицу длины кромки пожара) будут максимальны, чем и объясняется название -



максимальная модель леса [9]. В результате моделирования в программе необходимо было получить распределение трехмерных полей температуры от очага верхового лесного пожара до деревянного строения и определить температуры на заданных расстояниях.

В построенной модели температура меняется от невозмущенного значения температуры окружающей среды  $T_e = 27^\circ\text{C}$  до температуры горения  $T_r = 1000^\circ\text{C}$ . Влагосодержанием лесных горючих материалов в данной модели мы пренебрегаем, т.к. рассматриваем засушливый в течение продолжительного времени период. Определяющим фактором внешней среды при моделировании является штормовая скорость ветра, заданная на уровне 11 м над землей в диапазоне от 25 до 40 м/с. Такие значения скорости и температуры воздуха выбраны, исходя из того, что мы рассматриваем условия повышенной пожарной опасности по метеоусловиям: высокую температуры воздуха, штормовой ветер и продолжительную засуху. В программе была задана расчетная область размером  $500 \times 500 \times 50$  м. В данной области был задан очаг горения в форме полуэллипса с размерами  $10 \times 50$  м на границе лесного массива (рисунок 1).

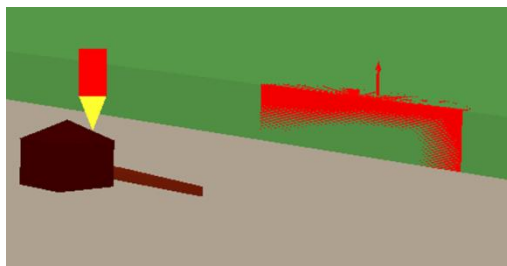


Рисунок 1 – Рассматриваемая модель (лесной массив, очаг пожара, деревянное строение)

Полученные распределения трехмерных полей температуры от очага верхового лесного пожара до деревянного строения были рассмотрены на уровне 11 м над землей, что можно условно принять за высоту двухэтажного дома (рисунок 2).

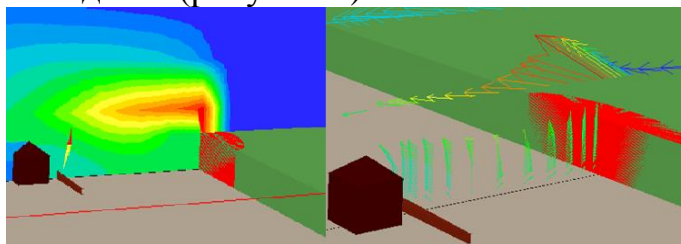


Рисунок 2 – Распределение трехмерных полей температуры от очага верхового лесного пожара до деревянного строения

Рассчитанные результаты работы могут быть использованы для определения безопасного расстояния в условиях повышенной

пожароопасности по метеоусловиям от границ застройки поселений до лесных массивов (Рисунок 3).

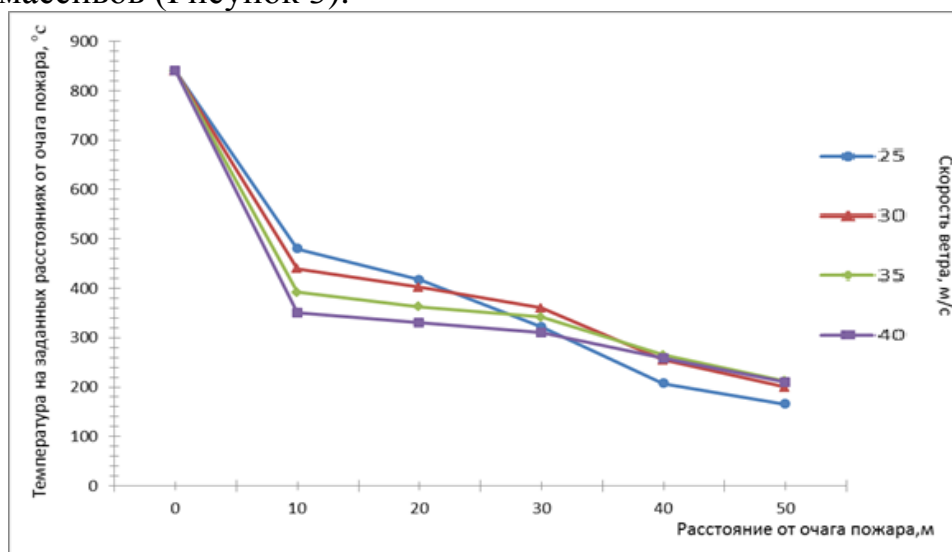


Рисунок 3 – Распределение температуры на расстоянии 50 м от очага лесного пожара до деревянного строения на уровне 11 м над землей в диапазоне скоростей ветра от 25 до 40 м/с

Согласно [4] противопожарные расстояния от границ застройки городских и сельских поселений с одно-, двухэтажной индивидуальной застройкой до лесных массивов установлены не менее 15 метров. Как видно из анализа полученных данных с помощью ПО PHOENICS расстояние в 15 м, установленное [4] не является безопасным расстоянием от границ застройки поселений до лесных массивов в условиях повышенной пожарной опасности. За критическую температуру, исходя из анализа литературных источников было принято значение температуры равное 300°C [10]. На основании полученных данных можно говорить о тридцатиметровой зоне воспламенения для строений, что упоминается также в работе [11]. Относительно безопасными расстояниями для деревянных строений согласно полученной модели в условиях повышенной пожарной опасности можно считать расстояния от 36 м и более.

### Список использованной литературы

1. Федеральное агентство лесного хозяйства [Электронный ресурс]/URL: [http://www.rosleshoz.gov.ru/forest\\_fires/info/644](http://www.rosleshoz.gov.ru/forest_fires/info/644). свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 05.04.2015 г.

2. Лесной дозор [Электронный ресурс]/URL: <http://www.lesdozor.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. Дата обращения: 9.04.2015 г.

3. Гришин А. М. Анализ действия лесных и степных пожаров на города и поселки и новая детерминированно-вероятностная модель прогноза пожарной опасности в населенных пунктах [Текст]/ Гришин А. М., Пугачева П. В. // Вестник Томского Государственного Университета. – 2009. – №1(6). – С. 41-48.

4.ФЗ-№123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», п. 15 ст. 69 – М.: 2008

5. CHAM PHOENICS Your Gateway to CFD Success [Электронный ресурс] URL: <http://www.cham.co.uk>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. Дата обращения: 10.11.2014 г.

6. Гришин А. М. Математические модели лесных пожаров. Томск: Изд.-во ТГУ, 1981. 277 с./ Гришин А. М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. Новосибирск: Наука, 1992. – 408 с.

7. Перминов В. А. Математическое моделирование процессов тепломассопереноса при пожарах с использованием программного обеспечения PHOENICS [Текст] / Перминов В. А., Шатохин А. А. // Вестник наук Сибири. – 2014. – №1(11). – С. 39.

8. Воробьев Ю. Л., Акимов В. А., Соколов Ю. И. Лесные пожары на территории России: состояние и проблемы. МЧС России. – М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004. – 312 с.

9. Гришин А. М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. Новосибирск: Наука. 1992. – 408 с.

10. Валендик Э. Н., Матвеев П. М., Софронов М. А. Крупные лесные пожары и борьба с ними. М.: Наука, 1979. – 198 с.

11. Cohen, J. Preventing Residential Fire Disasters During Wildfires. US Department of Agriculture. Forest Service Research. Rocky Mountain Research Station. Fire Sciences Laboratory. PO Box 8089. Missoula. Montana. USA 59807.

## **АНАЛИЗ АВАРИЙ И КАТАСТРОФ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

*Сураегин Н.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Романенко С.В., д.х.н., зав. кафедрой  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

Данная работа рассматривает актуальность исследования причин аварий зданий и сооружений, в статье приведены некоторые примеры расчетов устойчивости объектов, критерии строительства на определенных территориях.

**Целью данной работы** является выявление часто допускаемых ошибок влекущих за собой нарушения целостности здания,

**Задачи:**

1) выявить на каком этапе были допущены ошибки и в следствии каких факторов (При проектировании здания, отступлении от проекта при ведении строительных работ, нарушении правил монтажа, при вводе в эксплуатацию здания или отдельных его частей с крупными недоделками, при нарушении правил эксплуатации здания, а также вследствие природной или техногенной чрезвычайной ситуации);

2) проанализировать случаи аварий зданий и сооружений, обобщить причины вывода из эксплуатации;

3) проанализировать последствия аварии зданий и сооружений.

Аварии зданий и сооружений влекут за собой большие материальные убытки экологический ущерб от аварий, упущенная выгода в результате простоя предприятий, возникшего при аварии. Страдает жилой сектор, статистика показывает, что аварии там случаются более чем в два раза чаще. А ведь именно этот сектор является более незащищенным.

Выводы по проделанной работе, обобщения причин аварий;

1) Выявлено, что большая часть аварий зданий и сооружений происходит из-за не учёта особенностей местности, несоблюдения правил при строительстве;

2) В два раза чаще аварии зданий и сооружений происходят в жилых секторах;

3) Использования не качественного строительного материала;

4) Человеческий фактор;

5) Конструктивные недостатки при проектировании зданий и сооружений.

Последствия аварий зданий и сооружений:

1) Материальные убытки;

2) Человеческие жертвы;

3) Остановка производства;

4) Потеря жилья.

Наглядным примером может быть спетакское землетрясение, землетрясение магнитудой достигала 8.2-11.2 балла обратил город в руины Так как были не учтены сейсмичности местности, допущены ошибки в строительстве, неразумное расположение города, несоблюдение или выполнение с низким качеством конструктивных мероприятий, обеспечивающих сейсмостойкость зданий и сооружений (отсутствие антисейсмических поясов, необеспечение жесткости дисков перекрытий и покрытий, отсутствие арматурных сеток в каменной

кладке и Спетацкое землетрясение унесло по меньшей мере 25 000 жизней, вывело 40 процентов из строя промышленности Армянской ССР. Но Армянская АЭС близ г. Спетацкля не пострадало.

Доказана целесообразность проведения дальнейших исследований.

### **Список информационных источников**

1. Калинин А.А. Обследование, расчет и усилие зданий и сооружений. Учебное пособие. - М.: АСВ, 2002. - 160 с

2. Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

3. Статья обзор аварий зданий и сооружений, произошедших в 2010 году. Личный сайт Еремина Константина Ивановича [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.eremin.weld.su/>

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОНТУРА ВЕРХОВОГО ЛЕСНОГО ПОЖАРА**

*Толмачев Г. А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Перминов В. А., д. ф-м.н., профессор кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

Проблема математического моделирования процессов горения при лесных пожарах изучается уже в течение многих лет. Разработка математических моделей распространения пожара позволяет предсказать его поведение, что может помочь более эффективному проведению противопожарных мероприятий. Однако, ключевой проблемой при этом является необходимость сбора большого количества информации об условиях горения и противопожарных мероприятиях. В последнее время в связи с созданием и вводом в эксплуатацию Информационной системы дистанционного мониторинга, основанной на использовании спутниковой информации о пожарной обстановке в лесах, сложились благоприятные условия для разработки систем моделирования и прогнозирования лесных пожаров на всей территории России.

Следует отметить, что для решения задач моделирования крупных многодневных лесных пожаров требуются значительные вычислительные ресурсы и использование кластерных

вычислительных систем является одним из способов решения данной проблемы. [3]

Целью моей работы является, создание интерфейса в программе Matlab, который поможет точно показать графически контур распространения верхового лесного пожара, который зависит от времени, скорости ветра и других параметров. И приступить к проведению организационных мероприятий по их тушению.

Первичными исходными данными для подсистемы являются элементы графики, обозначающие существующий пожар, которые пользователь наносит на электронную карту. Они могут быть представлены в виде точек для эпицентров пожаров или фигур произвольной формы для контуров пожаров. На следующем этапе в зависимости от выбранной модели прогноза вводятся дополнительные параметры, специфические для данной модели. При этом максимально учитывается геоинформационная составляющая. Указывается растровые слои цифровой модели рельефа, влажности, подстилающей поверхности для учета факторов, действующих на заданной территории. На последнем этапе указываются цифровые значения или база геоданных. Все расчеты происходят в фоновом режиме и автоматически отображаются на карте согласно стилю отображения, заранее заданному пользователем. [1], [2]

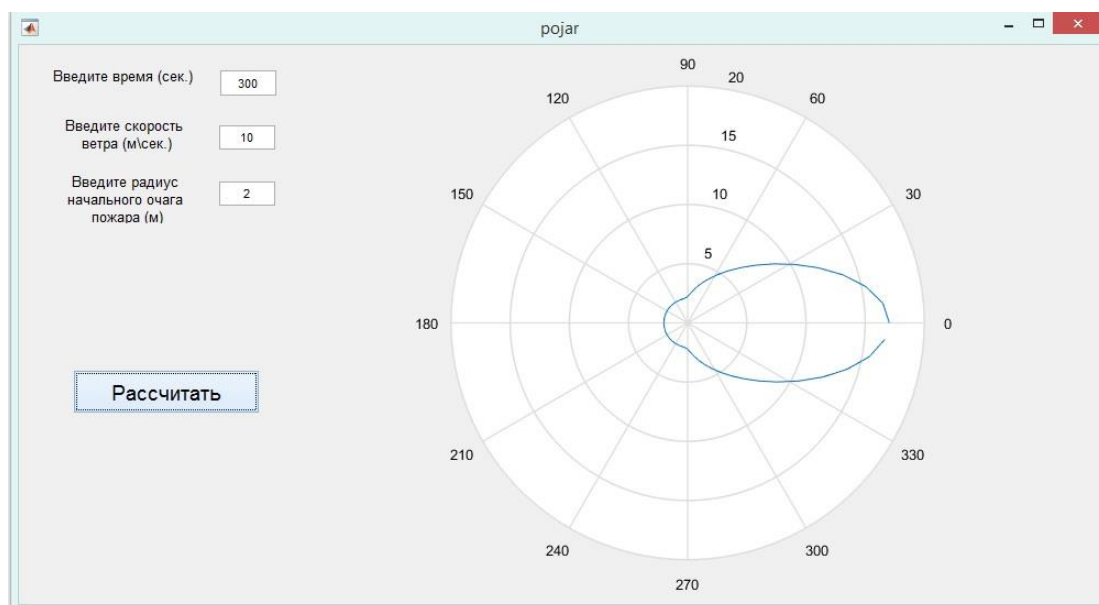


Рисунок 1. Интерфейс программы Matlab.

В данном примере мы ввели данные, которые характеризуют каким будет положение фронта пожара в определенное время. Для этого мы ввели данные, которые определяют это местонахождение, а именно:

время равное 5 мин., скорость ветра, равное 10м/с. и радиус начального очага, равное 2м.

### **Выводы**

Таким образом, разработан интерфейс программы для визуализации распространения контура верхового лесного пожара, в зависимости от скорости ветра, времени и других параметров.

Предложенную модель можно использовать для прогнозирования распространения лесных пожаров и проведение организационных мероприятий по их тушению.

### **Список информационных источников**

1. Гришин А.М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. Новосибирск: Наука 1992, 407 с. Методика оперативной оценки последствий лесных пожаров. – М., ВНИИ ГОЧС, 2001.

2. Доррер Г. А. Математические модели динамики лесных пожаров / Георгий Алексеевич Доррер. – М.: Лесная пром-сть, 1979. 160 с.

3. Обнаружение очагов лесных пожаров и прогноз динамики их распространения. Абрамов Ю. А., Комяк В. А., Комяк В. М., Рева Г. В., Росоха В. Е. – Харьков: АГЗ Украины, 2004. – 145с.

## **РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ БЛОКИРОВКИ ПУТЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ В ДВУХЭТАЖНОМ ЗДАНИИ**

*Третьякова М.О.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Перминов В.А., д.ф.-м.н., профессор  
кафедры экологии безопасности жизнедеятельности*

PHOENICS является программным обеспечением общего назначения, которое использует технику CFD (т.е. вычислительной гидродинамики). С помощью PHOENICS можно предсказывать количественно и качественно внутренние и внешние течения потока жидкости (воздуха, воды, пара, масла, кровь и т.д.) для двигателей, технологического оборудования, зданий, человеческих существ, озер, рек и океанов и так далее. С помощью PHOENICS можно рассчитывать распределения температуры и химического и физического состава, напряжений в твердых телах.

В PHOENICS выполняются три основные функции:

- Определение задачи, в которой пользователь устанавливает ситуацию для моделирования и вопросы, на которые он хочет получить ответы;
- Моделирование с помощью проведения вычислений;
- Представления результатов вычислений путем графического отображения, таблицы чисел, и другие средства.

Обобщенная форма уравнения, которое используется для записи уравнений для всех функций (уравнение неразрывности, 3 компоненты скорости, температуры, концентрации, турбулентных характеристик  $k-\epsilon$ ) в программе PHOENICS:

$$\frac{\partial(\rho\phi)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} \left( \rho U\phi - \Gamma_\phi \frac{\partial\phi}{\partial x_k} \right) = S_\phi$$

где:  $\phi$  - переменная (неизвестная функция);

$\rho$  – плотность;

$U$  - Вектор скорости;

$\Gamma_\phi$  - Диффузионного коэффициента обмен на  $\phi$ ;

$S_\phi$ - источниковое слагаемое различное для соответствующих уравнений(градиент давления, источник тепла или массы – скорость химической реакции). Его конкретные формы зависят от соответствующего уравнения.[3]

В ПО PHOENICS все уравнения решаются методом контрольного объема в формулировке уравнения баланса. Вся расчетная область разбивается на контрольные объемы. Дискретный аналог получают интегрированием дифференциальных уравнений по контрольным объемам. После интегрирования дискретный аналог имеет вид:

$$a_P\Phi_P = a_E\Phi_E + a_W\Phi_W + a_N\Phi_N + a_S\Phi_S + a_T\Phi_T + a_B\Phi_B + b$$

Дано двухэтажное здание (Рис.1) с размерами здания 10 м x 10 м x 6 м. На передней стене (плоскость YOZ) в углу(в конце оси OY), где пересекаются плоскости расположена дверь. Имеется лестница на второй этаж (Рис.1). Внутри помещения имеется очаг тепломассовыделения (очаг горения). В Таблице 1 представлены геометрические размеры помещения, расположение очага горения.

Таблица 1. Геометрические размеры помещения

Наименование предмета	Размер предмета, м			Место расположения предмета, м		
	x	Y	Z	x	y	z
дверь	0	1	2	0	9	0
очаг горения	1	1	0.5	4.5	4.5	0



лестница	9	1	3	0	0	0
лестница 2	1	1	3	9	0	0
2 этаж	10	9	0	0	1	3
вентиляция	1	1	0	4.5	4.5	6

Размер здания 10 м x 10 м x 6 м.

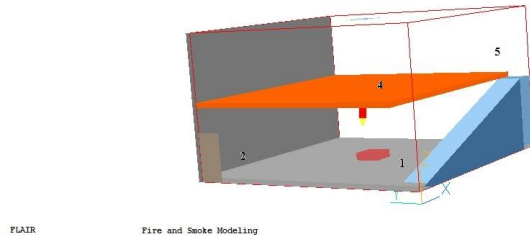


Рис.1. Вид помещения

На основе изложенной математической постановки проводились численные расчеты по определению картины процесса теплообмена в заданном помещении. В результате численного интегрирования получены поля скорости, давления и температуры (Рис.1, Рис.2, Рис.3).

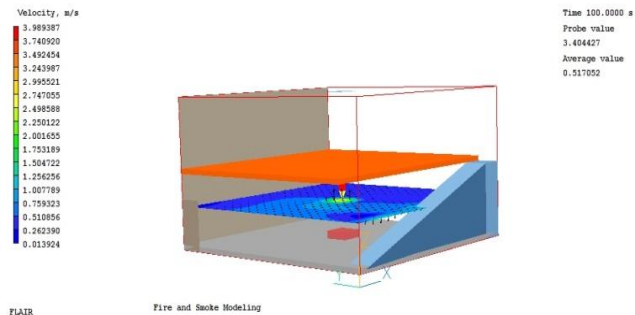


Рис.2 Поле скорости в плоскости YOx при z = 1,7

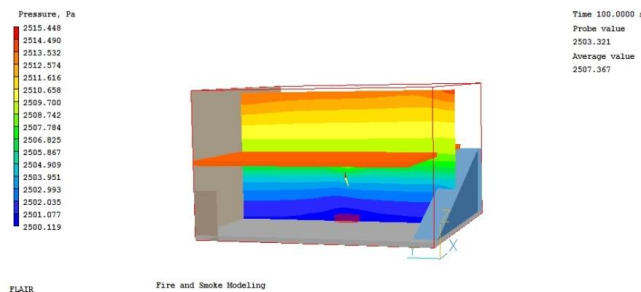


Рис.3 Поле давления в плоскости YOz при x = 5

На Рис.3 распределение температуры считалось на высоте 1,7 м для определения критических значений температуры, чтобы в дальнейшем определить время блокировки путей.

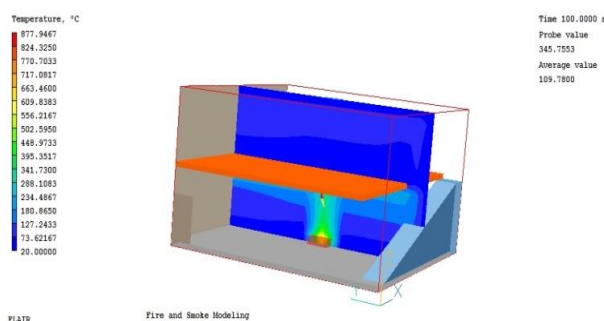


Рис.4 Поле температуры в вертикальной плоскости YOZ при  $x = 5$

На рис.4 наивысшая температура достигается в верхней части первого этажа.

Целью расчета является оценка возможности безопасной эвакуации людей, следовательно, критерием оценки пожарной опасности объекта будет являться время блокирования эвакуационных путей. Считаем, что блокирование эвакуационного пути происходит при заполнении его дымом на высоте 1,7 м от пола. Поскольку другие источники тепловыделения, кроме очага пожара, отсутствуют, и температура окружающей среды равна температуре внутри помещения, в качестве границы распространения дыма принимаем изолинию температуры на 1 К выше начальной. Таким образом, для определения значения критерия необходимо рассчитать температурный режим в помещении.

Время блокировки путей определялось в пяти различных точках (Таблица 2). Точка 1 с координатами  $x=1; y=1; z=1,7$  расположена на первом этаже возле лестницы. Точка 2 с координатами  $x=1; y=9; z=1,7$  расположена на первом этаже возле двери. Точка 3 с координатами  $x=9; y=1; z=1,7$  расположена в правом верхнем углу первого этажа. Точка 4 с координатами  $x=1; y=1; z=4,7$  расположена в правом нижнем углу второго этажа. Точка 5 с координатами  $x=9; y=1; z=4,7$  расположена на втором этаже возле выхода к лестнице. Наименьшее время блокировки путей происходит в первой точке. Эту точку берем как критическое время блокировки путей Рис.1.

Таблица 2. Время блокировки путей в различных точках

	Точка 1,	Точка 2,	Точка 3,	Точка 4,	Точка 5,
Время блокировки путей, мин.	1,016	1,16	2	1,58	1,92

Таким образом, с помощью ПО PHOENICS решена задача по определению критического времени блокировки путей. Зная время блокировки путей, можно принять меры по совершенствованию пожарной безопасности. Например, здание необходимо оборудовать системой оповещения о пожаре, средствами автоматической сигнализации.

### **Список информационных источников**

1. Патанкар С.В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 152 с.
2. Perminov V. Numerical Solution of Reynolds equations for Forest Fire Spread // Lecture Notes in Computer Science. - 2002. -V.2329. -P.823-832
3. Lectures describing the basic functions of PHOENICS [Электронный ресурс]  
[http://www.cham.co.uk/phoenics/d\\_polis/d\\_lecs/general/intrlecs.htm](http://www.cham.co.uk/phoenics/d_polis/d_lecs/general/intrlecs.htm).

## **АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ХВОСТОХРАНИЛИЩ ЗОЛОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

*Фахртдинова О.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Назаренко О.Б., д.т.н., профессор кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

В данной работе проведен анализ технологии очистки сточных вод хвостохранилищ золотодобывающего предприятия (Кыргызстан). Месторождение разрабатывается открытым карьерным способом. Технологическим процессом извлечения золота предусмотрено флотирование измельченной руды, экстракции золота из концентрата цианистыми щелочами с последующим его осаждением на активированном угле. Хвосты обогащения после переработки направляются по трубопроводу в хвостохранилище, расположенное в 900 метрах от предприятия.

Хвостохранилище – комплекс специальных сооружений и оборудования, предназначенный для хранения или захоронения радиоактивных, токсичных и других отвалных отходов обогащения полезных ископаемых, именуемых хвостами. На горно-обогатительных

комбинатах из поступающей добытой руды получают концентрат, а отходы переработки перемещают в хвостохранилище.

Хвосты необходимо прокрыть двухметровым слоем соответствующего материала для минимизации инфильтрации, а откосы укрепить для предотвращения эрозии. После этого сток воды с поверхности хвостохранилища будет контролироваться и при необходимости обрабатываться на сооружениях перед выпуском. Очистные сооружения сточных вод будут работать до тех пор, пока качество очищаемых сточных вод не будет отвечать требуемым нормам, после чего очистные сооружения будут ликвидированы. Восстанавливаемое оборудование будет очищено и вывезено с площадки. Сооружения и отходы вывезены и размещены в открытом карьере. Загрязненные материалы будут вывезены из пруда доочистки сточных вод и размещены в открытом карьере. Район будет спланирован до естественного состояния [1].

В северной и западной стороне построены отводные каналы для отвода поверхностных вод от поверхности хвостохранилищ. Хвосты, цикл их переработки и система обработки сточных вод включает следующее:

- трубопровод для перекачки хвостов обогатительной фабрики в район хвостохранилища;
- дамба и бассейн хвостохранилища;
- накопитель фильтрационных вод и насосное хозяйство;
- накопитель оборотной, технической воды и трубопроводы;
- очистные сооружения сточных вод трубопроводов сточных вод и пруд доочистки сточных вод;
- накопитель сточных вод и трубопровод выпуска сточных вод в реку.

Пульпа, состоящая на 45 % по весу из твердых частиц, транспортируется в район хвостохранилища [2]. Хвосты распределяются по площади хвостохранилища трубопроводами переменного диаметра для равномерного распределения пульпы и промораживанию осадка. Дамбы сооружены из аллювиального материала с синтетической прокладкой со стороны верхнего откоса.

Насосы, смонтированные на накопителе, постоянно перекачивают воду из хвостохранилища обратно на предприятие для использования в качестве технической воды. По трубопроводу вода направляется на предприятие, где предварительно обрабатывается перекисью водорода для снижения содержания цианидов до необходимого уровня и предотвращения осложнения во флотационном цикле.

В теплое время года хвостохранилище, не требующее перекачку на обогатительную фабрику, очищается на очистных сооружениях сточных вод и направляется в пруд доочистки и для временного хранения.

Объем хранилища должен быть достаточным для приема хвостов на период проектного срока эксплуатации, для чего необходимо произвести расчет хвостохранилищ и определить зависимости от начальных условий. На основе математической модели будут проведены численные расчеты по определению картины процесса.

### **Список информационных источников**

1. Аксенов С.Г. Основные принципиальные положения конструирования ограждающих сооружений хвосто- и шламохранилищ // Белгород: ГУПВИОГЕМ. – 1997. – № 1. – С. 144–150.
2. Айриянц А.А., Бортникова С.Б. Хранилище сульфидсодержащих отходов обогащения как источник тяжелых металлов (Zn, Pb, Си, Cd) в окружающей среде // Химия в интересах устойчивого развития. – 2000. – № 3. – С. 315–326.

## **ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ОБЩЕЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ» В ТПУ**

*Фрянова К. О.*

*Томский политехнический университет, г.Томск*

*Научные руководители: Вторушина А.Н., к.х.н., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности,*

*Ларионова Е.В., к.х.н., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

В 2010 году в Томском политехническом университете был осуществлен первый набор студентов на направление обучения 280700 «Техносферная безопасность».

В соответствии с Приказом Министерства образования и науки РФ от 14 декабря 2009 года № 723 «Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 280700 Техносферная безопасность (квалификация (степень) «бакалавр»)» на каф. Экологии и безопасности жизнедеятельности была разработана Основная образовательная программа (ООП) по данному направлению обучения.

Обучение студентов осуществляется по двум профилям подготовки: инженерная защита окружающей среды и защита в чрезвычайных ситуациях.

Образовательная программа направлена на подготовку высококлассного специалиста – бакалавра в области инженерной защиты окружающей среды и защиты населения и объектов хозяйственной деятельности в чрезвычайных ситуациях, как гармонично сформированную личность, способную быть лидером, работать в команде, действовать и побеждать в условиях конкурентной среды [1].

Выпускники программы готовятся к проектно-конструкторской, организационно-управленческой, научно-исследовательской, сервисно-эксплуатационной, а также экспертной, надзорной и инспекционно-аудиторской деятельности на объектах отраслей народного хозяйства в соответствии с профилем подготовки.

Изучение таких специальных дисциплин, как теория горения и взрыва, медико-биологические основы БЖД, надежность технических систем и техногенный риск, надзор и контроль в сфере безопасности, опасные природные процессы, математическое моделирование процессов в ЧС, организация и ведение аварийно-спасательных работ, системы связи и оповещения, радиационная и химическая защита, пожаровзрывозащита, безопасность спасательных работ, материально-техническое обеспечение, тактика сил Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны, устойчивость объектов экономики в ЧС, психологическая устойчивость в ЧС, спасательная техника и базовые машины позволяет студентам приобретать в процессе обучения компетенции, обозначенные в ФГОС.

Разработанная ООП «Техносферная безопасность», согласно которой ведется обучение студентов, имеет ряд особенностей, которые проявляются в следующем:

\* Оценка уровня подготовки определяется общекультурными и общепрофессиональными компетенциями выпускников, определенными в ФГОС ВПО.

\* Использование кредитной системы ECTS (European Credit Transfer System) для оценки компетенций, а также дидактических единиц программы, обеспечивающих их достижение.

\* Использование рейтинговой системы контроля качества учебной деятельности как инструмента мотивации систематической работы студента.

\* Учет требований международного стандарта BS EN ISO 9001:2008 , Европейских стандартов и руководств для обеспечения качества высшего образования (ESG, Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area), национальных и международных критериев качества образовательных программ (Ассоциации инженерного образования России, согласованных с EUR-ACE Framework Standards for Accreditation of Engineering Programmes и FEANI).

\* Привлечение специалистов-производственников в области защиты окружающей среды и защиты в чрезвычайных ситуациях для определения содержания профессиональных задач, решаемых на производстве, применительно к профилям подготовки бакалавров.

\* Использование в учебном процессе специализированных научно-исследовательских лабораторий, лабораторий защиты окружающей среды и защиты в чрезвычайных ситуациях, класса гражданской обороны в чрезвычайных ситуациях, лаборатории анализов объектов окружающей среды.

\* Активная академическая мобильность студентов и сотрудников. Совершенствование языковых, коммуникативных и профессиональных навыков и знаний студентов кафедры ЭБЖ осуществляется посредством их активного участия в программах международного академического обмена. [1]

Эти особенности существенно повышают качество программы, что делает ее привлекательной для выпускников школ России, ближнего и дальнего зарубежья и обеспечивает выпускникам конкурентные преимущества на рынке труда.

Педагогический коллектив кафедры постоянно стремится усовершенствовать процесс обучения по данной специальности. Для работы со студентами привлекаются высококвалифицированные специалисты в области техносферной безопасности, которые передают свои знания и накопленный опыт новому поколению, кафедра сотрудничает с различными предприятиями и организациями не только г.Томска и Томской области, но и России и ближнего зарубежья, что дает возможность студентам проходить специализированные производственные практики, непосредственно на своем опыте применять знания, полученные во время обучения, обмениваться опытом с персоналом.

Введен новый вид деятельности для студентов младших курсов – творческий проект, который позволяет обучающимся развивать навыки работы в коллективе, попробовать себя в роли молодого ученого, решающего реальные исследовательские задачи. Нередко, результаты,

полученные в процессе выполнения творческих проектов, становятся первой ступенью в научно-исследовательской работе, с которой студенты выступают на конференциях и участвуют в конкурсах разного уровня.

Проходя обучение по данной образовательной программе, студенты вовлечены не только в углубленное изучение специальных технических дисциплин. Предусмотренный курс гуманитарных наук позволяет университету подготовить специалиста с широким кругозором, компетентного не только в своей сфере деятельности.

Активное участие во внеурочной деятельности позволяет студентам развить свои способности и адаптироваться в производственной и социальной среде. Стало уже традиционным обучение и аттестация по программе первоначальной подготовки спасателей, газоспасателей, получение сертификатов по оказанию первой доврачебной помощи пострадавшим, организации быта в полевых условиях. Подобная организация образовательного процесса вносит неоценимый вклад в подготовку молодых кадров.

Первый выпуск бакалавров по специальности «Техносферная безопасность» был подготовлен по профилю обучения «защита в чрезвычайных ситуациях» в 2014 году. Это специалисты, способные самостоятельно решать комплексные задачи по обеспечению безопасности населения и окружающей среды, имеющие широкий спектр знаний в области техносферной безопасности. Обучение по данной ООП позволило выпускникам уже в стенах ВУЗа найти применение своим теоретическим знаниям на практике.

На сегодняшний день бакалавры-выпускники 2014 года трудятся на различных предприятиях России (г. Томск и Томская область, Якутия, Кузбасс), многие продолжили свое обучение в стенах ТПУ по профилю «Техносферная безопасность» в магистратуре.

### **Список информационных источников**

1. Основная образовательная программа высшего профессионального образования. Общие положения. 63 стр.



## **ВЛИЯНИЕ НА ТЕХНОЛОГО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РИСКИ ВРЕМЕННОГО ФАКТОРА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПЛАМЕННОГО ГОРЕНИЯ ТВЕРДОФАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Фрянова К.О.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Сечин А.И., д.т.н., профессор кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

В ходе функционирования химико-фармацевтического предприятия в технологических объемах осаждаются пылеобразующие частицы, которые способные к самовозгоранию, что может привести к негативным последствиям. Именно поэтому определение технолого-производственного риска процесса, обеспечение его безопасности, создание надежных расчетных методов в данной отрасли является весьма актуальным.

Производственный риск – это вероятность несения предприятием дополнительных издержек или убытков, которые связаны со сбоями в технологическом процессе или остановкой производства, несоблюдением технологического процесса при выполнении операций или деятельности персонала, использованием сырья ненадлежащего качества и т.п. [1]

Производственные риски, в первую очередь, связаны с производством продукции, услуг и товаров, а также с осуществлением различных видов производственной деятельности, в процессе которой руководство предприятия сталкивается с проблемами нерационального использования сырья, увеличения потерь рабочего времени, роста себестоимости конечного товара, использования новых методов производства, а так же с возникновением непредвиденных ситуаций аварийного характера.

Процесс технологического производства включает в себя несколько различных этапов, на каждом из которых существует вероятность, что предприятие может понести потери в связи с непредвиденными событиями, к которым можно отнести ошибочные действия руководства или негативное воздействие внешней среды [2]. При реализации производственной деятельности стоит учитывать вероятность возникновения различного вида рисков на каждой ступени производственного процесса, начиная от закупки сырья и заканчивая реализацией конечной продукции.

Согласно проведенному в работе анализу к технолого-

производственным рискам предприятия относятся на стадии готовой продукции и ее реализации. Недостатком этого является отсутствие, как анализа, так и методологии определения технологических рисков, рисков выхода оборудования из состояния устойчивого функционирования, что является предшествующим фактором при развитии ЧС.

В данной работе, большее внимание уделено риску развития чрезвычайной ситуации – воспламенения перерабатываемого материала и, как следствие этого, развитие пожара.

При ознакомлении с существующими расчетно-аналитическими методами изучения термической стабильности полупродуктов и реакционных масс в изотермических условиях было выявлено, что в настоящее время существует два вида термического анализа: количественный; качественный.

Качественный термический анализ является идентификацией исследуемого образца, основанной на данных о температурах его термических превращений.

Целью количественного анализа является определение количественного состояния исследуемого образца или характеристик данного образца и процесса.

В России наиболее популярным является определение термической стабильности по Методике определения условий теплового самовозгорания веществ и материалов.

Прибегая к данным расчетно-аналитическим методам изучения термической стабильности веществ и материалов в изотермических условиях, можно получить достоверную информацию о способности сохранять целевое вещество.

Сложность проблемы заключается в том, что критерии, которые позволяют оценить термическую устойчивость органического соединения, до сих пор не определены.

Для определения условий теплового самовозгорания материалов, необходимо построение дерева событий. Данный метод позволяет проследить развитие возможных аварийных ситуаций и аварий, возникающих вследствие реализации событий, инициирующих аварийную ситуацию. Главное преимущество дерева событий (по сравнению с другими методами) заключается в том, что анализ ограничивается выявлением только тех элементов системы и событий, которые приводят к определенному отказу системы или аварии.

Данный метод позволяет выявить слабые места в технологическом производственном процессе, а так же получить более полное

представление о поведении самой системы в моменты выхода оборудования из устойчивого функционирования.

На основе уравнения материального баланса предложена математическая модель для определения времени индукции появления взрывоопасных концентраций внутри технологического оборудования, благодаря которой возможно рассчитать время достижения ПДК взрывоопасной пыли в воздухе, время ведения аварийных работ, время развития аварийной ситуации, когда среда будет готова к взрыву.

Если известна скорость поступления пара или газа в производственное помещение при повреждении или аварии аппарата, то можно определить тот промежуток времени, в течение которого концентрация горючего вещества в помещениях достигнет взрывоопасных пределов.

Естественно, что минимальный промежуток времени образования взрывоопасных концентраций при всех прочих равных условиях будет соответствовать концентрации шара или газа, Равной нижнему пределу воспламенения  $C_{НПВ}$  с учетом коэффициента запаса  $\alpha$ .

В общем виде длительность нарастания взрывоопасной концентрации будет зависеть, кроме  $C_{НПВ}$  и  $\alpha$ , от объема помещения  $V$ , воздухообмена  $n$  и интенсивности поступления газа  $f$ ,  $w$ , т. е.

$$\tau = F(C_{НПВ}, \alpha, V, n, f, w) \quad (1)$$

Рассмотрим более конкретно эту функциональную зависимость.

При отсутствии воздухообмена в помещении. Когда производственное помещение не имеет принудительной вентиляции или вентиляция не надежна (отсутствует резервный вентилятор, не осуществлено питание электродвигателей от двух независимых фидеров), создаются наиболее благоприятные условия для образования взрывоопасных концентраций при повреждениях и авариях производственного оборудования или трубопроводов.

В этом случае количество горючего вещества, выходящего наружу из оборудования за промежуток времени  $d\tau$ , должно быть равно приращению количества горючего вещества в воздухе помещения за тот же промежуток времени  $d\tau$ , или

$$qd\tau = VdC, \quad (2)$$

где  $q$  — количество вещества, выходящего наружу в единицу времени;  $V$  — объем помещения;  $dC \sim$  приращение концентрации горючего вещества за время  $d\tau$ .

Проинтегрировав уравнение (2), получим:

$$q \int_0^{\tau} d\tau = V \int_0^{C_{НПВ}} dC,$$

$$q\tau = VC_{НПВ}.$$

Учитывая коэффициент неравномерности распределения концентрации или коэффициент запаса, равный 0,5, окончательно будем иметь

$$\tau = \frac{0,5C_{НПВ}V}{q}, \quad (3)$$

Если концентрация нижнего предела воспламенения  $C_{НПВ}$  берется в объемных долях, то интенсивность поступления горючего вещества должна быть взята в  $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ , а  $\tau_{взр}$  будет в сек.

Таким образом, мы получили выражение по которому можно определить время за которое в рассматриваемом помещении накапливается концентрация горючего вещества до величины концентрационного предела взрываемости.

#### **Список информационных источников**

1. Управление рисками предприятия: учебное пособие / В.Н. Уродовских. – М.: Вузовский учебник, ИНФРА – М, 2011год. – 168с.
2. Анализ и оценка рисков предприятий производственной сферы в процессе инвестиционного проектирования / Г.В. Прибыткова. – Вестник МГТУ, 2005 год. – том 8. - №2. – 300-305с.
3. Лекции по пожарной безопасности технологических процессов [Электронный ресурс] URL: <http://lib.rushkolnik.ru/text/24502/index-1.html?page=5#1>

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОТИВОПОЖАРНОГО РАЗРЫВА КОНЕЧНЫХ РАЗМЕРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕСНЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ И СКОРОСТИ ВЕТРА**

*Фрянова К.О., Гербель Д.П.*

*Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Перминов В.А., д. ф.-м. н., профессор  
кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

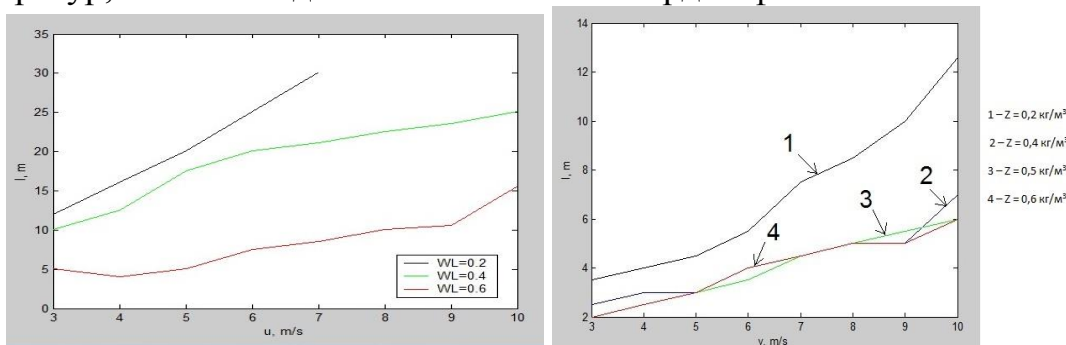
На настоящий момент до конца не выяснены механизмы и условия возникновения различных видов лесных пожаров. Тушение лесных пожаров требует больших затрат сил и средств, и, в подавляющем

большинстве случаев, малоэффективно или невозможно. Экспериментальные методы изучения лесных пожаров являются дорогостоящими и не позволяют проводить полное физическое моделирование данного явления, представляют интерес теоретические методы исследования. [3]

Поэтому изучение поведения верховых лесных пожаров с помощью метода математического моделирования помогает разработать профилактические меры по предотвращению и определению возможности возникновения лесных пожаров, ведь математическая модель — это приближенное описание объекта моделирования, выраженное с помощью математической символики.

В данной работе приводятся результаты расчетов возникновения и распространения верхового лесного пожара по осредненной по высоте полого леса в двумерной постановке, полученной на основе общей математической модели пожаров [1-3] в зависимости от влияния скорости ветра, влагосодержания и запаса лесных горючих материалов (ЛГМ) на конечные параметры противопожарного разрыва для верховых лесных пожаров. Исследование проведено с помощью метода математического моделирования физических процессов. Данный метод основан на численном решении трехмерных уравнений Рейнольдса для турбулентного течения с учетом уравнений диффузии для химических компонентов и уравнений сохранения энергии для газовой и конденсированной фаз и уравнения состояния. Для получения дискретных аналогов использовался метод контрольных объемов [5].

На основе изложенной математической модели проводились численные расчеты по определению картины процесса возникновения верхового лесного пожара в результате зажигания полого леса от заданного очага горения. В результате численного интегрирования получены поля массовых концентраций компонентов газовой фазы, температур, объемных долей компонентов твердой фазы.



а)б)

Рисунок 1. Зависимость минимальной ширины разрыва от скорости ветра и а) влагосодержания ЛГМ; б) запасов ЛГМ.

В ходе многочисленных исследований, была получена зависимость минимальной ширины противопожарного разрыва от скорости ветра, запасов и влагосодержания лесных горючих материалов.

Ниже представлены распределения основных функций для двух случаев преодоления разрывов.

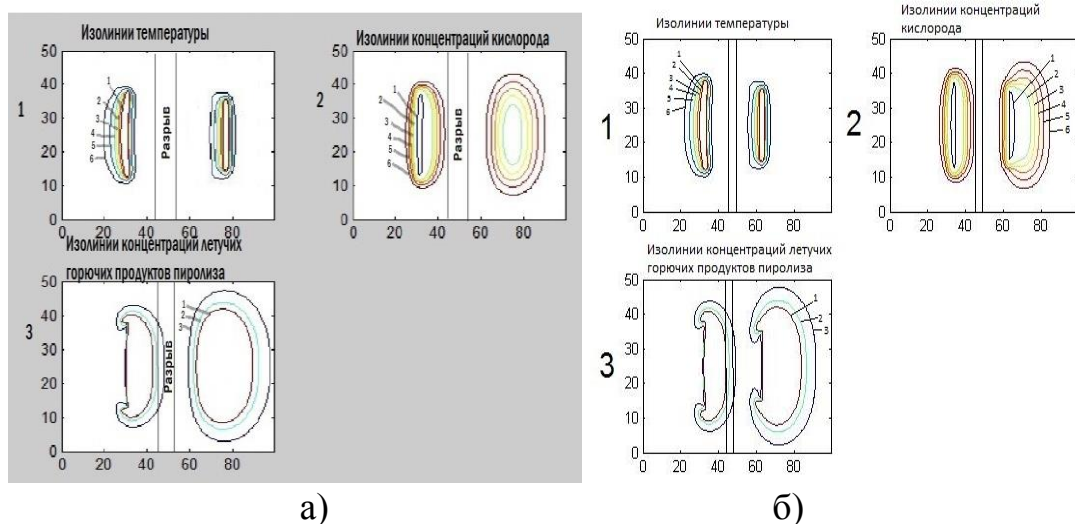


Рисунок 2. Распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза: а) зависимость от влагосодержания ЛГМ, б) зависимость от запасов ЛГМ.

Из графиков видно, что в результате нагрева ЛГМ выделяются летучие продукты пиролиза, которые в дальнейшем могут воспламеняться, повышать температуру горения, и, следовательно, способствовать увеличению интенсивности распространения пожара.

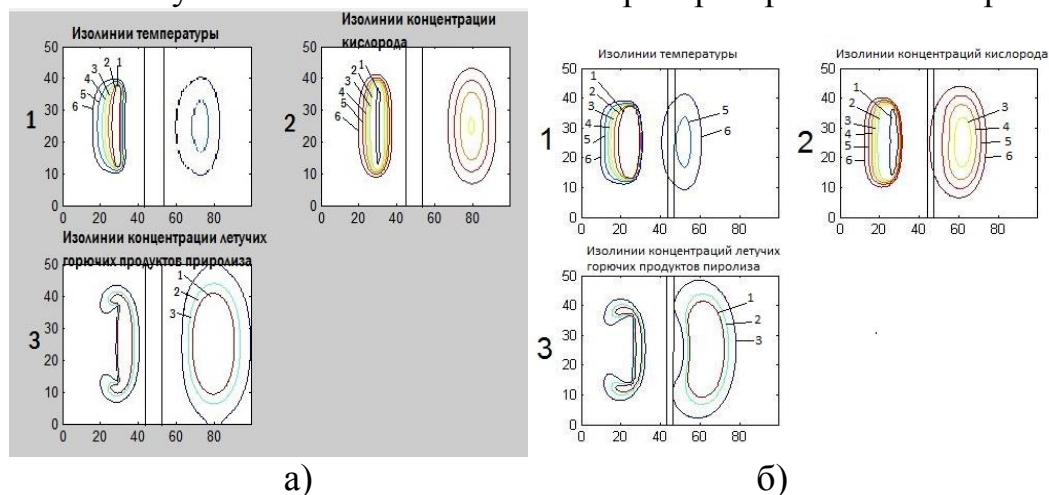
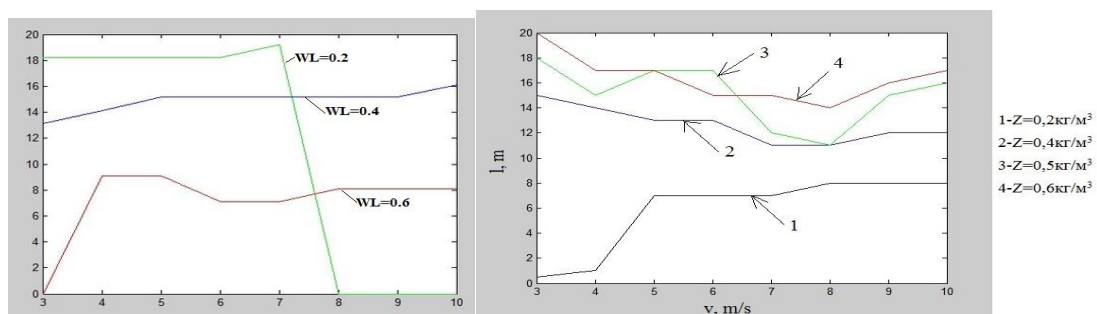


Рисунок 3. Распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза а) зависимость от влагосодержания ЛГМ, б) зависимость от запасов ЛГМ.

Далее нами была предпринята попытка определения геометрических параметров противопожарного разрыва конечной формы. Для этого, проводились численные расчеты по определению

картины процесса возникновения верхового лесного пожара в результате зажигания полога леса от заданного очага горения. В результате численного интегрирования получены новые поля массовых концентраций компонентов газовой фазы, температур, объемных долей компонентов твердой фазы. Получены значения параметров минимальных разрывов между участками леса (полян), которые зависят от скорости ветра, запаса и влагосодержания ЛГМ.

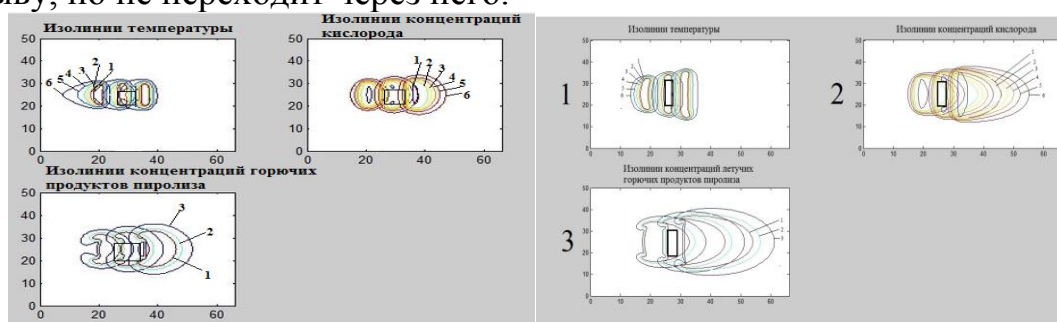


а) б)

Рисунок 4. Зависимость минимальной длины разрыва от скорости ветра, ширины разрыва и: а) влагосодержания ЛГМ, б) запасов ЛГМ.

По графикам можно сказать, что проследить четкую зависимость длины противопожарного разрыва весьма проблематично. Проводя аналогию с ранее полученными результатами, можно сделать вывод, что наибольшее влияние на преодоление верховым лесным пожаром противопожарный разрыв оказывает параметр ширины просеки.

Аналогично первой части работы нами были построены графики распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза для распределений функций при подходе к разрыву, переходе через него и дальнейшем распространении. А также случай, когда пожар подходит к разрыву, но не переходит через него.



а)

б)

Рисунок 5. Распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза: а) зависимость от влагосодержания ЛГМ, б) зависимость от запасов ЛГМ.

Из графиков видно, что в результате нагрева ЛГМ выделяются летучие продукты пиролиза, которые в дальнейшем могут воспламеняться, повышать температуру горения, и, следовательно, способствовать увеличению интенсивности распространения пожара.

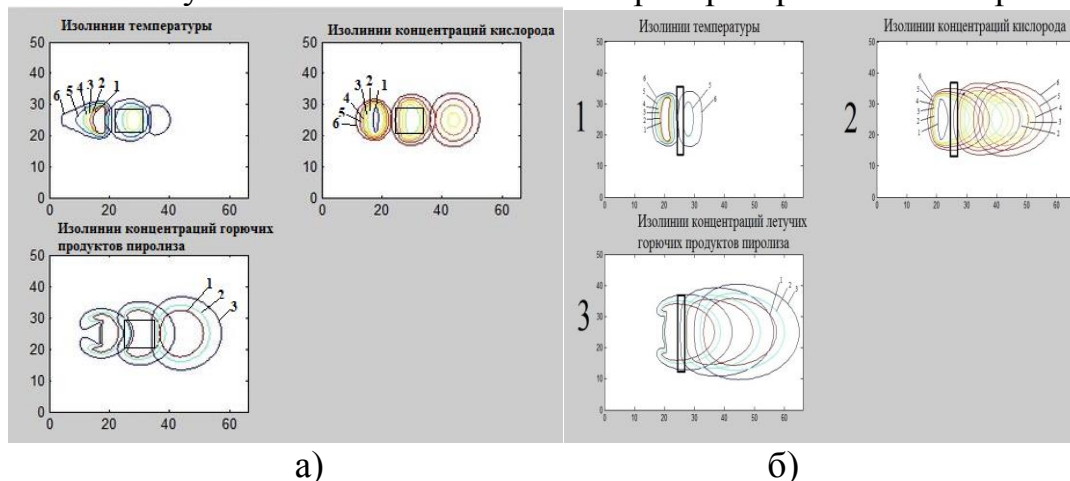


Рисунок 6. Распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза: а) зависимость от влагосодержания ЛГМ, б) зависимость от запасов ЛГМ.

На основе изложенной математической модели проводились численные расчеты по определению картины процесса возникновения верхового лесного пожара в результате зажигания полога леса от заданного очага горения. В результате численного интегрирования получены поля массовых концентраций компонент газовой фазы, температур, объемных долей компонентов твердой фазы. Из рисунков следует, что формируется фронт горения, который распространяется по лесному массиву.

При выполнении расчетов в данной работе изучалось влияние определенных факторов на процесс распространения верхового лесного пожара. Полученные результаты позволяют получить критические условия распространения верхового лесного пожара при заданных размерах разрыва, то есть зависимость скорости распространения от скорости ветра, запасов и влагосодержания лесных горючих материалов (ЛГМ), что, в свою очередь, дает возможность применять такой метод расчетов для профилактики и разработки новых методик тушения лесных пожаров и предотвращения их.

Когда происходит уменьшение влагосодержания лесных горючих материалов, растет скорость распространения верхового лесного пожара. И соответственно, скорость распространения верхового лесного пожара увеличивается, если увеличивается скорость ветра (скорость движения воздушных масс).



Кроме этого, нами был определен второй критический параметр противопожарного разрыва, что на практике приведет не только к меньшим временным и материальным затратам, но и исключит возможность вырубки лишнего лесного массива, что является положительным фактором в тенденции озеленения нашей планеты.

### **Список информационных источников**

1. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. – Новосибирск: Наука, 1992, 408 с.

2. Гришин А.М., Грузин А.Д., Зверев В.Г. Математическая теория верховых лесных пожаров // Теплофизика лесных пожаров. - Новосибирск: ИТФ СО АН СССР. 1984. - С.38-75.

3. Perminov V. Numerical Solution of Reynolds equations for Forest Fire Spread // Lecture Notes in Computer Science. - 2002. -V.2329. -P.823-832.

4. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. - М.: ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 1984. 124 с.

### **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИДКОФАЗНЫХ ОГNETУШАЩИХ СОСТАВОВ НА ПРИМЕРЕ СОСТАВА НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА**

*Чалдаева Е.И., Романцов И.И.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Романцов И.И., к.т.н., доцент кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

Под огнетушащими веществами в пожарной тактике понимаются такие вещества, которые непосредственно воздействуют на процесс горения и создают условия для его прекращения. К огнетушащим веществам относятся вода, пены, порошки, газы, аэрозоли. [1]

По основному (доминирующему) признаку прекращения горения огнетушащие вещества подразделяются на:

1. охлаждающего действия (вода, твердый диоксид углерода и др.);
2. разбавляющего действия (негорючие газы, водяной пар, тонкораспыленная вода и т.п.);
3. изолирующего действия (воздушно-механическая пена различной кратности, сыпучие негорючие материалы и пр.);

4.ингибирующего действия (галоидированные углеводороды: бромистый метилен, бромистый этил, тетрафтордибромэтан, огнетушащие составы на их основе и др.).

Для ликвидации пожара необходимо выполнить следующее:

- прекратить доступ окислителя (кислорода воздуха) или горючего вещества в зону горения;

- снизить их поступление до величин, при которых горение не может происходить;

- охладить зону горения ниже температуры самовоспламенения или понизить температуру горящего вещества ниже температуры воспламенения;

- разбавить горючие вещества негорючими веществами.

С этой целью и применяются самые разнообразные огнетушащие вещества, а именно основные и часто используемые (применяемые огнетушащие средства), новые разработанные огнетушащие средства, находящиеся на стадии внедрения в повседневную жизнь, а также новейшие разрабатываемые огнетушащие средства (современные и малоизвестные). Основной принцип их работы – прекращение последующего распространения пламени.

Известно, что вода является наиболее широко применяемым огнетушащим средством тушения пожаров.[2] Для повышения огнетушащей способности воды в ее состав, как правило, вводят органические добавки, повышающие вязкость воды (загустители) или снижающие ее поверхностное натяжение (пенообразователи). Огнетушащую способность воды повышают также добавки неорганических солей – хлоридов, карбонатов и бикарбонатов щелочных металлов, а также добавки глины и других тонкодисперсных веществ.

Основным недостатком известных составов является многокомпонентность, сложность приготовления и возможность расслоения при хранении, а также выделение ядовитых продуктов горения при разложении органических компонентов состава.

Одним из эффективных и действующих составов является состав, содержащий более 50% жидкого стекла, преимущественно 90-98% с модулем жидкого стекла в пределах 1-4. Эффективность действия такого состава обеспечивается способностью жидкого стекла образовывать на поверхности горения только изолирующую пленку, предотвращающую доступ кислорода воздуха к поверхности горения. Основным недостатком известного состава является его высокая вязкость, в связи с чем огнетушащий состав наносится на поверхность горения из аэрозольных упаковок с помощью транспортирующих газов

– азота, диоксида углерода или пенообразующих средств, а также с помощью других приспособлений.[3]

Для более эффективного использования жидкого стекла в качестве тушащего состава необходимо снижать его вязкость путем введения в состав воды. По отношению к воде жидкое стекло является загустителем, а по отношению к жидкому стеклу вода является разжижителем.

Задачей настоящего изобретения на основе жидкого стекла является создание эффективного огнетушащего состава с использованием жидкого стекла и воды, обеспечивающего необходимый уровень вязкости и достижение значительного снижения температуры в зоне горения, высоких значений температуростойкости и изолирующей способности состава за счет испарения свободной воды и термического вспенивания жидкого стекла.

Поставленная задача достигается тем, что огнетушащий состав, содержащий воду и загущающую добавку, в качестве загущающей добавки использует жидкое стекло с модулем 2,5-3,2 при следующем соотношении компонентов, мас. %: вода – 50-95; жидкое стекло – 5-50.

Жидкое стекло или растворимый силикат щелочных металлов лития, калия, натрия представляет собой вязкую жидкость с общей химической формулой  $R_2O \cdot mSiO_2 \cdot nH_2O$  (где  $R_2O$  – оксид щелочного металла,  $m$  – модуль жидкого стекла) с плотностью 1400-1500 кг/м<sup>3</sup> и коэффициентом динамической вязкости до 1 Па·с. Жидкое стекло смешивается с водой в любых соотношениях и при содержании в огнетушащем составе в указанном количестве (5-50%) изменяет вязкость раствора от 0,004 Па·с до 0,5 Па·с при изменении плотности раствора с 1020 кг/м<sup>3</sup> до 1250 кг/м<sup>3</sup>. Таким образом, жидкое стекло с полным основанием можно отнести к веществам, существенно повышающим вязкость воды, то есть к загущающим веществам. В указанном диапазоне концентрации жидкого стекла в составе водного раствора вязкость раствора увеличивается в 4-500 раз по сравнению с вязкостью воды (0,001 Па·с, 20°C). Такое изменение вязкости водных растворов, используемых для тушения пожаров, практически недостижимо при использовании органических или неорганических загустителей.

Кроме того, при растворении жидкого стекла в воде существенно повышается плотность раствора, что способствует увеличению кинетической энергии движения струи раствора по сравнению с энергией струи воды, направленной в очаг горения с одинаковой скоростью. Дальность полета струи раствора при этом также увеличивается.

При приготовлении предлагаемого огнетушащего состава необходимо использовать жидкое стекло с модулем 2,5–3,2. В известном составе используется жидкое стекло с модулем от 1 до 4, и этот интервал охватывает все виды жидких стекол, выпускаемых промышленностью. Если огнетушащий состав выполняет только роль пленочного изолирующего покрытия, то величина модуля не имеет особого значения. Для предлагаемого состава величина силикатного модуля имеет большое значение, т.к. помимо пленочного изолирующего покрытия состав после испарения свободной воды выполняет роль и пенообразующего покрытия, а интенсивность термического вспенивания жидкого стекла зависит от содержания в нем молекулярной и химически связанной воды, необходимое количество которой для вспенивания содержится при значениях силикатного модуля в пределах 2,5–3,2. Срок хранения состава в герметичных металлических емкостях практически неограничен и не вызывает коррозии металла.

Поведение предлагаемого огнетушащего состава в очаге горения по сравнению с известными огнетушащими составами имеет ряд существенных отличий. При подлете струи раствора жидкого стекла к поверхности горения, под действием высокой температуры происходит нагрев раствора и снижается его вязкость, что способствует лучшему растеканию раствора на поверхности горения. При испарении воды из раствора на поверхности горения увеличивается концентрация жидкого стекла, значительно повышается его вязкость и при полном испарении воды из состава раствора на поверхности горения остается пленка жидкого стекла, обладающая свойством непрерывности. Для увеличения смачиваемости раствором поверхности горения и повышения степени диспергирования струи раствора в его состав можно вводить высокомолекулярные поверхностно-активные вещества (ПАВ) с поверхностным натяжением менее  $30 \cdot 10^{-3}$  Н/м, например, на основе поливинилового спирта, толуола и воды в количестве 0,001–0,1 кг/м<sup>3</sup> воды в растворе.

Проведенные испытания показали высокую эффективность использования предлагаемого огнетушащего состава. Его можно использовать при тушении пожаров, относящихся к классам А, В, С. Высококонцентрированные растворы жидкого стекла целесообразно использовать при тушении пожаров на нефтяных и газовых скважинах.

Кроме того, предлагаемые растворы жидкого стекла целесообразно использовать в качестве огнезащитного средства для предотвращения возгорания других объектов, находящихся вблизи от очага пожара,

например стен деревянных зданий, отдельных деревьев и кустарников при лесных пожарах.

### **Список информационных источников**

1. Понятие об огнетушащих веществах и их свойствах. [Электронный ресурс] – свободный режим доступа: <http://elib.me/uchebnik-predprinimatelstvo/ponyatie-ognetushaschih-veschestvah-40426.html>.

2. А.Н.Баратов, Е.Н.Иванов. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности. - М.: Химия, 1979, с.64-72.

3. В.А.Лотов, А.П.Смирнов, Л.Г.Лотова. Водный раствор для тушения пожаров. Патент на изобретение №:2275951.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ В РЕСПУБЛИКЕ ТЫВА**

*Чижей Э.Н.*

*Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Дашковский А.Г., к.т.н., доцент кафедры  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

Тема исследований в рамках учебной исследовательской работы студента соответствует области изучения дисциплин по направлению «Техносферная безопасность». Основным источником информации явились опубликованные в средствах массовой информации материалы, касающиеся пожарной охраны в Республике Тыва.

Согласно Указа Президента Российской Федерации «О совершенствовании государственного управления в области пожарной безопасности» № 1309 от 9 ноября 2001 года, Государственная противопожарная службы МВД России преобразована в Государственную противопожарную службу МЧС России и с 1 января 2002 года введена в состав МЧС России.

Сегодня противопожарная служба – это особая служба в составе Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. В Федеральной противопожарной службе по Республике Тыва работают 271 человек – это отважные и мужественные люди. В любое время, в любых условиях они готовы вступить в битву с огнем, спасти попавших в беду людей, сберечь созданные нашим обществом

ценности. К личным качествам людей этой профессии, предъявляются высокие требования, такие как высокий профессионализм, смелость, товарищеская взаимовыручка, сострадание чужому горю.

Личный состав составлял 12 человек, которому пришлось учиться параллельно этому новому делу – тушить пожары, а в свободное время получать знания и приобретать навыки тушения пожаров. Однако опустошительные пожары продолжались. Поэтому в 1932 году на заседании Правительства ТНР при рассмотрении вопроса о защите от огня жилых домов и объектов народного хозяйства, было принято Постановление, согласно которому штат кызылской пожарной охраны увеличивался до 16 человек. Было направлено ходатайство в органы НКВД СССР о поставке еще двух пожарных автомобилей. К этому времени пожарная команда ТНР имела одну пожарную автомашину и четыре конно-бочечных хода с ручными насосами.

В 1937 году в организации пожарной команды ТНР произошли значительные изменения. 2 ноября 1937 года Советом Министров ТНР принято специальное Постановление, согласно которому кызылская пожарная команда из городского управления коммунального хозяйства передана в ведение НКВД ТНР и военизирована. Увеличен штат до 28 человек. Указывается на ускорение стройки нового здания пожарного депо в г. Кызыле, которое было сдано в эксплуатацию в 1938 году.

В послевоенный период четко определились 2 главных направления работы пожарной охраны – профилактика и организация тушения пожаров на объектах сельских населенных пунктов республики и г. Кызыл.

За этот период времени развитие пожарной охраны в республике претерпело существенные перемены как и развитие экономики и производительные силы республики.

Ситуация с пожарами в республике формируется в двух направлениях: во-первых, из-за горного ландшафта затруднены противопожарные мероприятия, а также, климатические условия, характерные для республики свидетельствуют об увеличении числа пожаров в связи периодами засухи; во-вторых, возрастающая антропогенная деятельность населения, пренебрежение правилами пожарной безопасности также обуславливают рост числа пожаров в республике и в г. Кызыл.

Учеными Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов установлена связь между количеством пожаров и периодами засухи, также с увеличением антропогенного воздействия в регионе (период сбора информации 1959-2010гг.). С конца 20 века горные леса и растительность региона претерпели влияние частых

пожаров, что обусловлено особенностями рельефа местности, температурных режимов, количества осадков и типа растительности.

Важным направлением сохранения растительности от после пожарных изменений является система раннего обнаружения пожаров растительности. С 1959 г. ведется наземный мониторинг, а в настоящее время ведется и авиационно-космический мониторинг. Статистика мониторинга пожаров позволила установить, что в период 70-х годов число пожаров на территории республики возросла в 6 раз. Троекратно возросло число пожаров в 80-е годы, связано с проведением весенних палов, а также количество пожаров, вызванных сухими грозами. Также еще одной причиной возникновения пожаров растительности в пожароопасный сезон является действия населения, так по этой причине зафиксированы пожары: 2006-2009 гг. – 716, 2004 г – из 56 пожаров 40 по вине населения; за 1096-2006 гг. во время заготовки кедрового ореха, сбора ягод произошло 298 пожаров растительности и было повреждено 94,9 тыс. га леса.

За период существования пожарной охраны в г. Кызыл, произошли существенные изменения, которые обусловлены развитием города, жилой застройки, ростом городского хозяйства, что обусловило рост числа пожаров.



Рис.1 Карта схема г. Кызыл.

Несмотря на проводимые мероприятия по профилактике пожаров, каждый год устанавливаемая причина пожаров – вина населения, растут размеры ущерба. На основе изученных материалов по материально-

техническому снабжению пожарной охраны г. Кызыл можно сделать выводы:

1. Совершенствовать систему мониторинга опасности возникновения пожаров, при этом, отдавая приоритеты в организации работы профилактике неверному поведению населения;

2. Развивать уровень материально-технического оснащения пожарных подразделений, включая повышение квалификации и выучки сотрудников подразделений.

### **Список информационных источников**

1. Федеральный закон РФ №123-ФЗ от 22.07.2008г. "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"

2. Пожарная техника: Учебник / Под ред. М.Д. Безбородько.-М.: Академия ГПС МЧС России, 2004.-550 с.

3. mkyzyl.ru 2015 «Сайт органов местного самоуправления г. Кызыла» Россия, Республика Тыва, г. Кызыл ул. Ленина 32 Тел.: +7 (39422) 2-06-33 Факс: +7 (39422) 3-23-95

4. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т.8 №1. С. 111-117.

5. <http://refdb.ru/look/2043702-pall.html> Государственный доклад О состоянии защиты населения и территорий Республики Тыва от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера за 2011 год. Кызыл – 2011 г.

6. <http://kyzyl.spravker.ru/#> Справочник г. Кызыла.

### **РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА БИОРЕМЕДИАЦИИ**

*Шалагина А. А., Бакулев Д.С., Ахмеджанов Р.Р.  
Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Ахмеджанов Р.Р., д. б.н., профессор  
кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности*

Одной из серьезных проблем защиты природной среды при добыче и транспортировке нефти является ликвидация нефтяного загрязнения почвы. Нефть и нефтепродукты нарушают нативное состояние почвенных покровов и в целом разрушают структуру почвенных биоценозов.

Источники загрязнения почвы нефтепродуктами те же, что и в случае воды и воздуха. Главные из них — разливы нефти и



нефтепродуктов, сточные воды и выбросы нефтеперегонных заводов и нефтехимических предприятий, а также вредные отходы химических предприятий, скапливающиеся на свалках [1].

Почва благодаря своей огромной адсорбирующей поверхности аккумулирует эти загрязнения в больших количествах, что приводит к всесторонней деградации ландшафтов. Прогрессирующее нефтяное загрязнение требует разработки экологически безопасных и экономически обоснованных мероприятий, направленных на рекультивацию нефтезагрязненных земель.

Под термином "рекультивация нефтезагрязненных земель" понимается комплекс мер, направленный на ликвидацию разлива нефти как источника вторичного загрязнения природной среды, нейтрализацию остаточной нефти в почве до уровня фитотоксичности и восстановление плодородия загрязненных почв до приемлемой хозяйственной значимости.

На первых порах «очистку» загрязненных участков производили засыпкой или сжиганием разлитой нефти. Однако, с точки зрения возвращения загрязненной почве ее первоначальных свойств оба данных «метода» не выдерживают критики [2].

Очистка почв и грунтов в специальных установках путем пиролиза или экстракции паром дорогостояща и малоэффективна для больших объемов грунта. Требуются большие земляные работы, в результате чего нарушается естественный ландшафт, а после термической обработки в очищенной почве могут остаться новообразованные полициклические ароматические углеводороды – источник канцерогенной опасности.

Землевание замедляет процессы разложения нефтяных углеводородов, приводит к образованию внутрипочвенных потоков нефти, пластовой жидкости и загрязнению грунтовых вод. Складирование загрязненной почвы создает очаги вторичного загрязнения.

Существует технология очистки почв и грунтовых вод путем промывания их поверхностно-активными веществами. Этим способом можно удалить до 86% нефти и нефтепродуктов. Применять его в широких масштабах вряд ли целесообразно, так как поверхностно-активные вещества сами загрязняют среду, и появится проблема их сбора и утилизации [3].

Механические, термические и физико-химические методы очистки почв от нефтяных загрязнений дорогостоящие и эффективны только при определенном уровне загрязнения (как правило, не менее 1% нефти в

почве), часто связаны с дополнительным внесением загрязнения и не обеспечивают полноты очистки.

На данный момент наиболее перспективным методом для очистки нефтезагрязненных почв, как в экономическом, так и в экологическом плане является биотехнологический подход, основанный на использовании различных групп микроорганизмов, отличающихся повышенной способностью к биодegradации компонентов нефти и нефтепродуктов [4].

В разложении нефти в почве главное и решающее значение имеет функциональная активность комплекса почвенных микроорганизмов, обеспечивающих полную минерализацию нефти и нефтепродуктов до углекислого газа и воды. Основной вклад в этот процесс вносят микроорганизмы, способные использовать углеводороды в качестве единственного источника органического вещества и энергии. На основании способности этих микроорганизмов предложен метод биоремедиации загрязнений, который включает следующие подходы:

– активацию деградирующей способности микрофлоры, естественно содержащейся в загрязненной почве, путем внесения биогенных элементов, ко- метаболизируемых субстратов, кислорода — биостимуляция;

– интродукцию в загрязненную почву специализированных микроорганизмов, предварительно выделенных из различных загрязненных источников или генетически модифицированных — биодополнение.

В настоящее время существует большое количество биопрепаратов на основе нефтеокисляющих культур. В табл. 1 представлены наиболее часто встречаемые в литературных источниках промышленные биопрепараты, используемые при ликвидации нефтяных загрязнений.

Биопрепараты входят культуры следующих родов: *Rhodococcus* sp., *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Acinetobacter* sp.

Ученые, сравнивая эффективность этих биопрепаратов установили, что биопрепараты «Деворойл» и «Ленойл», содержащие ассоциации микроорганизмов, способны адаптироваться к высоким дозам нефти и эффективно утилизировать субстрат независимо от типа почв и особенностей загрязнителя. Биопрепараты-монокультуры «Бациспектин» и «Дестройл», делают выводы учёные, целесообразнее использовать при концентрациях поллютантов не более 10%. Однако, несмотря на широкий спектр предлагаемых продуктов, ведётся постоянный поиск новых микроорганизмов-нефтедеструкторов, их ассоциаций и изучение их свойств с целью повышения эффективности очистки нефтезагрязнённых территорий.

Таблица 1. Биопрепараты, применяемые для биоремедиации нефтезагрязненных почв и грунтов

№ п/п	Биопрепарат	Используемые бактериальные культуры
1	Олеофильный	Rhodococcus erythropolis; Rhodococcus ruber
2	Деворойл	Pseudomonas sp.; Rhodococcus sp.; Yarovvia sp.
3	Микромицет	Penicillium sp.
4	Ленойл	Bacillus brevis; Arthrobacter sp.
5	Дестройл	Acinetobacter sp.
6	Бациспектин	Bacillus sp.
7	Путидойл	Pseudomonas putida 36
8	Олеоворин	Acinetobacter oleovorum
9	Сойлекс	Аэробные углеводородокисляющие непатогенные бактерии
10	Нафтокс	Mycobacterium sp.; Pseudomonas sp.; Rhodococcus sp.
11	Альбит	Bacillus megaterium; Pseudomonas aureofaciens

Анализ литературных данных показал, что наиболее часто в состав Основными факторами, обеспечивающими эффективность процесса биоремедиации, являются: газовоздушный режим, органический материал, биогенные элементы, температура, влажность почвы, кислотность почвы [5].

*Газовоздушный режим* загрязненной почвы. Нефтяное загрязнение ухудшает газовый обмен почвы, создает условия для усиления восстановительных процессов. Известно, что для окисления углеводородов микроорганизмами необходимо наличие молекулярного кислорода, в анаэробных условиях процесс окисления крайне затруднен. Интенсифицировать разложения нефти и нефтепродуктов в почве можно путем рыхления, частой вспашки.

*Органический материал.* Дополнительное внесение органических материалов в почву, таких как: навоз сельскохозяйственных животных, птичий помет, торф, древесные опилки и пр., которые способствуют ускорению процессов очистки почвы. Кроме того, наполнители улучшают структуру почвы, оптимизируют ее биологические, химические и физические свойства.

Для жизнедеятельности микроорганизмов необходимы *биогенные элементы*: углерод, азот, фосфор, калий, магний, кислород и др., которые входят в состав организмов.

*Температура* – важный фактор, при прочих равных условиях определяющий интенсивность микробиологического разложения нефти и нефтепродуктов. Оптимальной температурой для разложения нефти и нефтепродуктов в почве является 20-37 °С.

*Влажность почвы.* Поддержание почвы во влажном состоянии является одним из агротехнических приемов управления биологической

активностью и оказывает эффективное воздействие на темпы разложения нефти и нефтепродуктов. Благоприятный водный режим почвы достигается путем полива. Влажность почвы поддерживают на уровне не ниже 30-40%.

*Кислотность почвы* играет важную роль в разложении нефти и нефтепродуктов. Значения рН, близкие к нейтральным (рабочие значения рН почвы 6,5-8,5), являются оптимальными для роста на углеводородах большинства бактериальных микроорганизмов. В подзолистых почвах с кислой реакцией этот фактор имеет решающее значение при разложении нефти и нефтепродуктов. Поэтому для создания рН, оптимального для биоразложения нефти и нефтепродуктов, кислые почвы подвергают известкованию [6].

Таким образом, с помощью биологического метода, основанного на применении природных штаммов микроорганизмов, за 3 года рекультивации можно полностью восстановить плодородие нефтезагрязненных почв при уровне загрязнения, не превышающем 10—15% сырой нефти к массе почвы. В случае более высоких концентраций загрязняющих веществ биовосстановление целесообразно комбинировать с физическими и физико-химическими методами очистки.

### **Список информационных источников**

1. Биология. Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. М.С. Гиляров. – 3-е изд. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1999. – 864 с.

2. Гриценко А.И. Экология. Нефть и газ / А.И. Гриценко, Г.С. Акопов, В.М. Максимов. - М.: Наука, 1997.-598 с.

3. Вельков В.В. Биоремедиация; принципы, проблемы, подходы / В.В. Вельков // Биотехнология.- 1995.- № 3–4.- С. 20-27.

4. Бочкарева Ю.В., Сваровская Л.И., Ахмеджанов Р.Р. Изучение процессов биodeградации углеводородов нефти, загрязняющих почву // В сборнике: ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР Труды XVI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 110-летию со дня основания горно-геологического образования в Сибири. Томск, 2012. С. 509-511.

5. Бочкарева Ю.В., Галанова С.О., Ахмеджанов Р.Р., Сваровская Л.И. Интенсификация процессов биологического окисления

углеводородов загрязняющих почвы в регионе Западной Сибири // *Вестник науки Сибири*. 2014. № 1 (11). С. 6-10.

6. Логинов О.Н. Биотехнологические методы очистки окружающей среды от техногенных загрязнений / О.Н. Логинов, Н.Н. Силищев, Т.Ф. Бойко, Н.Ф. Галимзянова.—Уфа: Гос. изд. научно-тех. литературы «Реактив», 2000. – 100 с.

## **УСТОЙЧИВОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ**

*Эркинбеков У.Э.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Романенко С.В., д.х.н., заведующий кафедрой  
экологии и безопасности жизнедеятельности*

### **Введение**

Во многих странах мира существует необходимость строительства зданий и сооружений в сейсмически опасных районах. Опыт всех последних разрушительных землетрясений и анализ их последствий свидетельствует о том, что проблема надежной сейсмозащиты граждан и их жилища до сих пор так и не решена.

Как показали трагические события в г. Кобе при землетрясении в январе 1995 года, строительство здания в точном соответствии с требованиями сейсмических норм вовсе не гарантирует его неразрушимость при сейсмическом воздействии ниже расчетного уровня. Тем не менее, сейсмоустойчивые здания должны не только однократно выдержать сильное землетрясение, спасти жизни людей, но быть способными дальше функционировать и продолжать выдерживать новые толчки, без повреждения несущих конструкций и систем жизнеобеспечения.

Принцип этого процесса состоит в следующем: на каждое конкретное разрушающее воздействие строительные конструкции реагируют адекватно ему — в них появляется совокупность различных трещин определенного вида. Совокупность трещин характеризуется их типом, расположением, направлением и т.д.

Часто встречается тип сейсмических разрушений, когда здания или их части вырезаются вертикальными плоскостями, оставляя абсолютно нетронутыми соседние части. Локальные разрушения такого типа не только опровергают резонансно-колебательную модель и подтверждают волновую, но и говорят о наличии в грунте особых узких волноводов, которые обладают низким сопротивлением для распространения

сейсмических ударных волн. Эти волноводы открыты геологами В.И. Дивановым и А.Н. Русановым . Задача воспроизведения воздействия по характеру разрушения очень сложна и не имеет однозначного решения.

Анализ теорий сейсмических разрушений. Поскольку акселерограммы землетрясений являются базовыми характеристиками сейсмического воздействия, их по праву можно назвать основой многих научных исследований в области антисейсмического проектирования объектов жизнедеятельности человека, а значит важным фактором сейсмической безопасности. Однако, движения грунта, фиксируемые приборами при землетрясениях (с ускорением в несколько долей  $g$ ), не могут вызывать чисто сдвиговые разрушения конструкций. Это подтверждается всеми экспериментами по испытанию моделей зданий на сейсмоплатформах при точном воспроизведении сейсмических колебаний грунта. В то время как согласно резонансно-колебательной модели причиной всех сейсмических разрушений строительных конструкций являются вынужденные колебания вызванные движением грунта, фиксируемым акселерометрами, а, следовательно, разрушения вызываются ускорениями, не превышающими ускорений порядка долей  $g$ .

Низкочастотные колебания грунта должны вызывать в каркасных зданиях изломы железобетонной колонны возле их заземленных концов с образованием изгибных пластических шарниров. Вместо этого в железобетонных колоннах всегда возникает лишь срез по косым трещинам в пролете колонны, вдали от ее концов. Для гибких элементов при квазистатических нагрузках возможно только лишь изгибное разрушение путем их излома. Это подтверждают и многочисленные эксперименты колебательного сейсмического воздействия на модели каркасных зданий. При этом колонны в этих моделях всегда разрушались только путем излома в пластических шарнирах возле заземленных концов, но никогда не возникали косые трещины в пролете колонны. Срез железобетонных колонн без излома, столь распространенный при землетрясениях, возможен лишь при импульсных квазиударных воздействиях.

Концепция мониторинга сейсмического разрушения зданий и сооружений. В ряде работ впервые были собраны и проанализированы многочисленные данные о свойствах и закономерностях сейсмических разрушений зданий. В результате такого анализа был сделан вывод о том, что первые трещины в конструкциях при сейсмических воздействиях возникают не в самых напряженных местах: гибкие элементы разрушаются без излома и изгибных трещин — в них появляются сдвиговые трещины. Исследования показали, что при

землетрясениях возникают разрушения, которые не могут быть вызваны низкочастотными колебаниями и которые невозможно объяснить в рамках колебательной модели сейсмического разрушения зданий.

Сделать цифровую запись акселерограммы землетрясения, при современном уровне техники, не представляет технической сложности: при наличии встроенного акселерометра и необходимого программного оснащения, специализированное устройство с дистанционной активацией. С его помощью становится возможной цифровая запись акселерограмм и возможность их обработки с целью получения спектральной характеристики и максимальных ускорений, при этом появляется возможность их пересылки по эфиру заинтересованным службам, размещения в сети Интернет, использования в анализе сейсмостойкости зданий, новых и подвергнувшихся землетрясению.

Установка ударных датчиков и первичных регистрирующих преобразователей с энергонезависимой памятью производится непосредственно на несущих конструкциях (стенах, колоннах), при этом необходимо предусмотреть конструкцию корпуса регистратора неподвергающуюся разрушению при завале здания.

Таким образом, для создания общей базы данных и составления полноценной информации о разрушительных ускорениях грунта, вызывающих разрушения зданий, необходима установка современных датчиков ударного типа, способных с высоким разрешением фиксировать квазиударную волну и ударные колебания здания с ускорением до  $g \times 105$ . Например, для этих целей подходит ударный пьезоэлектрический вибропреобразователь (см. табл. 1) для измерения высокоинтенсивных вибрационных и ударных ускорений объектов в составе диагностических систем и при лабораторных исследованиях.

Первичные измерительные преобразователи, использующие прямой пьезоэффект, имеют ряд достоинств, таких как помехозащищенность, возможность работы на длинных соединительных линиях, высокая линейность характеристик, широкие динамические и частотные диапазоны, простота конструкции и высокая надежность при эксплуатации.

Однако до сих пор на сейсмостанциях применяют во многом устаревшие сейсмографы, разработанные много десятилетий назад, а качественные записи акселерограмм землетрясений являются очень большой редкостью. Если акселерограммы и записывают, то лишь на сейсмостанциях и, как правило, вдалеке от разрушенных населенных пунктов, поэтому поиск этих записей представляет определенную трудность.

1. Основные характеристики ударного пьезоэлектрического преобразователя вибропреобразователя типа АР-12

Наименование	Диапазон	Размерность
Амплитудный диапазон	$\pm 7 \times 10^5$ (70 000)	м/с <sup>2</sup> (g)
Максимальный удар	$\pm 1 \times 10^6$ (100 000)	м/с <sup>2</sup> (g)
Частотный диапазон ( $\pm 1$ дБ)	2...50 000	Гц
Масса	2.8	г

1. Основные характеристики ударного пьезоэлектрического преобразователя вибропреобразователя типа АР-12

Таким образом, основная причина разрушения сейсмостойких зданий состоит не в низком качестве строительных материалов, несоблюдении технологии строительства, и не в просчетах проектировщиков, а в ошибочности самой теории разрушений. Тотальное использование лишь маятниковых приборов завело в тупик официальную сейсмическую науку и сделало неэффективной существующую стратегию сейсмозащиты.

### Выводы

В работе определена концепция измерительного комплекса для мониторинга сейсмического разрушения зданий и сооружений для установления однозначной связи между сейсмическим воздействием и типом разрушений. Развитие работы позволит выработать рекомендации по увеличению сейсмической устойчивости зданий и сооружений на основе анализа акселерограмм высокого разрешения, полученных с помощью пьезоэлектрических датчиков ударного типа.

### Список информационных источников

- 1.Ордобаев Б.С. Сейсмическая прочность зданий. –Б.: Айат. – 2012. – 92 с.
- 2.Хахо И.Х. Динамическая коррекция сейсмических сигналов в задаче анализа качества и надежности электрооборудования // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 313. – № 5. С. 138-143.
- 3.Smironov S.B. Discordances between real seismic destruction and present calculation // international Civil Defense Journal. – 1994. – №4. P. 75-79.
- 4.Smironov S.B. Seismic shears of buildings are results of output of soil thickness displaced by abyssal seismic waves // The integrated scientific Journal. – 2009. – №7. P. 64-68.



## ОБЖИГОВЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТЫ С МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМИ ШЛАКАМИ

*Юшков В.П.*

*Юргинский технологический институт (филиал)*

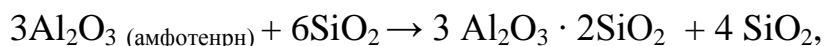
*Томского политехнического университета*

*Научный руководитель: Торосян В.Ф., к.пед.н., доцент кафедры  
естественнонаучного образования*

В производстве строительной керамики более 2/3 основных видов сырья составляют глины. Глины – это минеральные породы осадочного происхождения, отличающиеся разнообразием составов, дисперсностью и способные при затворении водой образовывать пластичные тестообразные массы.

По происхождению глины бывают остаточные, образовавшиеся в результате накопления глинистых продуктов выветривания разных пород непосредственно на месте их образования, и глины переотложенные, возникшие в результате переноса и отложения глинистых продуктов коры выветривания в другом месте.

При нагревании глинистых материалов в разных температурных интервалах имеют место четыре термических эффекта. Они обусловлены процессами дегидратации, а также образованием муллита или силлиманита по схемам:



При обжиге глин образуется аморфный кремнезем, который частично вступает во взаимодействие с  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , а избыточное его количество растворяется в расплаве, содержащем щелочи, превращения кремнезема можно направленно регулировать изменением состава расплава.

Вязкость глин и керамических масс на их основе определяет реальную способность изделий деформироваться под действием постоянной нагрузки. Эта характеристика зависит от комплекса сложных физико-химических процессов, происходящих при обжиге керамических масс на основе глин.

Целью данной работы было изучение влияния добавок электроплавильного шлака металлургического производства, микрокремнезема, как побочного продукта производства ферросплавов, и смеси шлак-микрокремнезем в составе обжиговых керамических масс на физико-механические свойства изготовленных из них изделий.

Химический состав электроплавильного шлака, %(мас.) Таблица 1

Оксиды элемент ов	CaO	SiO <sub>2</sub>	MgO	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	M <sub>o</sub>	M <sub>a</sub>	K
%(мас)	52,4 6	25,8 5	11,9 3	3,04	3,22	1,83	0,14	0,12	0,16	0,3 1	0,94	2,44	0,07	2,30

Электроплавильный шлак металлургического производства ЮрМаш имеет высокий модуль основности и являются основным.

Зарубежными и отечественными авторами накоплен большой опыт получения строительных материалов различного назначения с использованием микрокремнезема. Химический состав которого, особенности структуры и строения, а также его количество способны влиять на коллоидно-химические и структурно-механические процессы, характер и кинетику гидратации различных материалов в условиях температурного воздействия. [1, 2].

Микрокремнезём – конденсированная силикатная пыль, которая является побочным продуктом производства кристаллического кремния или кремниевых сплавов некоторая часть монооксида кремния SiO переходит в газообразное состояние и, подвергаясь окислению и конденсации, образует чрезвычайно мелкий продукт в виде шарообразных частиц с высоким содержанием аморфного кремнезёма.

Микрокремнезём в отличие от традиционного высококремнезёмного сырья, например, кварцевого песка, представляет собой лёгкий тонкодисперсный материал, состоящий из мельчайших сфер аморфного кремнезёма с размерами частиц от 0,01 до 0,7 мкм.

Несмотря на различия в химическом составе, цвете и содержании углерода, мельчайшие пылевые частицы, являющиеся отходами производства кремния и ферросилиция, обладают некоторыми общими свойствами:

- представляют собой конденсаты паров кремния (монооксида кремния);
- преимущественно состоят из глобул, средний диаметр которых составляет 0,1...0,2 мкм (в 100 раз меньше размера частиц цемента);
- являются аморфными;
- характеризуются высоким содержанием SiO<sub>2</sub> (84...98%);
- вызывает проблемы хранения и транспортировки. [3].

Цвет пыли варьируется от светло-серого до почти черного, что, в основном, зависит от содержания углерода и в меньшей степени- от наличия железа.

Температура выплавки различных кремнийсодержащих сплавов неодинакова. С этим фактором связаны различия в химическом и гранулометрическом составе. Характерно, что частицы задержанной пыли представляют собой не отдельные микроглобулы, а образуют конгломераты из мелких частичек диаметром 0,01...2 мкм. [4,5].

В лабораторных условиях были подготовлены экспериментальные составы керамических масс. Подготовка сырья включала следующие стадии переработки:

- сушка сырья, измельчение в мельнице сухого помола, просеивание через сито;

- пластическое формование образцов в форме кубиков;

- при пластическом формовании увлажнение смеси до оптимальной формовочной влажности, выдержка образцов в течение суток до полного образования адсорбированных гидратных оболочек; предварительная сушка образцов в естественных условиях в течение 4 дней при комнатной температуре 23-25<sup>0</sup>С, а затем в сушильном шкафу при 100-110<sup>0</sup>С, до остаточной влажности менее 1 %;

- обжиг образцов в муфельной печи при температуре 1000-1050<sup>0</sup>С в течение 1 часа. [6]

В табл. 2 представлены составы керамических материалов на основе легкоплавкого среднепластичного глинистого сырья, содержащего микрокремнезем.

Составы керамических масс Таблица 2

Компоненты	Количество, мас. %					
	1	2	3	4	5	6
Глина	89	87	84	80	75	70
Микрокремнезём	10	12	15	19	24	29
Сульфатное мыло	1	1	1	1	1	1

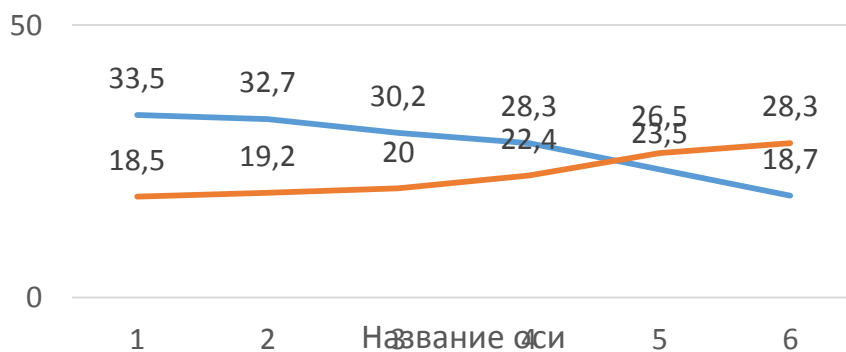


Рис.1 Прочность на сжатие (Мпа) и водопоглощение (мас.%) составов Табл.2

### Выводы:

Состав керамической смеси «электроплавильный шлак-глина», соответствующий оптимальной прочности на сжатие обжигового керамического образца, изготовленного на основе этой смеси, имеет массовые соотношения Глина от 80% - до шлак 20% ( Самарского месторождения 40%; Нижне-Увельского месторождения 40%)

Введение в состав керамических материалов микрокремнезема - 10-15% способствует снижению водопоглощения кирпича и повышению их прочности на сжатие до 33,5 Мпа

Обжиг керамических образцов состава глина-шлак при температуре 1100-1150<sup>0</sup>С, глина-микрокремнезем при 1150-1200<sup>0</sup>С, глина-шлак-микрокремнезем при 1100-1200<sup>0</sup>С способствует увеличению сопротивления образцов на разрушение при сжатии.

### Список информационных источников

1. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Газизулин В.М., Воронов Ю.Н. Эффективный путь утилизации ультрадисперсных продуктов газоочистки печей // Сталь, 1992.-№5.-С.83-85

2 А.с.№637359 С04В13/06 Милованова Р.Г., Семенова В.Е, Чупина А.И. Строительный раствор.

3. б.Макарова Е.И., Абу-Хасан Махмуд, Старинец М.С., Бенза Е.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ СИБИРИ // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 4 – С. 89-91

4. А.с. №962262 С04В35/14, 35/80 Миронюк И.Ф., Чуйко А.А, Хома М.И., Кислый П.С., Хабер Н.В., Остафийчук Б.К., Керамический материал.

5. Лохова Н.А., Макарова И.А., Патраманская С.В. Обжиговые материалы на основе микрокремнезема .-Братск: БрГТУ, 2002.- 163с.

6. V.F. Torosyan, E.S. Torosyan Development of mixture "clay – electro-smelting slag" for ceramic brick/ Applied Mechanics and Materials.- 2014- Vol. 682.- p. 480-484

## ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОБЪЕКТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Якутова В.А.*

*Юргинский технологический институт (филиал)*

*Томского политехнического университета*

*Научный руководитель: Торосян В.Ф., к.пед.н., доцент кафедры  
естественнонаучного образования*

Наряду с предприятиями химической, металлургической и ряда других отраслей промышленности, оказывающими наиболее заметные негативные воздействия на состояние экосистем, хлебопекарные предприятия являются стабильными потребителями значительного количества сырьевых ресурсов и генераторами отходов. [1]

Исследования многих авторов в области оценки воздействия хлебопекарных предприятий на объекты окружающей среды свидетельствуют о том, что в целом по России загрязнения, поступающие в водные объекты со сточными водами хлебозаводов мощностью менее 30 тонн в сутки, сравнимы с допустимой концентрацией в сточных водах. [2] Однако многими исследователями указываются предприятия, выбросы которых в объекты окружающей среды значительно превышают допустимые. [3]

Цель работы: разработать методические и научные аспекты оценки воздействия хлебопекарных предприятий на объекты окружающей среды (на примере ОАО «Юрга-Хлеб»), позволяющие прогнозировать и принимать технологические решения по их снижению и апробировать очистку стоков загрязнённых органическими веществами УФ обеззараживанием.

Для достижения поставленной цели решались следующие основные задачи:

- изучить методологические и научные подходы к оценке антропогенного воздействия хлебопекарных предприятий на компоненты окружающей среды;
- выявить негативные факторы антропогенного воздействия предприятия ОАО «Юрга-Хлеб» на состояние окружающей среды;
- осуществить экспериментальные исследования по очистке сточных вод загрязнённых органическими примесями УФ-обеззараживанием.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух по предприятию ОАО «Юрга-Хлеб» выявляются на следующих стадиях: доставка, хранение и подготовка сырья, тесто приготовление, выпечка, экспедиция. Анализ данных показывает, что 18,96% категории

«опасности» составляет доставка, хранение и подготовка сырья, 0,02% – тесто приготовление, 60,65% – выпечка 20,37% – экспедиция. Суммарные значения удельных выбросов в атмосферный воздух по всем технологическим этапам представлены в таблицах 1,2.

Твердые вещества Таблица 1.

Загрязняющее вещество	Выброс, т/год
Оксид железа	0.124990
Марганец	0.002289
Углерод черный (сажа)	12.425382
Пыль древесная	0.160000
Пыль мучная	0.330800

Газообразные вещества Таблица 2.

Загрязняющее вещество	Выброс, т/год
Диоксид азота	2.816618
Оксид азота	0.457525
Сернистый ангидрид	2.701164
Оксид углерода	33.225803
Фтористые газообразные соединения	0.000102

В нашем исследовании анализировались удельные выбросы мучной пыли в зависимости от производительности предприятия. [3] При этом было выявлено, что при снижении производительности предприятия их удельные выбросы возрастали. Так, при производительности 10 и 13 т/сут. – 0,022 кг/т, при производительности 2,5 т/сут. – 0,024 кг/т. Поэтому для снижения количества твердых отходов необходимо усиливать контроль качества сырья, а так же увеличить долю продукции для производства полуфабрикатов собственного приготовления.

Образование твердых отходов на хлебопекарном предприятии ОАО «Юрга-Хлеб» происходит на стадии доставки, хранения и подготовки сырья составляют 33,93%, а также на стадиях разделки тестовых заготовок 2,1%, экспедиции 5,6%. Наибольшее образование твердых бытовых отходов - 52,37% происходит на стадии продажи продукции. При этом следует отметить, что: при доставке сырья образуются преимущественно отходы упаковки. На стадии разделки – мучной смет, остатки тестовых заготовок. На стадии экспедиции выявляется производственный брак (горелый, испачканный в мазуте хлеб). Конечный этап жизненного цикла продукта – стадия продажи, сопровождается образованием отходов в виде хлеба с истекшим сроком

годности и зараженного картофельной болезнью и упаковочных материалов. Суммарные значения удельного образования твердых отходов по всем технологическим этапам составили около 24,02 кг/т.

Значительная часть загрязнений содержится в сточных водах предприятия. Это объясняется характером использования воды. Основной объем сточных вод образуется на следующих стадиях: мойка сырья и оборудования, гидротранспортировка, использование систем охлаждения. Соответственно сточные воды загрязнены в основном остатками сырья, полуфабрикатов, готовой продукции, моющими средствами.

Выводы:

1. Основные виды загрязнений от хлебопекарных предприятий попадающих в окружающую среду:

- выбросы мучной пыли в атмосферу,
- образование твердых отходов,
- органические примеси в сточных водах.

2. При небольшом содержании органических веществ в сточных водах хлебопекарных предприятий весьма эффективным способом их очистки является ультрафиолетовое облучение.

### **Список информационных источников**

1. Быков А.В., Касперович В.Л. Основные выбросы хлебопекарных предприятий в окружающую среду // Обеспечение продовольственной и экологической безопасности человечества - важнейшая задача XXI века: Материалы Российской научно-технической конференции. - Оренбург: ИПК ОГУ, 2000. - С. 119-120.

2. Быков А.В., Касперович В.Л. Основные отходы хлебопекарных, дрожжевых производств и способы их утилизации // Молодая наука - XXI веку: Тезисы докладов международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. - Иваново: Издательство ИвГУ, 2001. - С. 75-76.

3. Касперович В.Л., Зинюхин Г.Б., Быков А.В. Сточные воды дрожжевых и хлебопекарных предприятий // Вестник ОГУ. - Оренбург: ИПК ОГУ, 2001. - №3. - С. 132-135.

4. Степанов А. С. Комплексная оценка влияния хлебопекарных предприятий на компоненты окружающей среды: диссертация кандидата технических наук - Оренбург, 2008. - 183 с.





Секция 6: Electrical Engineering and Non-  
Destructive Testing

# **X-RAY RADIOGRAPHY SYSTEMS WITH IDENTIFICATION OF SUBSTANCES OF CONTROL OBJECTS AND THEIR FRAGMENTS BY DUAL-METHOD ENERGY**

*Abashkin A.D.*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*Scientific supervisor: Osipov S.P., Ph.D., Associate Professor of Department of Physical Methods of Non-Destructive Testing*

For the effective implementation of measures in the field of security nowadays effectively used X-ray inspection systems, which are systems of digital radiography. X-ray inspection systems are used for a wide range of applications [1]: search and detection of explosives and explosive devices, baggage and hand luggage at airports and customs checkpoints, inspection of vehicles for the detection of items prohibited for carriage, e.t.c.

The physical principle of information about the characteristics of the object radiometric control can be divided into two fundamentally different directions [2]: measurement of the X-ray or gamma-radiation transmitted through the object and measurement of x-ray or gamma-radiation scattered into the object.

Complexes of digital radiography, operating on the basis of registration of transmission (last) radiation, have some significant drawbacks. The main disadvantage is the obligatory two-way access to the object of control, significant dimensions of the complex. This method has the additional constraints imposed by the need to comply with the radiation safety standards, especially as the object of control a person acts as the method provides a significant dose radiation load on the subject [3]. Low efficiency of the optical system limits the dynamic range (the number of shades of gray on the resulting image), and requires an increase in the exposure dose, which is not desirable for the majority of biological objects [1]. To solve these problems it is possible to use a flat panel detection applied with the scintillator (a substance having an ability to emit light upon absorption of ionizing radiation [4]). This solution allows, in some cases, reduce the size of the radiographic complex, to obtain an image of higher quality, and reduce the radiation load on the test object. On the positive properties of digital radiography systems include high sensitivity and high performance.

For the X-ray inspection with a one-way access to the object of research is needed detecting devices, which are based on the measurement of the parameters of the scattered radiation. Another advantage of this method is the ability to create systems for personal inspection, which will have low

background radiation. The disadvantages of this method are analyzed low sensitivity and low productivity.

One of the most important tasks facing the customs services and other safety services, is the identification of substances of which the test object or fragments consists [5]. By identification is meant determining supplies the material from which the object is made, to one of four groups: organic substances, metals with a small value of the effective atomic number metals, with an average value of the effective atomic number of metals and with a high effective atomic number. To solve this problem used dual-energy digital implementation of shadow radiography [6], which is called dual-energy method. The method is based on the algorithmic division of the contribution of various physical processes of interaction of X-rays with matter in the shadow digital images obtained for the two highest-energy X-rays [7]. When using dual-energy method, the results of primary processing of radiometric signals get two shadow digital radiographic image. The first of them carries the information on the density and thickness of the material object of the control, and the second also enclosed information and the effective atomic number of the substance of the object [8]. The proximity of the effective atomic number of the substance or object control characteristics associated with effective atomic number or reference characteristic is the main criterion by which the substance of the object of control is related to one of the classes of substances of the four classes. The problem of identification of substances of large objects are used dual-energy X-ray sources of high-energy radiation. As the high-energy X-ray sources, linear accelerators and electron's betatrons with maximum energy in the spectrum of the radiation in the range of 1 to 10 MeV are used [9]. The quality of the identification of substances subject control by dual-energy depends on the amount of displacement corresponding identification parameters [10], which are caused by the influence of a number of technical and physical factors in the initial radiographic image.

Variations in the chemical composition of the substance of the object of control leading to a change in the effective atomic number, and there is a significant estimation error density of the substance of the object. [11] By liquid objects of uniform density, the method of dual energy allows it to receive unbiased estimates, the objects with variations of density along the propagation vector of radiation, this method can lead to significant bias in magnitude [2].

The current method of dual energy with high-energy X-ray source is very common in the customs of different countries for the detection of illegal goods (smuggling). This proves the importance of the development issues related to inspection inspection systems at a higher level. The literature is

currently not fully investigated the possibility of control by dual-energy of various objects. For example, methods for finding the density of multicomponent objects require more detailed research, and the introduction of its results in the practice of customs and inspection control will improve the accuracy of the density measurement.

### References

1. Blokhin E.O., Parshin I.A., Shurushkin A.V., Bukley A.A., Artemiev B.V., Parshin I.A. X-ray systems based on recording gear and backscatter // *Kontrol'. Diagnostica*. - 2012. - №12. pp. 4-7.

2. Artem'ev B.V., Bukley A.A. X-ray inspection. - M.: Izdatel'skii dom "Spectr".

3. Bukley A.A., Klyuev V.V., Parshin I.A. New inspection monitors complexes on the basis of registration of backscattered X-ray // *Kontrol'. Diagnostica*. - 2014. - №12. pp. 15-18.

4. Dsf

5. Klimenov V.A., Kas'ianov V.A., Lebedev M.B. State-of-the-art and prospects for the creation of competitive systems of digital radiography (SDR) // *Kontrol'. Diagnostica*. - 2011. - Special. pp. 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. Chakhlov S.V., Usachev E.U., Schetinkin S.M. The use of digital dual-energy radiography for portable X-ray systems // *Kontrol'. Diagnostica*. - 2006. - №2. pp. 49-52.

8. Sidulenko O.A., Kas'ianov V.A., Kas'ianov S.V., Osipov S.P. Study the possibility of using small betatron for identification of substances of objects of control by dual-energy // *Kontrol'. Diagnostica*. - 2008. - №8. pp. 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. Osipov S.P., Temnik A.K., Chakhlov S.V. Influence of physical factors on the quality of the identification of substances of objects of control by high-energy dual-energy method // *Defektoskopiya*. - 2014. - №8. - pp. 70-77.

11. Kliuev V.V., Sosnin F.R., Kovalev A.V. et al. Non-destructive testing and diagnostics: handbook / 2<sup>nd</sup> revised and supplemented ed., M.: Mashinostroenie, 2003. -656 p.

## **EDDY CURRENT THICKNESS MEASUREMENT OF NON-MAGNETIC PRODUCTS. ADVANTAGES AND SOLUTION**

*Belyankov V.Y., Mylnikova T.S.*

*Tomsk Polytechnic University*

*Scientific adviser: Goldshtein A.E., D. Sc., Professor, Department of Information-Measuring Engineering*

In order to improve manufacturing quality and ensure public safety, components and structures are commonly inspected for early detection of defects or faults which may reduce their structural integrity. Non-Destructive Testing (NDT) and Evaluation (NDE) techniques present the advantages of leaving the specimens undamaged after the inspection. NDT involves treating defect detection and characterization as inverse problems [1].

Ultrasonic method is universal, and it is mainly used to measure the wall thickness of products. However, it has some drawbacks: the ultrasonic sensor needs the contact with the surface of the object under inspection that requires special surface preparation, and inspection performance. Eddy current method has no disadvantages of this type and can be used to measure the wall thickness of nonmagnetic conductive products. In addition, it can be used to detect defects.

The eddy current probe surface is widely used to solve numerous problems in nondestructive testing: to measure the thickness of conductive objects and non-conductive coatings on a metal base, to control metal and alloy electrical conductivity, to inspect products of different shapes, to perform structuroscopy of nonmagnetic and ferromagnetic alloy parts. The advantages of the eddy current probe surface are their versatility, the ability to control objects of planar, cylindrical and complex shape with one-way access to the inspection object, high resolution and pinpointing the area of the defect when scanning the surface of the inspection object [2, 3]. One of the important inspection problems which can be efficiently solved using the eddy current probe surface is measurement of the wall thickness of nonmagnetic conductive materials and measurement of the thickness of dielectric pipe coating or the air gap between the probe and the pipe surface. A practical example where this probe is used is wall thickness measuring of light-alloy drill pipes made of duralumin D16T. The advantages of these pipes compared to those made of steel are low weight, low flow resistance and non-magnetic properties of the material that are required for directional survey of wells.

Considering this, the eddy current wall thickness gage VT 15.01 was constructed for manual inspection. It provides measurement of the wall thicknesses in the range of (6 ... 15) mm with an accuracy of less than  $\pm (0.2$

... 0.5) mm with the gap in the range of (3 ... 12) mm and conductivity of the material deviating from the nominal value by not more than  $\pm 10\%$ . This gage is the prototype of the final product. It has been created by the development team from the Department of Information Measuring Engineering, Institute of Non-Destructive Testing, TPU. The gage uses the eddy current probe surface optimized to the task of the thickness measuring of light-alloy drill pipes with an external diameter of 147 mm.

The gage allows implementation of the dual-frequency method of detuning from the effect of the change in the gap between the pipe and the eddy-current transducer on the readings of the eddy-current thickness gage for electrically conductive pipes. Excitation of the eddy-current transducer with the signal of the same frequency does not allow extracting information on the gap size. A dual-frequency method is more appropriate for this purpose. Application of these methods and signal processing algorithms for detuning can reduce the error by more than tenfold (from 4.1 mm to 0.2 mm) in case the gap size varies by 5 mm [4].

The wall thickness gage consists of a dual-frequency generator, eddy-current probe surface, amplitude-phase signal processing circuit, data acquisition board, PC and a power supply module. The dual-frequency generator with an output voltage frequency of 125 Hz and 2000 Hz energize the exciting coil ( $w_1$  in Fig. 1) of the eddy current probe surface. The initial electromotive force of the measuring coil ( $w_{21}$  and  $w_{22}$  in Fig. 1) is compensated, and the added electromotive force  $U_1$  and  $U_2$  is obtained which is transmitted to the two-channel amplitude-phase processing circuit. The reference input of the low-frequency channel is connected to the reference resistor and the high-frequency channel is connected to the compensating coil. The amplitude-phase signal processing circuit forms a quadrature component of the output voltage. The output signals are transmitted to the data acquisition board, which is the USB3000 module, a universal high-speed eight-channel ADC. The module supports the bundled software LabView.

Numerical modeling was used to optimize the probe and study the parameters influencing the eddy current probe signal. Comsol Multiphysics is a powerful simulation environment using the finite element method (FEM) to model and solve different scientific and engineering problems based on partial differential equations (PDEs). FEM accuracy is determined mainly by the mesh density in the computational domain. The drawback of FEM associated with a large amount of computations at high mesh density is considered to be insignificant due to the computing power of modern computers. The mesh density can be enlarged in the areas with small values

of the electromagnetic field gradient parameters and the areas of no computation interest.

Fig. 1 shows the eddy current probe surface over the light-alloy drill pipe in general situation under the influence of some influencing parameters such as wall thickness variation, the gap between the probe and the surface of the pipe  $y$ , the electrical conductivity of the material, the curvature of the wall pipe, local thinning of wall pipe, linear  $x$  and angular  $\alpha$  misalignment of the probe to the pipe, non-uniform wall thickness and the end effect.

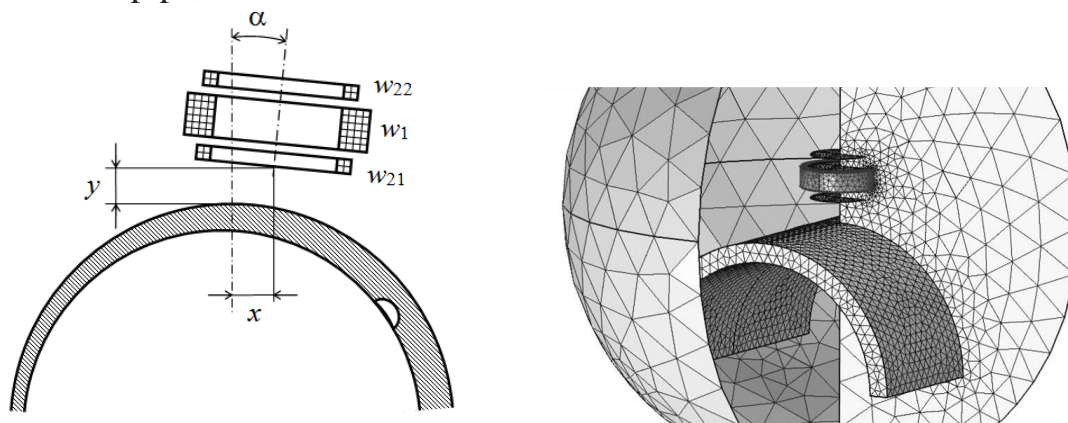


Fig.1. Eddy current probe surface over light-alloy drill pipe and partitioning of the calculation model into finite elements in COMSOL

The experiment was carried out using the eddy current thickness gage VT 15.01. The analysis of the results shows that quantitative discrepancy between the real model and a numerical one within the tested range of the changes in influencing parameters does not exceed 7%. The modeling results are used for signal processing algorithms and detuning to further increase the accuracy of the wall thickness gage.

## References

1. M. Buonsanti, F. C. Morabito. Ultrasonic pulse-echoes and eddy current testing for detection, recognition and characterisation of flaws detected in metallic plates. ECNDT 2006 Proceedings - Th.3.3.3, pp. 1-8.
2. Non-destructive testing. Directory / ed. V. V. Klyuyev: 7 volumes. T. 2: a 2 book.: Pr. 1: Check for leakage. Vol. 2: Eddy current testing. M.: Engineering, 2003, p. 688.
3. Shubochkin A.E. Development and current state of the eddy current NDT method: a monograph. M.: Publishing House "Spectrum", 2014, p. 288.
4. Yakimov E.V., Goldstein A.E., Bulgakov V.F., Alkhimov Yu.V., Belyankov V.Yu. Measuring of electroconductive pipe wall thickness using

eddy-current method in presence of large gap between pipe and transducer. Testing. Diagnostocs. №11, November 2014, pp. 14-18.

## **APPLICATION OF DIGITAL RADIOGRAPHY SYSTEMS FOR OBJECT INSPECTION**

*Wang Yanzhao*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*Scientific adviser: V.A. Udod, D.Sc., professor, TPU*

*Linguistic adviser: T.S. Mylnikova, Senior Teacher, TPU*

The term "digital radiography" refers to a set of methods of nondestructive testing and diagnostics, in which the radiation image of the inspected object is converted at a certain stage in a digital signal. Next, this digital signal is stored in the computer's memory and there it is redistributed in the two-dimensional array of measured data that can be subjected to various types of digital processing (contrast calibration, preparation, smoothing, etc.) and finally, it is displayed on a graphic display screen or a TV-monitor as a grayscale image perceived directly by the operator [1].

Digital radiography is widely used in the leading technologically developed countries due to its obvious advantages over conventional X-ray film radiography, as the constant improvement of the technical parameters of the recording equipment provides information in real time sensitivity without conceding recording on a film. Publications on this topic are focused on the analysis of the characteristics of the used assemblies, sensitivity, performance and resolution [2,3].

The main efforts of scientists and manufacturers are aimed at creating high-performance sources and detectors of ionizing radiation, and computer processing of the results to improve the information content of the control, detection of unauthorized inclusions, finding their location, challenging the dangers of the controlled object [4].

On the basis of two 9 MeV betatron inspection systems an image of the internal contents of the car can be made (Fig. 1)/



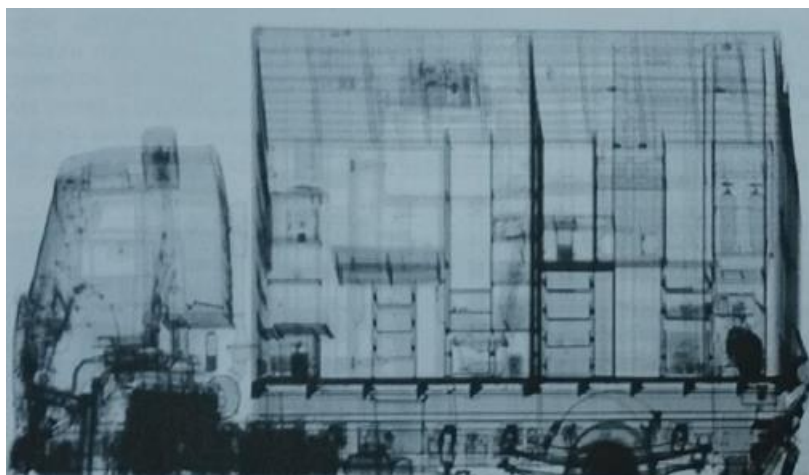


Fig. 1. The internal contents of the car body [4]

200 kV and 300 kV devices are used to control cars. Fig. 2 shows the image of the car.

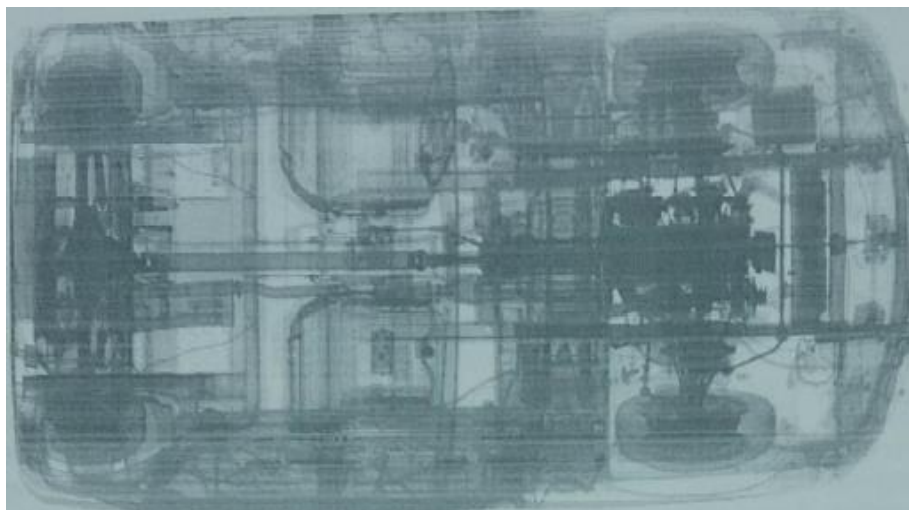


Fig. 2. Radiographs of a car, a bottom view [4].

To record the ionizing radiation passing through the controlled object three main types of detectors can be used:

- Fluorescent screens together with a CCD camera;
- Fluorescent screens together with a photodiode array;
- Scintillating crystals in complex with a photodiode array.

A specialized recovery program of the visual internal structure of the controlled product "Diada" was developed in the Institute of Non-Destructive Testing, TPU. It allows increase in the information content of the recorded data, as well as calculation of the coordinates and dimensions of local inhomogeneities or unauthorized inclusions.

Figures 3 and 4 show the control results obtained using digital radiography systems, based on the line of detectors consisting of scintillators

CsJ (T1) and photodiodes.

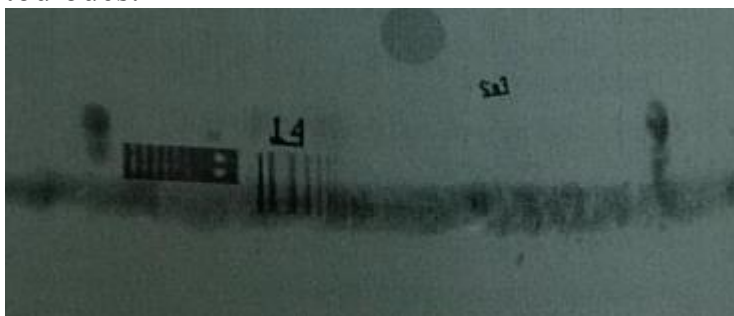


Fig. 3. Radiograph of a weld pipe diameter of 1020 mm. [4]

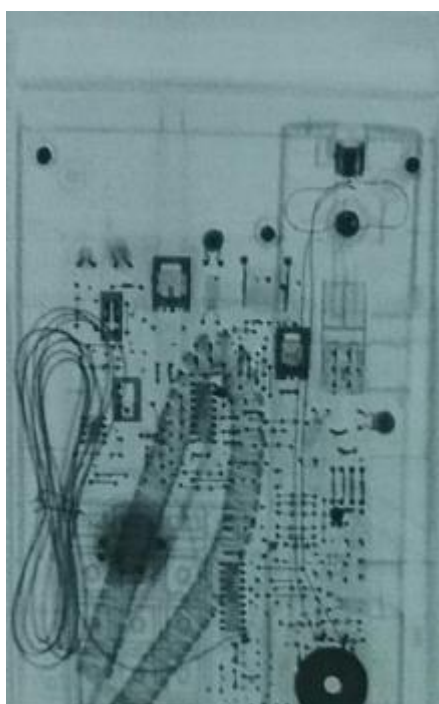


Fig. 4. The printed circuit board with an illegal radio electronic element [4].

### References

- 1 Lebedev M.B., Sidulenko O.A., V.A. Udod. Analysis of the current state and development of digital radiography. News TPU 2008 - V.312. No. 2. Pp. 47–55.
2. Rincu u O. Kleinberger. The advantage of digital radiation method over conventional one // Materials Evaluation. 2009. V. 67, No. 5. Pp. 499–506.
3. Marinho C.A., Lopes R.T. u JMA Rebeto. Comparing the digital version of the conventional method of radiation // Materials Evaluation. 2009. V. 67, No.5. Pp. 529– 539.
4. Klimenov V.A., Kasyanov V.A., Lebedev M.B., Moskalev Y.A., Temnik A.K., Stein M., Chakhlov S.V. Current state and prospects of creation

of competitive high-end digital radiography // Control. Diagnostics. - 2011 - Special issue. - Pp. 25– 29.

## **DIFFERENT APPROACHES FOR ULTRASONIC TIME-OF-FLIGHT TO MEASURE DISTANCE**

*Vinanthi S.U.*

*Tomsk polytechnic university, Tomsk*

*Scientific supervisor: Soldatov A.I. Doctor of Engineering Science, professor of Industrial and medical electronics department.*

There are various techniques to measure the distance using ultrasonic testing. Ultrasonic testing method is based on the capture and quantification of either the reflected waves or the transmitted waves and is also based on the vibration in materials which is usually mentioned as acoustics. The ultrasonic time-of-flight (TOF) to measure the distance includes different techniques like pulse echo method [1], threshold detection, cross-correlation estimator [3] etc. The measuring distance products can contain infrared light emitters and receivers. The ultrasonic testing is based on the reflection of sound waves which are travelling in a medium.

The measuring device mainly consists of the transmitter unit and the receiver unit. The sound waves travelling from the transmitter unit is received in the receiver unit as reflected waves which are called as echo signal. To measure the distance the time taken for the sound waves to travel the distance from the source to the subject and back to the source and speed of sound in the medium is required. The ultrasonic measuring devices are used in industrial applications to measure the distance in different mediums.

The pulse echo method or the TOF method [1] consists of a transmitter unit containing a switch which helps allowing the sine wave from the function generator to the gain amplifier. The transmitter excitation is controlled digitally which is given from the function generator through the switch. The microcontroller is used for switching signal, and to calculate the distance. The receiver unit contains the amplifier which is required when higher frequency pulse is received and the comparator which compares the output signal with reference threshold level to clear out the noises and false triggering. Then it passes through the voltage limiter to which sends to microcontroller to count pulses. The transmitter passes the pulses which are received at the receiver as echo pulses. The time-of-flight (TOF) is calculated by microcontroller using the time delay between the received pulses and the transmitted edges. The Fig.1.shows the echo signal reflected at the receiver.

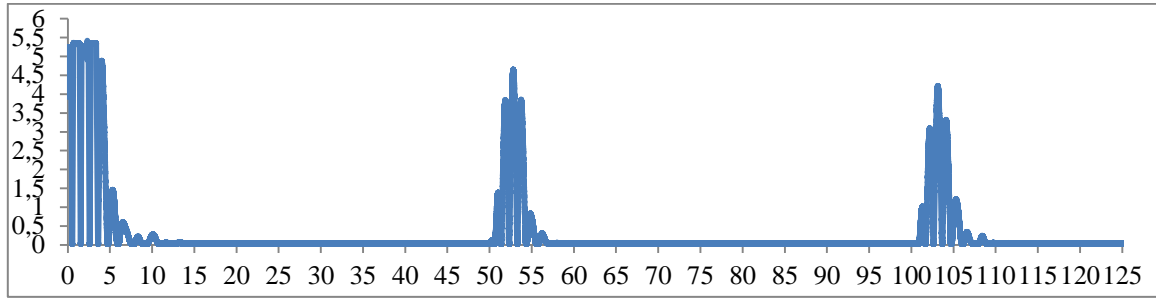


Fig.1.Echo Signal

The other different approaches for ultrasonic time-of-flight (TOF) to measure the distance are such as the measuring method based on threshold detection, cross-correlation estimator and discrete extended Kalman filter [3]. The two consecutive steps for TOF-based measurements are the first step is for the digitization of the received ultrasonic signal through a data acquisition system, and the second step includes a suitable digital signal-processing algorithm is applied to the acquired samples for the preferred TOF. Major sources of inaccuracy can be found in additive noise affecting the acquired ultrasonic signal, shape distortion of the received echo, and dependence on temperature of the propagation velocity.

The threshold method is used in realizing on actual sensor in a simple but the drawback is the echo signal undergoes from noise sensitivity and in the signal shape distortion.. The cross-correlation estimator method is used to detect the maximum value of the cross-correlation between the return signal and a reference signal and the drawback is echo shape distortions. The Kalman filter method is for a linear process which uses a kind of feedback control based on measurement results of measures that are linear functions. The TOF approximation inherently accounts for distortions the ultrasonic echo in the end experiences; with a consequent positive effect on bias reduction is the main advantage of the Kalman filter approach. This has been helped to improve the accuracy of ultrasonic-based location systems of robots [4].

The unscented Kalman filter [7] is a new addition of the Kalman filter method to calculate the reflected echo signal and to trace its onset accurately using digital signal processing method. This method has helped to improve the issues related to presence of noise and other interfering signals, amplitude attenuation and shape distortion of ultrasonic echo, temperature and humidity and TOF evaluations not greater than 0.3%. The experiment observed in free-space has distances varying inside the interval 400–1000 mm whereas while experiment observed in closed tank has distances varying inside the interval 350–510 mm. The values of bias ( $\delta$ ) percentage and experimental standard

deviation ( $\sigma$ ) percentage are marginally greater in closed tank than those observed in free-space.

The distance measurement using cross-correlation by single-bit signal processing [5] is calculated by comparison with cross-correlation of multi-bit digital signals and interpolation of cross-correlation function with the linear approximation of the phase created using computer simulations and the experimental results. The amount of noise in the received signal is reduced by the using the triangular weighted moving average filter. The high-time-resolution cross-correlation function can achieve higher peak amplitude than the cross-correlation function of 8-bit digital signals. The distance measurement with cross-correlation by single-bit signal processing result has improved accuracy of distance in a noisy atmosphere.

In the above method, the time resolution of the received linear frequency modulated signal's TOF is characteristically better by introducing the cross-correlation function with its phase or refining the sampling frequency of digital signal processing. The previous needs a large lookup table of arctangent and complex cross-correlation operation, while the latter significantly increases the calculation costs of cross correlation and the time resolution of the cross-correlation function. The design costs of cross correlation by single-bit signal processing are constant and self-determining of the sampling frequency of digital signal processing. And so, cross correlation by single-bit signal processing is an effective method for improving the time resolution of the TOF.

The binary frequency shift-keyed (BFSK) [6] ultrasonic distance measurement system is based on combining both TOF method and the phase shift method in view of change in temperature and humidity to increase the accuracy of the result. The problems are reduced with the no-ideal behavior of the ultrasound transducers. The received signal has two steps to process one is TOF calculation using the elapsed time, which is the travel time of the signal from the transmitter to the receiver and the phase shift calculation using phase shifts detected by the received signals with respect to the transmit signals. The accuracy of the phase shift is limited by the amplitude accuracy of the samples and the resolution of the analog to digital converter and the refined range does not exceed a wavelength of the transmitted signals.

The pulse echo method is the easiest method to measure the distance when compared with the analyses of different approaches. The echo signal reflected at the receiver makes the microcontroller with LCD which is user friendly. The echo signal provides the accurate measurement of distance with reduced noise in the signal under the different temperature range. The different approaches of ultrasonic time-of-flight (TOF) to measure the

distance have a result of improved accuracy in noise, amplitude attenuation, and shape distortion of ultrasonic echo, temperature and humidity.

### References

1.Vidyadhar Kamble, Dipesh Makwana, C.Chandramouli, Prof. P.C. Pandey, Ultrasonic Based Distance Measurement System - EE616 Electronic Design Lab Project Report, EE Dept, IIT Bombay, November 2007.

2.Pawan Kumar and Meenu Bhardwaj, Accurate Measurement of Distance and Velocity Using Technological Application Of Echolocation - International Journal of Applied Engineering Research, ISSN 0973-4562 Vol.7 No.11 (2012).

3.Leopoldo Angrisani, Aldo Baccigalupi and Rosario Schiano Lo Moriello, Università degli Studi di Napoli, Italy - Ultrasonic-Based Distance Measurement Through Discrete Extended Kalman Filter.

4.F.E. Gueuning, M. Varlan, C.E. Eugene, P. Dupuis, Accurate Distance Measurement by an Autonomous Ultrasonic System Combining Time-of-Flight and Phase-Shift Methods, IEEE Trans. on Instr. and Meas., Vol.46, N.6, December 1997, pp.1236-1241.

5.Shinnosuke Hirata<sup>1</sup>, Minoru Kuribayashi Kurosawa<sup>1</sup> and Takashi Katagiri (publication 3 June 2009 - The Acoustical Society of Japan) - Accuracy and resolution of ultrasonic distance measurement with high-time-resolution cross-correlation function obtained by single-bit signal processing.

6.Aldawi, Fouad, Longstaff, Andrew P., Fletcher, Simon, Mather, Peter and Myers, Alan A high accuracy ultrasound distance measurement system using binary frequency shift-keyed signal and phase detection. In: Proceedings of Computing and Engineering Annual Researchers' Conference 2007: CEARC'07. University of Huddersfield, Huddersfield, pp. 1-7.

7.Leopoldo Angrisani, Aldo Baccigalupi, and Rosario Schiano Lo Moriell - Ultrasonic Time-of-Flight Estimation Through Unscented Kalman Filter (IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT, VOL. 55, NO. 4, AUGUST 2006).

## **DEVELOPMENT OF ALGORITHMS TO DETERMINE ROADHEADERS ORIENTATION**

*Vu Doan Ket*

*National Research Tomsk Polytechnic University*

*Scientific supervisor: Belyanin L. N., Ph.D., Associate Professor of  
Department of Precision Instrument Making*

At the Department of Precision Instrument Making, the orientation and navigation system for the roadheaders is developed. The system plays a very important role in the roadheaders management in the mine construction. The idea of this system is to use two devices: ground orientation device mounted on the roof of the mine with known geographical coordinates and orientation device mounted on roadheader. These devices have mutual optical sight. Thus, if the geographical coordinates of the ground orientation device and the distance from it to the roadheader are known, the azimuth and geographical coordinates of roadheader can be easily calculated. This article considers the problem of Roadheader orientation determination.

For the solution of this problem, the analytical principle of supporting the direction structure is accepted. This principle is effective for immovable objects. So the accelerometers measure only acceleration of gravity projection. In our case, the Roadheaders move, so accelerometers will measure the apparent acceleration. This acceleration is the difference between the movement acceleration and the acceleration of gravity projection on the sensitivity axis. However, by connecting low-pass filters to the outputs of the accelerometers, one can receive the signals similar to the acceleration of gravity projection. This solution has been successfully implemented in a continuous gyroscopic inclinometer IGN100-100 / 60-A developed in Tomsk Polytechnic University.

There are three schemes for the determination of an object: the scheme with one accelerometer determines one orientation angle of an object; the scheme with two accelerometers and the scheme with three accelerometers determine two orientation angles of the object relative to the vertical. In this case, Roadheaders turn relative to the vertical by small angles, so the scheme with two accelerometers can be used (fig. 1).

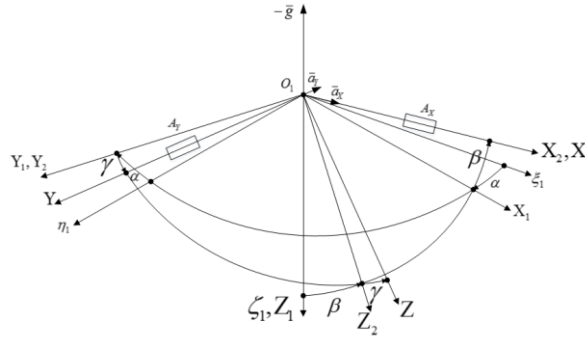


Figure 1. The support and the associated coordinate systems

Fig. 1 denotes:

$O_1\xi_1\eta_1\zeta_1$  - horizontal, geographical directional coordinate system, its origin of coordinates is the point to mount the orientation devices on Roadheader; axis  $O_1\xi_1$  is directed to the North; axis  $O_1\zeta_1$  is directed along true vertical of the terrain and down; axis  $O_1\eta_1$  is completed so as to obtain the right coordinate system, so it is directed to the East;

$O_1XYZ$  - coordinate system is associated with Roadheader; axis  $O_1X$  parallels to the longitudinal axis of the Roadheader in the direction of its front side; axis  $O_1Y$  perpendiculars to the axis  $O_1X$  and parallels to the caterpillar plane and right; axis  $O_1Z$  is completed to obtain the right coordinate system, so it is directed down;

$\bar{g}$  - acceleration of gravity vector;

$\bar{a}_x, \bar{a}_y$  - the apparent acceleration of projections on axes  $O_1X$  and  $O_1Y$ ;

For determination of the orientation of Roadheader angles Euler – Krylov are used. In the starting position the axes of coordinate system  $O_1XYZ$  coincide appropriately with the axes of coordinate system  $O_1\xi_1\eta_1\zeta_1$ . Firstly, system  $O_1XYZ$  turns around axis  $O_1Z$  by positive angle  $\alpha$ . Secondly, system  $O_1XYZ$  turns around axis  $O_1Y$  by positive angle  $\beta$ . Lastly, system  $O_1XYZ$  turns around axis  $O_1X$  by positive angle  $\gamma$ .

In this article only determination tasks of the pitch and list angles of the Roadheader are considered. And azimuth of roadheader is known.

Thus, accelerometers  $A_x$  and  $A_y$  measure the apparent acceleration projections. From fig. 1 we have:

$$a_x = g \cdot \sin \beta;$$

$$a_y = g \cdot \cos \beta \cdot \sin \gamma.$$

After simple transformations, the following formulas are obtained:



$$\sin \beta = \frac{a_x}{g}; \cos \beta = \frac{\sqrt{g^2 - a_x^2}}{g}; \operatorname{tg} \beta = \frac{a_x}{\sqrt{g^2 - a_x^2}};$$

$$\sin \gamma = \frac{a_y}{\sqrt{g^2 - a_x^2}}; \cos \gamma = \frac{\sqrt{g^2 - (a_x^2 + a_y^2)}}{\sqrt{g^2 - a_x^2}}; \operatorname{tg} \gamma = \frac{a_y}{\sqrt{g^2 - (a_x^2 + a_y^2)}}.$$

Therefore, the pitch and list angles of Roadheader can be calculated using the following formulas:

$$\beta = \arcsin \frac{a_x}{g} \text{ or } \beta = \arccos \frac{\sqrt{g^2 - a_x^2}}{g} \text{ or } \beta = \operatorname{arctg} \frac{a_x}{\sqrt{g^2 - a_x^2}};$$

$$\gamma = \operatorname{arcsin} \frac{a_y}{\sqrt{g^2 - a_x^2}} \text{ or } \gamma = \arccos \frac{\sqrt{g^2 - (a_x^2 + a_y^2)}}{\sqrt{g^2 - a_x^2}} \text{ or}$$

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{a_y}{\sqrt{g^2 - (a_x^2 + a_y^2)}}.$$

These values are the main values of the pitch and roll angles. However, Roadheaders turn relative to the vertical by small angles, so the main values are also values of the Roadheader's pitch and roll angles.

Moreover, it must be noted that the function "arcsin" has a high precision with the angles closed  $0^\circ$ ; function "arccos" has a high precision with the angles closed  $90^\circ$ ; and function "arctg" has a wider high precision range. Therefore, the algorithm with function "arctg" will be used for pitch and roll angles determination.

$$\left. \begin{aligned} \beta &= \operatorname{arctg} \frac{a_x}{\sqrt{g^2 - a_x^2}}; \\ \gamma &= \operatorname{arctg} \frac{a_y}{\sqrt{g^2 - (a_x^2 + a_y^2)}}. \end{aligned} \right\}$$

In this paper, the orientation of the Roadheader is determined by the analytical method. These algorithms are simple enough for processing with a calculator.

## References

1. Belyanin L. N., Yakimova E. V. Calibration module of accelerometers in uncertainty direction of their sensitivity axes. Materials of the 1st All-Russia with international participation scientific and practical

conference on innovation nondestructive testing. 25-29 June 2011, Altai Mountains. Control. Diagnostic 2011. P. 64-70.

2. Belyanin L. N. Algorithms of calculations in the continuous gyroscopic inclinometer. Automation and informational support of technical processes in the oil industry: collection of articles. Tomsk: Publishing House Tomsk Polytechnic University, 2002. – V2. – p. 50 – 63.

## **CREATION OF HARDWARE AND X-RAY PROTECTION FOR TOMOGRAPH TOLMI 150-10**

*Golotsevich Y.A., Izhenbin I.A.*

*National Research Tomsk Polytechnic University*

*Scientific advisor: Kapranov B.I. Associate Prof., TPU*

*Linguistic advisor: Kalinichenko A.N. Associate Prof., TPU*

At the moment, the Institute of Non-destructive Testing is commissioning radiation tomographic systems for finding defects in industry.

“In this complex we will combine different methods of non-destructive testing, but we will offer only the set that is optimally suited for our customers’ business needs. That means on our hardware we will test and define the methods which most effectively determine the defects in the products of our customers”, – citation of Non-destructive Testing Institute’s director, Borikov V.N., in interview for TPU News.

That means we need to improve the system of tomograph to obtain images of much more high quality with less time and reduce the size and weight of it.

The main concurrent we have in sphere of x-ray tomography is American company General Electric, supplying equipment to the European, and Russian markets.

**The main problem** which we ran into in process of creation the tomograph on hardware level is the low accuracy in measurement of the controlled sample’s rotation angle. Used in tomographic complex rotator (Figure 1) or "turning station" allows you to rotate an object of control in increments of 1 degree. And the same minimum pitch is specified in the software for subsequent image reconstruction.



Figure 1 – Rotator of controlled sample

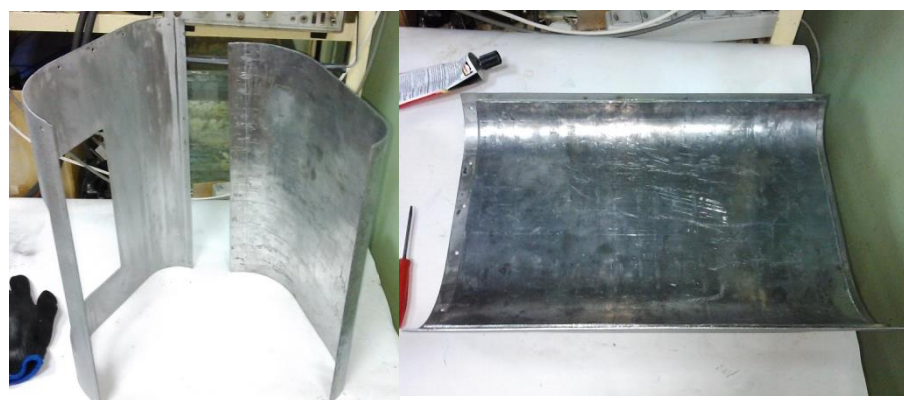
Thus, the rotation angle is not controlled in any way, but merely accepted "on faith" that the angle of rotation of the spinner will be equal to 1 degree. The practice requires the most accurate determination of the angle of rotation. This problem can be decomposed into two tasks:

1. To develop a device for determining the angle of rotation.
2. Create software that takes into account that the angle of rotation is determined by a separate device, and incorporate this information into the experiment.

**The second problem** is as follows: this tomograph is intended for work on tomography in relatively close contact with it, that's why there is a need to create the radiation protection from X-rays. After calculating the required thickness of the protective layer, we concluded that it is necessary to attach three lead layers having a thickness of 4 mm each on the end face. On the sides is necessary to attach three lead layers thickness of 3 mm. At the source in order to prevent dissipation of strong radiation - 4 mm thick lead layer. The process of attaching lead layers to the body is in the figure 2.



a)



b) c)

Figure 2 – The process of attaching lead layers to the body: a) attaching to the sides and end face, b) attaching to the top part

After the protection was made there is no radiation coming out of the body of tomograph.

**The third problem** is connected with maintaining the temperature of the cathode ray tube at a desired level. This problem was solved easily. To reduce the temperature in process of obtaining the image we used pump and radiator with two coolers (Figure 3), connected it with the tube and turn on.

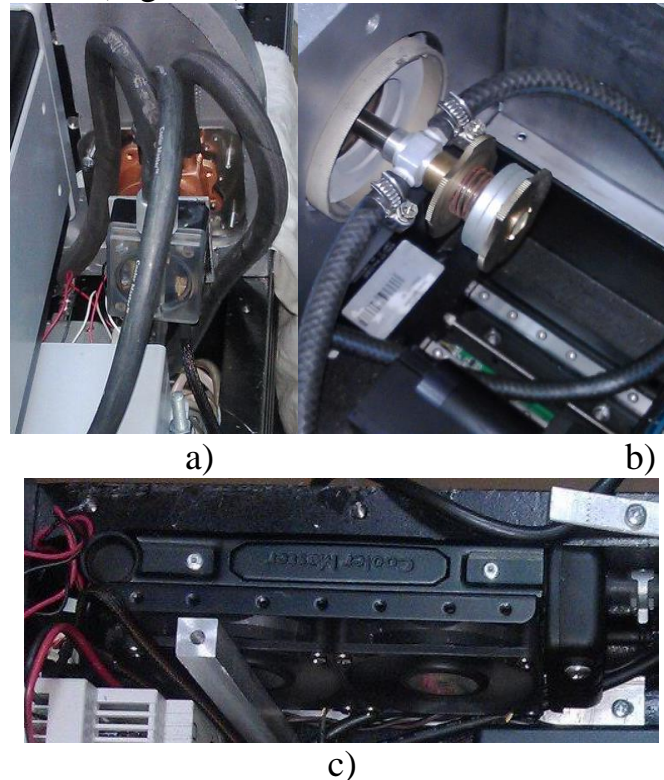


Figure 3 – Cooling system: a) pump; b) tube; c) cooler

After completing all these operations there was a need of a compact arrangement of all units within the body in accordance with the concept of tomograph work (Figure 4).

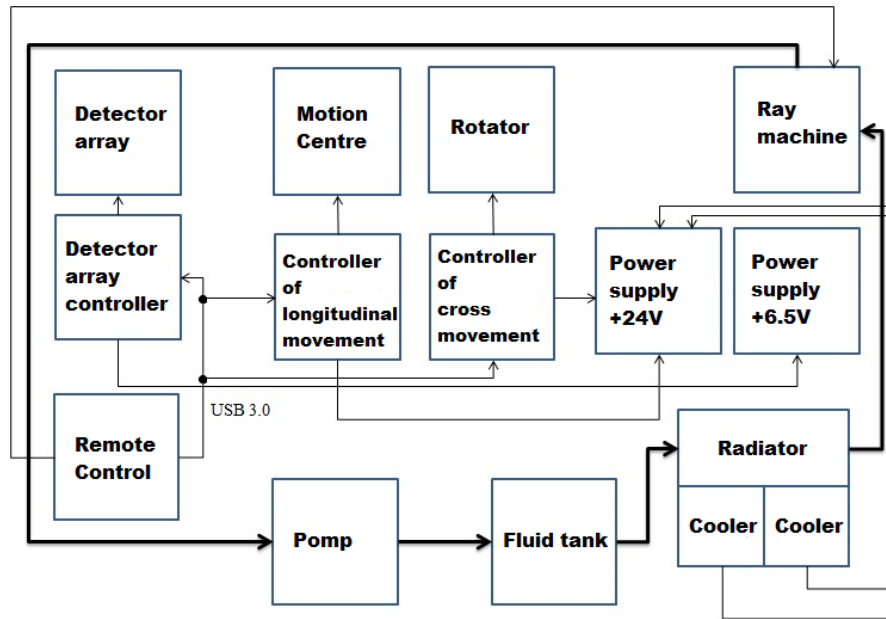


Figure 4 – Concept of tomograph work

As a result of the rational arrangement of all units within the body, manufacturing threaded holes and the installation of all blocks, tomograph took the form shown in Figure 5.



Figure 5 – The internal structure of tomograph

### Conclusion

After performing all described operations, we have a working tomograph and everything is ready to perform basic tasks – to improve the system to obtain images of much more high quality with less time by creating

a device for determining the angle of rotation and incorporate this information into the experiment.

### **References**

1. Niemi E.MP 47E. User's Manual. Vancouver, 2008 – 114 p.

## **INVESTIGATION OF THE PARAMETERS OF THE ELECTRIC RESPONSE FROM HEAVY AND LIGHTWEIGHT CONCRETE**

*Demikhova A.A.*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*Scientific adviser: A.P. Surzhikov, D.Sc., professor TPU*

*Linguistic adviser: T.S. Mylnikova, Senior Teacher TPU*

Concrete is the main construction material, which is used in all construction areas. The quality of concrete structures depends on structural composition of concrete, and it is determined by the porosity of the cement stone, the quality of the contact between the cement matrix and the coarse aggregate, the size and composition of the coarse aggregate. Various technological factors in concrete manufacturing may make the concrete structural composition deviate from the design values. Therefore, the structural characteristics of concrete are to be monitored. This may solve the problem of safe operation of concrete structures.

To solve the problem of nondestructive testing of the concrete structural characteristics, we propose to use the phenomenon of mechano-electrical transformations under elastic impact excitation of heterogeneous non-metallic materials [1–3]. The principle of the phenomenon of mechano-electrical transformations implies that under elastic impact excitation, the acoustic waves are formed in the sample. The acoustic waves affect the sources of mechano-electrical transformations, and as a result, alternating electric field arises. The electric field arises due to the charges occurring at the boundaries of piezoelectric quartz (the component of river sand and gravel) under its deformation and due to the shift of these charges and the charges of the electrical double layers (at the boundaries of the components in a heterogeneous material). The electric receiver is located near the sample surface, and it records the change in the summary electric field in the region of its location. Therefore, the parameters of the electric response should reliably trace the processes of transformation of the acoustic

wave characteristics when they interact with the structural inhomogeneities of the heterogeneous material.

The goal of the research was to investigate the parameters of the electric response from heavy and lightweight concrete.

For the experiments, the samples of concrete with a size of  $100 \times 100 \times 100$  mm with different coarse aggregate (gravel and keramzit) were made. Gravel is the coarse aggregate of heavy concrete. Keramzit is the coarse aggregate of lightweight concrete.

The experimental research was carried out with the laboratory hardware–software complex to produce pulsed mechanical excitation of samples and record the electric responses. Pulsed mechanical excitation was applied to the sample by means of an electromechanical impact device with a constant impact force. The electrical response to the elastic impact excitation of the samples was detected with a differential electrical sensor. An electrical measuring detector was placed at a distance of 2 mm from the sample surface. A compensating detector identical to the measuring one was placed 30 mm higher than the latter. The measuring detector received both the signal from the sample and a noise signal as a useful signal. The compensating detector was located far from the source of the useful signal and detected only noise. This type of the measuring scheme greatly increases a signal-to-noise ratio. Signals from the electrical sensor were detected with multifunctional I/O board interfaced with a PC to digitize the electric signal time realizations.

Figure 1 (a, b) shows the electric responses recorded under impact excitation of the samples.

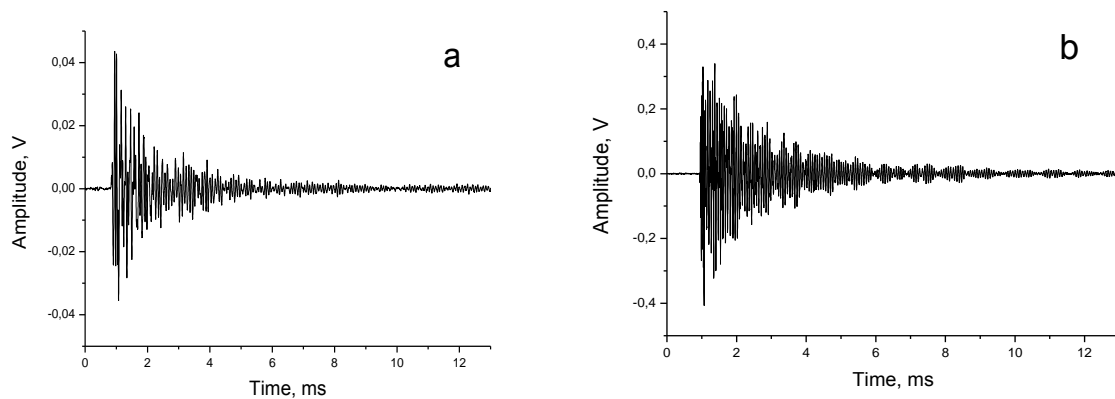


Fig.1. Electric responses under impact excitation: a is for lightweight concrete; b is for heavy concrete.

Figures 1a and 1b indicate that the responses from the samples have a different signal value and are of different attenuation character. The attenuation of the signal is determined by the conditions of the acoustic wave

passage through the heterogeneous material and depends on the ratio of the acoustic wave resistances of the cement matrix and coarse aggregate.

The attenuation coefficients of heavy and lightweight concrete were calculated with a special program in LabView. The attenuation coefficient in lightweight concrete is  $919.5 \text{ s}^{-1}$ , and in heavy concrete it is  $696.3 \text{ s}^{-1}$ . Since the acoustic wave resistances in gravel and keramzit are significantly different, the character of signal attenuation in these materials is different [4].

The conducted investigations show that the parameters of the electric response depend on the composition of the coarse aggregate in concrete and can be used for its testing.

### References

1. A.P. Surzhikov and T.V. Fursa. Mechanoelectrical Transformation upon The Elastic Impact Excitation of Composite Dielectric Materials // Technical Physics. – 2008. – No. 4. – P. 462–465.
2. T.V. Fursa and D.D. Dann. Mechanoelectrical Transformations in Heterogeneous Materials with Piezoelectric Inclusions // Technical Physics. – 2011. – No. 8. – P. 1112–1117.
3. T.V. Fursa, K.Yu. Osipov and D.D. Dann. Development of a Nondestructive Method for Testing the Strength of Concrete with a Faulted Structure Based on the Phenomenon of Mechanoelectric Transformations // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2011. – No 5. – P. 323–328.
4. T.V. Fursa, A.A. Demikhova and V.A. Vlasov. The Relationship of the Structural Characteristics of Concrete with the Parameters of the Electrical Response upon Elastic Impact Excitation // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2014. – No. 5. – P. 258–263.

### MODELLING OF PV – MODULE BASED ON DATA SHEET PARAMETERS

*Dinh V. T.*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*Scientific supervisor: A.V. Yurchenko, D.Sc, Professor, Department of Information and Measuring Engineering, Institute of Non-Destructive Testing, TPU, Russia*

*Linguistic adviser: M.V. Kuimova, Candidate of pedagogical science*

**Abstract** – The PV module is the interface, which converts light into electricity. Modelling of this device requires weather data (irradiance and temperature) as input variables. The output can be current, voltage, power.



Any change in the inputs immediately leads to changes in the outputs. That is why, it is important to use an accurate model for the PV module. This paper presents a modelling of the effect of irradiance and temperature on the I-V and P-V characteristics of the PV module. The chosen model is a single diode model with both series and parallel resistors for greater accuracy. The modelling is simulated using Matlab/Simulink and Matlab/Guide software.

**Key words** – PV electrical characteristics, single-diode model, Matlab/Simulink, Matlab/Guide.

## 1.

## 2.INTRODUCTION

The main electrical characteristics of PV cell and module usually are given on the data sheet. However, most of the manufacturers' data sheets do not give enough information about the parameters, which depend on weather conditions (temperature and irradiance). The objective of this paper is to present the modelling of I-V and P-V characteristics of the PV module.

## 3.PV MODULE MODELLING

### 2.1.Electrical characteristics of the PV module

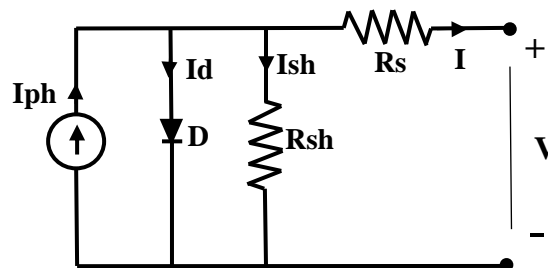
To simulate the PV module the main electrical characteristics from the data sheet have been used. These parameters are under test conditions of irradiance of 1 kW/m<sup>2</sup>, and cell temperature of 25 C.

Table 1. Electrical characteristics of PV module.

Peak Power	Total number of cells in series (Ns)
Voltage at Maximum power (Vmp)	Total number of cells in parallel (Np)
Current at Maximum power ( Imp)	Coefficient temperature of short circuit current (A/K)
Open circuit voltage ( Voc)	

### 2.2.Determination of the parameters

PV cells are usually represented by a simplified equivalent circuit model such as given in Fig.1:



**Fig .1.** The equivalent circuit of a solar cell

By applying Kirchoff law, the current will be obtained by the equation:

$$I = I_{ph} - I_d - I_{sh}, \quad (1)$$

In turn,  $I_{ph}$ ,  $I_d$  and  $I_{sh}$  are determined by the following formulas:

$$I_{ph} = \frac{G}{G_{ref}} - (I_{ph,ref} + \mu_{sc} \cdot \Delta T), \quad (3)$$

$$I_d = I_0 \cdot \left[ \exp\left(\frac{(V + I \cdot R_s) \cdot q}{N_s \cdot A \cdot k \cdot T}\right) - 1 \right], \quad (4)$$

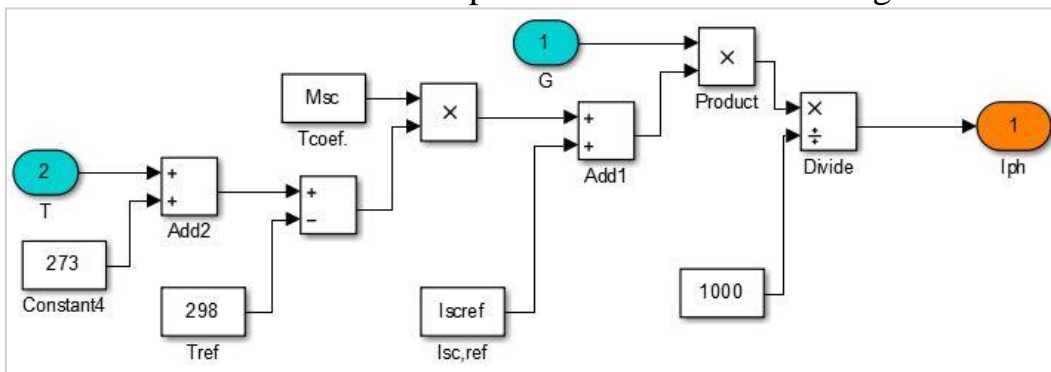
$$I_{sh} = \frac{V + I \cdot R_s}{R_p}, \quad (5)$$

where the symbols are defined as follows:

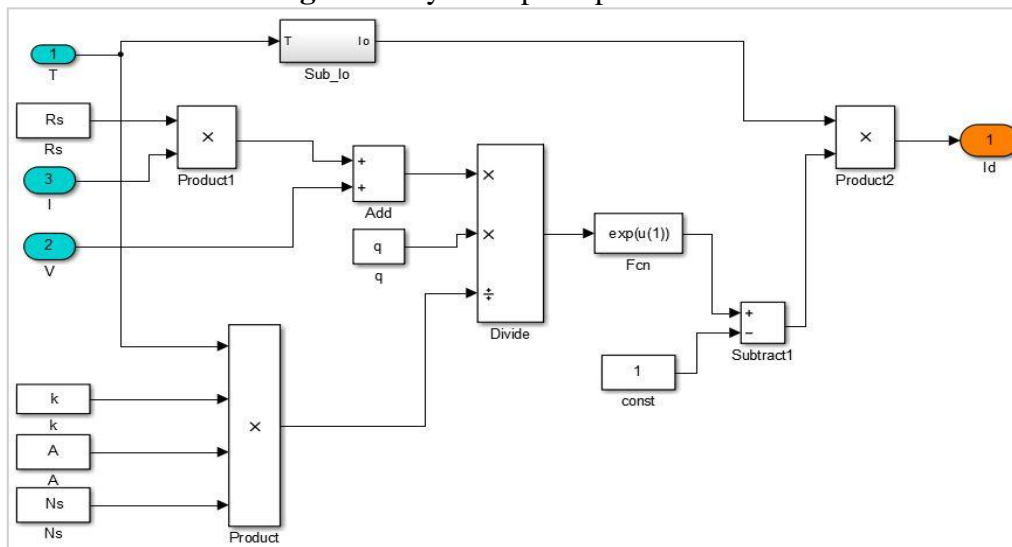
- $I_{ph}$  is photocurrent, A
- $I_0$  is diode saturation current, A
- $R_{sh}$  is shun resistance, Ohm
- $R_s$  is series resistance, Ohm
- $U$  is thermal voltage, V
- $k$  is Boltzmann's constant ( $1.38 \cdot 10^{-23}$ )
- $q$  is electron charge ( $1.602 \cdot 10^{-19} C$ )
- $A$  is ideality factor

### 2.3. Modelling of the PV module in Matlab/Simulink

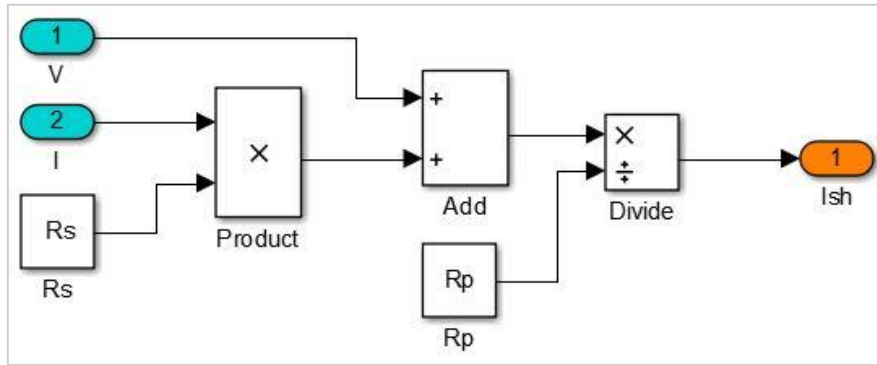
The simulations of the above parameters are shown in Figures 2–5:



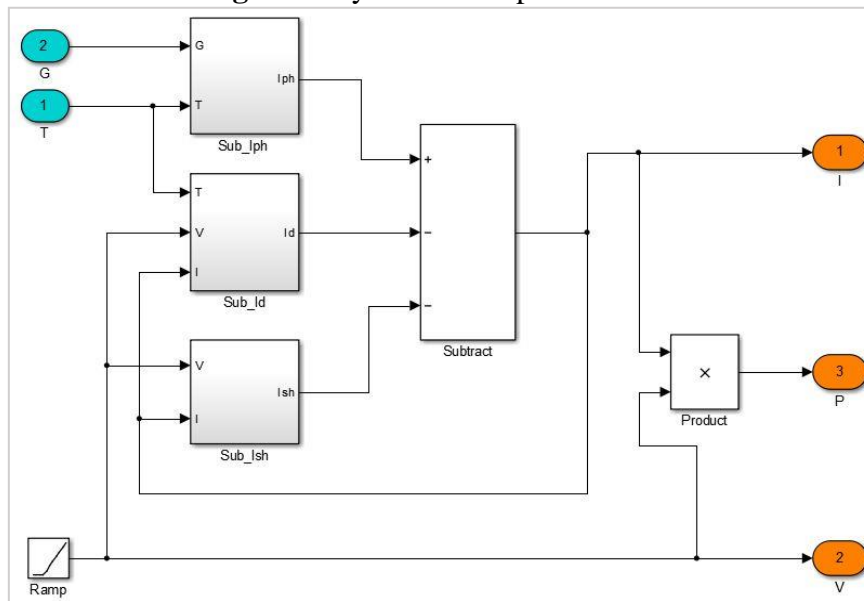
**Fig. 2.** Subsystem  $I_{ph}$  implementation



**Fig. 3.** Subsystem  $I_d$  implementation



**Fig. 4.**Subsystem Ish implementation



**Fig. 5.** Model of the PV module

### 3. CONCLUSIONS

The presented work is a modelling and simulation of the PV cell and module in Matlab/Simulink environment. The PV module parameters have been selected according to their variation with the irradiance level and temperature. It means that for any type of the PV module, this model can be used to obtain the I-V and P-V characteristics.

### References

1. Yurchenko A.V, Okhorzina A.V. The efficiency of photovoltaic devices in natural conditions / News of higher educational institutions. Physics, Tomsk– 2012.
2. Yurchenko A.V, Koslov A.V. Control systems of the PV module / Polzunovsky vestnik, Barnaul–2014.

# THE APPLICABILITY OF THE DISTRIBUTION FUNCTION OF THE STRENGTH OF CONCRETE TO EVALUATE THE TECHNICAL CONDITION OF CONSTRUCTION MATERIALS

*Zhantybayev A. A.*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*Scientific supervisor: Osipov S.P., Ph.D., Associate Professor of Department of Physical Methods of Non-Destructive Testing*

## 1. Introduction

Currently, Russia is undergoing rapid growth in housing construction with the use of new technologies. Ensuring a high quality of construction and maintenance of the technical condition of buildings and structures at the level which meets the consumer, is impossible without the use of modern methods of non-destructive testing and diagnosis [1-2].

The main characteristic used to evaluate the technical state of the objects of concrete, is the strength of the basic building material - concrete [3,4]. There are various implementations of destructive, direct non-destructive and indirect non-destructive measurement of the concrete [5]. The most convenient in practical implementation to evaluate the strength of concrete is an ultrasonic method and rebound hammer method [5]. Concrete materials are heterogeneous in structure, so the value of strength resulting from a single measurement instrument logically be viewed as a random variable. Subsequently, the quantity is called a random variable analyzed. The most complete characterization of said random variable is its distribution function and the density of distribution. There are various assumptions about the distribution of the random variable analyzed, for example, about its normality [6]. Obviously, during the operation concrete constructions there is a change distribution pattern in the surface strength of the concrete layer. It follows that the problem of determining the nature of the distribution of the random variable analyzed in a newly erected building facilities and changing the nature of this process in continuous operation remains relevant. Note that the problem is typical for metal structures [7].

## 2. Theory

In the scientific literature to describe the distribution function of the analyzed random variable and other random variables specific to the construction, use a variety of laws: normal [6], lognormal [7], the Weibull [8] Gumbel [9]. The density of the normal distribution described by followed expression:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\xi)^2}{2\sigma^2}}, \quad -\infty < x < \infty, \quad (1)$$

here  $\xi$  – average deviation,  $\sigma$  – standard deviation.

The distribution function of a random variable distributed according to Weibull, is as follows

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k}, \quad 0 < x < \infty, \quad (4)$$

where  $k$  and  $\lambda$  – Weibull distribution parameters.

Lognormal distribution is derived from (1) by replacing  $x$  with  $\ln x$ , and Gumbel distribution is derived from (2) by the same substitutions.

### 3. Experiment

The aim of this paper is to determine the direction of future research related to the choice of the nature of the distribution of the strength of concrete.

In the survey process of a number of building structures measured the strength of concrete columns, stiffening diaphragms and floors. Concrete compressive strength was evaluated using an ultrasonic device "Pulsar-1.1". This instrument is designed to measure the time and velocity of ultrasonic waves in the building materials. From the measured value of the velocity of propagation of ultrasonic waves is determined by the strength of the building material.

In addition, for the evaluation of the analyzed characteristics of the concrete used device "Onyx 2.4" which complies with the measurement of strength of construction materials for compression in accordance with GOST 22690-88, GOST 18105-86, GOST 530-95, GOST 28013-89, GOST 26633-91. The strength of construction materials is estimated by the rebound of the striker. Calibration dependence included in memory of the device, but is allowed and a control calibration is applied to the sample standard sample of strength. The measurement range of the device "Onyx 2.4" is from 1 MPa to 100 MPa.

Figures 1 and 2 for illustration shows typical histograms of the analysis of the random values obtained using instruments "Onyx-2.4" and "Pulsar-1.1".

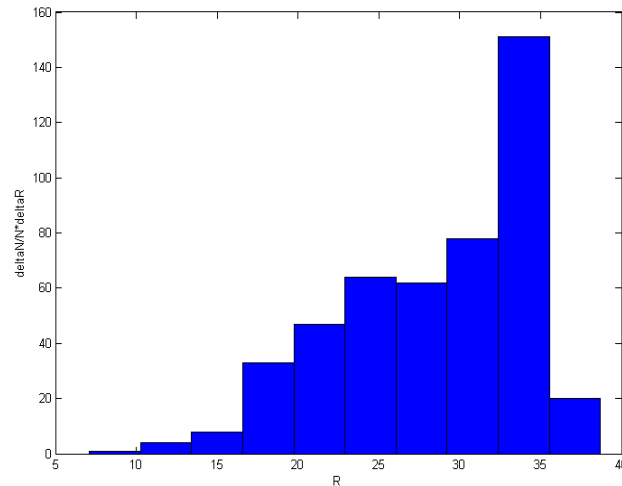


Figure 1 - distribution histogram of strength concrete (Onyx-2.4)

In appearance histograms can make a preliminary conclusion about the impossibility of attributing the analyzed random variable to a class of random variables distributed normally. A second preliminary conclusion is related to the strength of concrete similarity of histograms obtained for devices "Onyx-2.4" and "Pulsar-1.1» that most likely indicates the reproducibility of measurements. To confirm or refute the hypotheses related to the nature of the distribution of the random variable analyzed, further research is needed.

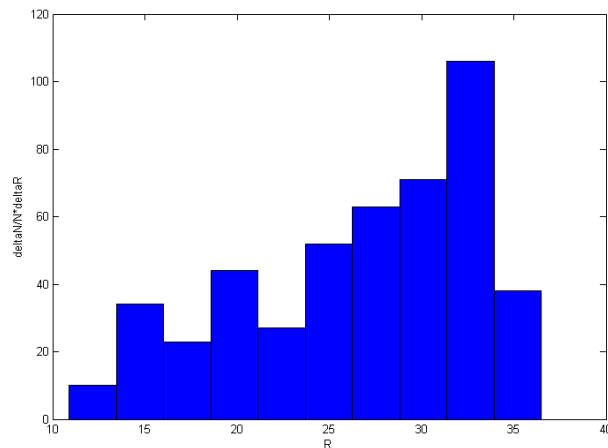


Рисунок 2 – Гистограмма распределения прочности бетона (Пульсар–1.1)

#### 4. Conclusion

On the basis of these studies we can conclude that a probable change in the density distribution of concrete strength during the operation of building structures and structures will allow them to assess the current technical state.

## References

1. Farenuk G.G., Malikov S.V., Galinsky A.M., Krivosheyev P.I. Using the scientific and technical support to ensure the safety and effectiveness of technical solutions in construction // Будівельні конструкції. – 2014. – №. 81. – p. 53–74.
2. Ulybin A.V., Zubkov S.V., Fedotov S.D., Kukushkina G.A., Chernenko E.V. Technical inspection of building structures of the complex of industrial buildings// The construction of unique buildings and structures. – 2014. – № 7 (22). – p. 194–217.
3. Rapaport P.B., Rapaport N.V., Polyanskiy V.G., Sokolova E.R., Garibov R.B., Kochetkov A.V., Yankovskiy L.V. Analysis of the life of modern cement concrete // The construction of unique buildings and structures. – 2012. – № 4. – 8 p.  
URL: [www.science-education.ru/104-6559](http://www.science-education.ru/104-6559)
4. Vazhenov Y. M. Modern technology of concrete // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2010. – № 36. – p. 10–17.
5. Ulybin A. V. On the choice of methods to control the strength of concrete structures built // Civil Engineering Journal.– 2011. – № 4. – p. 10–15.
6. Kirilenko A.M. Statistical characteristics determine the strength of concrete in monitoring exploited building structures // Mining informational and analytical bulletin. – 2006. –№ 1. – p. 22–28.
7. Osipov S.P., Osipov O.S., Podshivalov I.I., Berzhenaru N.V., Zhantybayev A.A. Estimation Of Technical Condition Of Metal Products Using Rockwell Hardness Test Method // Bulletin TSABU. – 2015. – № 1 (48). – p. 122–131.
8. 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.
9. 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.

## CAPACITIVE SENSITIVE ELEMENTS WITH FERROFLUID FOR SENSOR OF MAGNETIC FIELD

*Zyatkov D. O., Yurchenko A. V., Balashov V. B.\*, Yurchenko V. I.\*  
Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*\*National research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

*\*\*Scientific Research Institute of semiconductor devices, Tomsk, Russia*

Ferrofluids or magnetic fluids are colloidal suspensions of magnetic particles stably dispersed in a carrier liquid. Such fluids are able to interact with the magnetic field. The properties of the magnetic fluid are determined by the size of magnetic particles, their properties, surface-active substance and carrier liquid. Generally, the magnetic fluid consists of 10 nm magnetic particles. These particles are coated with a surface-active substance and the liquid carrier can be polar or nonpolar [1].

Magnitude magnetic susceptibility of the magnetic fluid increases with the size of magnetic particles and their concentration. However, as the particle size increases, the sedimentation stability due to adhesion particles is violated because they have big magnetic moments.

The magnetization of the magnetic fluid depends on the volume concentration of the magnetic particles, the magnetic moment of the particles, the applied magnetic field and the energy of thermal motion [2].

The aim of this work is the possibility of creation of capacitive sensitive elements with ferrofluid for the magnetic field sensor. These sensors have to be simple in construction and of low cost.

The first model of the sensitive element for the magnetic field sensor is a glass-ceramic plate with the structure on the surface (capacitor). The capacitor is made of gold (Fig.1).

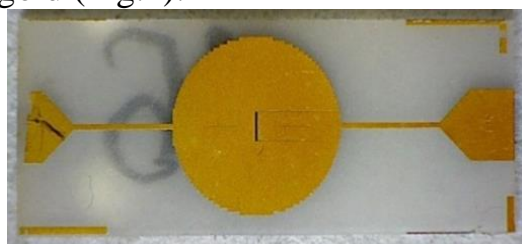


Fig. 1. Capacitor on a glass-ceramic plate

The thickness of the glass-ceramic plate  $h = 470 \mu\text{m}$ . The thickness sputtering  $h_{\text{spu}} = 6.21 \mu\text{m}$ .

A drop of the magnetic fluid is placed between the electrodes of the condenser. The magnetic fluid consists of a polimetilfenilsiloksan (PFMS-4) with 100 nm particles of nano-iron. However, the surface-active substance was not used, because the measurement was conducted within a couple of



minutes, therefore, the magnetic fluid can be considered as a stable system and sedimentation of particles can be neglected.

To measure the capacity of this condenser under the influence of an external magnetic field from the percentage content of iron particles in the magnetic fluid, four samples of magnetic liquid with a concentration of magnetic powder of 10%, 20%, 30% and 40% were prepared. The magnetic field was created by a permanent magnet with a diameter of 17.48 mm and a thickness of 1.61 mm. This magnet was brought to the condenser at a distance of 25 mm. The magnetic induction of the magnet at a distance of 25 mm was measured with the microteslameter MT-10 and was equal to 150  $\mu$ T.

The capacity change of the sensitive elements with different concentration of the particles in the magnetic fluid under effect magnetic field was measured by digital L, C, R meter type E7-12 with an adapter to reduce the influence of parasitic parameters at the frequency of the measuring signal of 1 MHz.

The experimental results showed that with increase of the concentration of particles in the magnetic fluid, the changes in the capacity ( $\Delta C$ ) increase.

$$\Delta C = \frac{C(H)-C(0)}{C(0)}; (1)$$

where  $\Delta C$  is the relative change of the capacity,  $C(H)$  is the value of the capacitor with the magnetic fluid by effect magnetic field,  $C(0)$  – value of capacitor with magnetic fluid not affected by the magnetic field.

Table 1 presents the relative change of the capacity depending on the concentration of magnetic particles in the liquid carrier under the effect of the magnetic field.

Table 1. The relative change of the capacity from the concentration of magnetic particles

Concentration, %	10	20	30	40
$\Delta C$ , %	1	1.4	5	15.3

A transistor case without a crystal was used as the second sample for comparison with the plate condenser (Fig. 2).

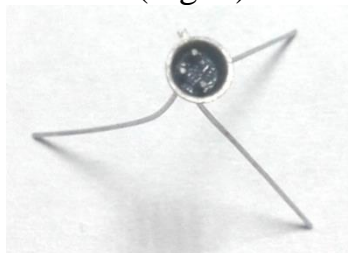


Fig. 2. Transistor case without a crystal

The magnetic fluid with a concentration of magnetic powder of 10% and 40 % was introduced in the transistor case. Table 2 shows the relative change of the capacity depending on the concentration of magnetic particles in a liquid carrier under the effect of the magnetic field.

Table 2. The relative change of the capacity from the concentration of magnetic particles

Magnetic field	H = 0	H >> 0	H = 0	H >> 0
Concentration of magnetic particles	C <sub>Fe</sub> = 10%	C <sub>Fe</sub> = 10%	C <sub>Fe</sub> = 40%	C <sub>Fe</sub> = 40%
Measurement 1, pF	0.217	0.199	0.392	0.385
Measurement 2, pF	0.214	0.205	0.396	0.386
Measurement 3, pF	0.217	0.200	0.397	0.386
Measurement 4, pF	0.216	0.199	0.398	0.386
Measurement 5, pF	0.218	0.201	0.401	0.384
Mean value, pF	0.216	0.200	0.397	0.381
ΔC, %	7.4		4	

In this experiment, the change in capacity is less than that for the glass-ceramic plate.

The third sample for comparison with the plate condenser was a glass capillary with an interior diameter of 0.7 mm and the distance between electrodes of 3 mm.

The magnetic fluid was placed in the glass capillary. The concentration of the magnetic powder was 40 %. Table 3 presents the relative change of the capacity depending on the concentration of the magnetic particles in the liquid carrier under the effect of the magnetic field.

Table 3. Relative change of the capacity depending on the concentration of magnetic particles

Magnetic field	H = 0	H >> 0
Measurement 1, pF	0.329	0.226
Measurement 2, pF	0.328	0.280
Measurement 3, pF	0.331	0.260
Measurement 5, pF	0.343	0.260
Measurement 6, pF	0.341	0.230
Mean value, pF	0.334	0.251
ΔC, %	24.8	

The experiment apparently shows that sensitivity of the glass capillary is higher than that in the first and second cases.

Under the influence of the magnetic field on the capacitive sensor element with the magnetic fluid, the particles aggregate in chain aggregates due to interaction of the magnetic moments [3]. In this way, the presence of the magnetic moments leads to their orientation along the magnetic field vector. Such structure formation leads to the change of the electrical properties of ferromagnetic fluids, including changes in dielectric permeability. As is known, the capacity of any condenser depends on the dielectric permeability of the medium between the plates [4]. As a result, the capacity of the condenser with a ferromagnetic fluid changes. This change is

due to changes of the dielectric permeability of the ferromagnetic fluid under the effect of the magnetic field.

According to the results of the experimental study we can draw a conclusion that capacitive cells with ferromagnetic fluid are responsive to an external magnetic field due to orientation of magnetic particles and their interaction. We plan to use a different particle size and properties in order to increase the sensitivity of the capacity elements for a magnetic field sensor.

### **References**

1. Bloom E. Y, Mayorov M. M., Cebers A. O, Magnitnie zhidkosti. - Riga: Zinatne, 1989. -386 pp (in Russ.)
2. Gubin S. P., Koksharov Y. A., Homutov G. B., Yurkov G. Y. Uspehi himii. 2005. - Vol. 74 (6). - pp. 541-574 (in Russ.)
3. Kantorovich S. S. Cepochnie agregati v polidispersnih magnitnih zhidkostyah. PhD thesis. -Yekaterinburg, 2004. -175 pp. (in Russ.)

### **ACOUSTIC DEPTH SOUNDER**

*Ju Yangyang, Komarov S.*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*Scientific supervisor: A.I. Soldatov, D.Sc., Professor, Department of Industrial and Medical Electronics*

*Linguistic advisor: T.S. Mylnikova, senior teacher, Department of Foreign Languages*

Ultrasonic energy is currently widely used for ultrasonic distance measurement. Range finders and all levels of measurement can be performed through ultrasonic technique. Ultrasonic testing is relatively rapid, convenient, simple, and easy to do real-time control. The measurement accuracy meets practical requirements, so a wide range of applications has been developed in the mobile robot.

The presented ultrasonic ranging system designer is mainly controlled by Micro Control Unit (MCU). MCU controls the timer, the ultrasonic transmitting circuit, the display circuit and the temperature probe. The ultrasonic depth finder was designed and tested for different depth, and the error analysis was conducted.

Consider the block scheme shown in Fig. 1.

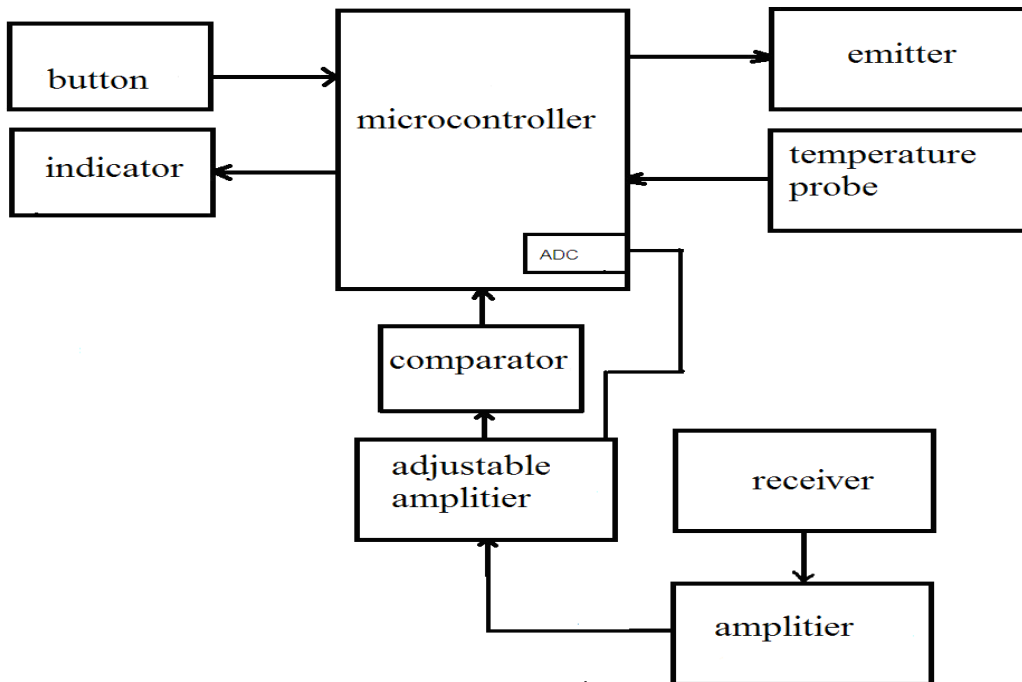


Fig. 1. Block scheme

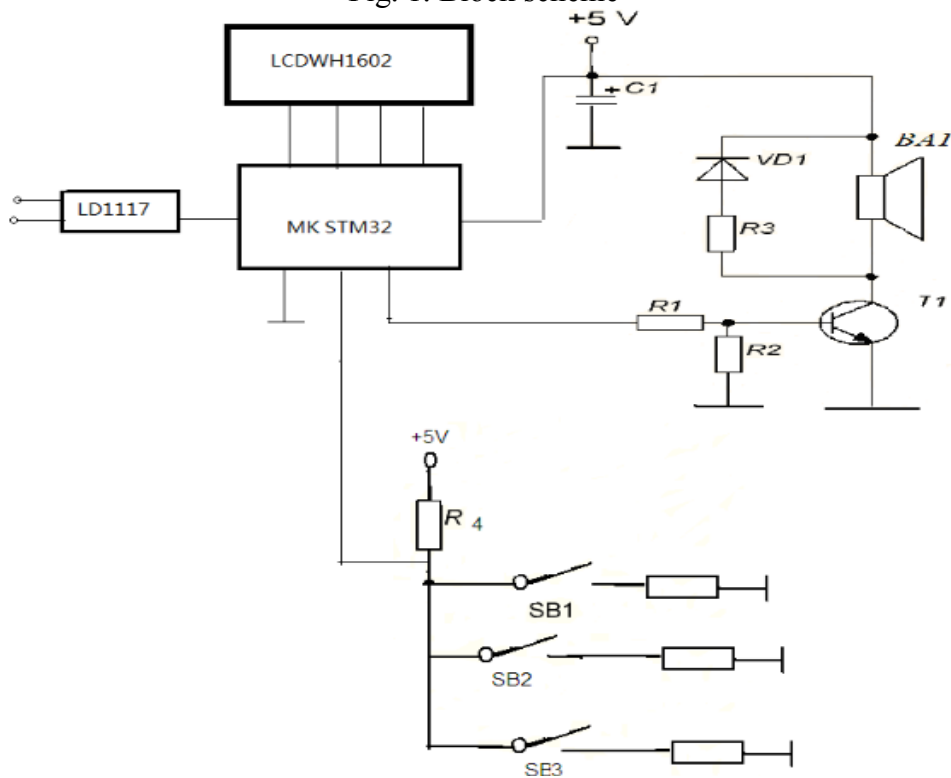


Fig.2. Theoretical scheme

The speed of sound is an important physical characteristic of gas which depends on temperature only. The sound velocity  $C$  (m / s) in air can be calculated from the absolute temperature  $T$  (K)

$$C = \sqrt{\frac{1}{\beta_{из * p}}} = \sqrt{\frac{\chi}{\beta_{ад * p}}},$$

where  $\beta_{из}$  and  $\beta_{ад}$  are isothermal and adiabatic compressibility, respectively  
 $\chi = C_p / C_v$  is the ratio of specific heats

$\beta_{ад} = -\frac{1}{v} * \left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T$ , where  $v$  is molar volume,  $m$  is molecular weight

$$C = \sqrt{-\chi * \left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T * \frac{v^2}{M}}$$

According to the equations for ideal gases we obtain:

$$C = \sqrt{\frac{RT\chi}{M}} \quad C = \sqrt{\frac{p\chi}{p}} \quad c_T = \sqrt{\frac{p_0 \chi (1+at)}{p_0}}$$

For dry atmosphere at 0 ° C and  $p = 1 \text{ atm}$ ,  $p_0 = 0.001293 \text{ g/cm}^3$ ,

Then  $C = C = 331.3 \sqrt{1 + at}$

$$c = 20.076 \sqrt{T} \quad [2].$$

However, this formula is valid under ideal conditions. In practice, the measurement result is influenced by the sound speed and the presence of dust and fine water droplets (mist) in air that affect the attenuation level. Accordingly, it is necessary to adjust the gain of the receiver signal, to offset this effect.

Modern precise transmitter can not do without concomitant measurements of temperature and humidity. Figure 1 shows the block diagram of an approximate

In the measurement of bulk materials, in addition to the parameters of the medium significant errors are caused by the geometry of the object surface. In this regard, an acoustic transmitter provided with the ability to change the angle of inclination transmitter-receiver relative to a vertical axis has been proposed.

The principle of its operation is based on the echolocation method: distance from the sensor to the object is proportional to the time delay of the reflected signal. Installation of a positioning sensor allows correct readings on the basis of data on the geometry of the object surface, as well as on the state of the environment, to estimate the speed of the sound and attenuation in a medium that allows removal of additional temperature and humidity sensors. The proposed scheme has its drawbacks which are the complexity of the design reducing the system reliability; no additional sensors used require continuous automatic calibration of the meter to monitor the state of the environment. However, the scheme has a significant potential for improvement. Thus, the use of a high-frequency of the test signal, and

varying the frequency will greatly increase the accuracy which is determined by the wavelength. [3]

As a result, the layout of the ultrasonic sonar has been assembled and tested. The experimental scheme is presented in Figure 3. The results are shown in Figures 4 and 5.

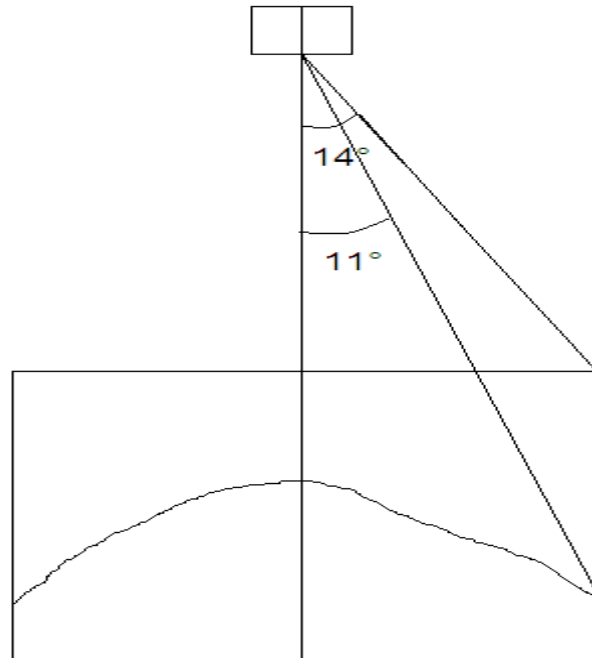


Fig.3. Experimental scheme

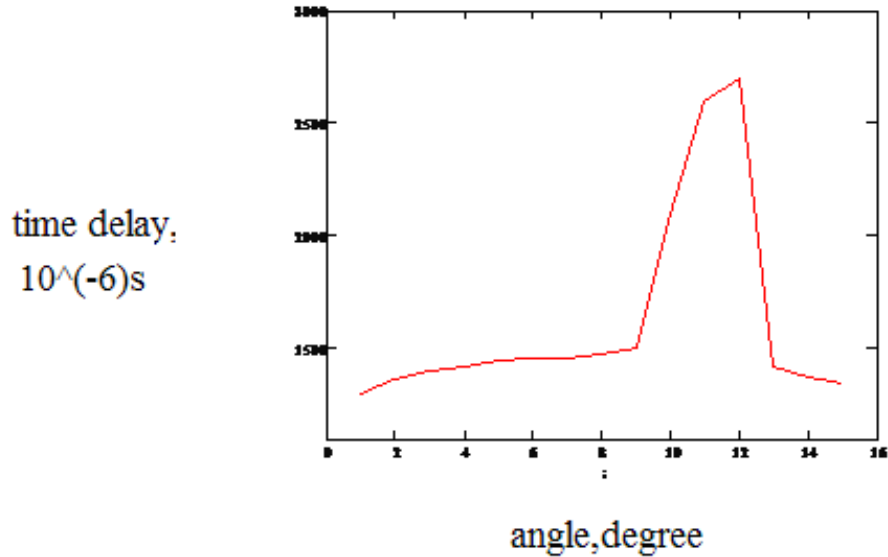
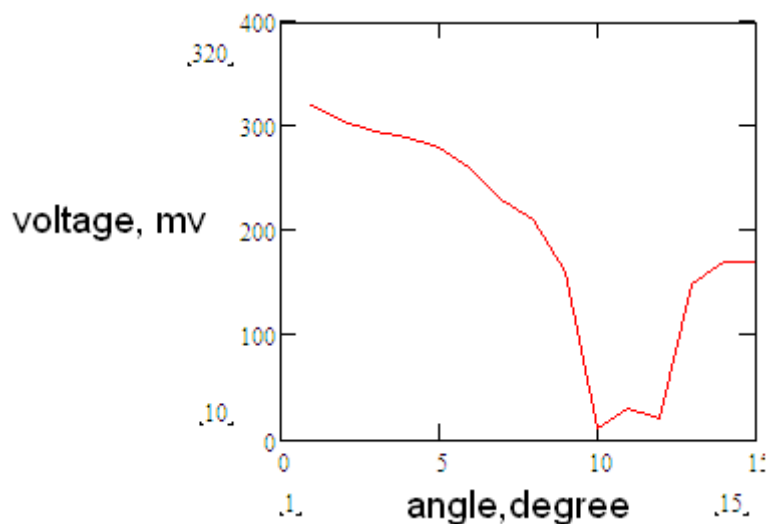


Fig.4. Experimental results



**Fig. 5.** Experimental results

The basic methods of measurement with ultrasound were studied and practiced. An ultrasonic well depth finder was designed. The principles of the design and installation of an experimental module were studied. Information on modern methods, improving the quality of work performance with microcontroller was obtained. The study allowed mastering the methods and sequence of work in scientific research to develop new electronic circuits and modules.

### Reference

1. Ango A .matematika for electric t radioinzhenerov. th: Science, 1965.-780s
- 2.<http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/029fe75a-09f7-76b3-60fa-0b5ef24f9840/1001156A.htm>
3. Mysteries of plain water. Vsevolod Arabadji

## **THE INFLUENCE OF CLIMATIC TESTS ON THE PARAMETERS OF THE ELECTRIC SIGNAL GLASS FIBER REINFORCED CONCRETE**

*Korzenok I.N.*

*Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk*

*Scientific Supervisor: Fursa T.V.. Dr.*

In the operation process in natural conditions vivo structures of reinforced concrete under the influence of temperature and humidity is the

degradation failure of structures made of glass fiber reinforced concrete. To reduce the number of the degradation failure of structures made of glass fiber reinforced concrete is necessary to monitor the technical condition to ensure timely repairs and reconstruction, improve the reliability and safety of their operation. Today there are no simple methods for flaw detection in glass fiber reinforced concrete. Therefore there is a need to develop methods of control of the concrete to protect the operation of engineering structures and facilities. For solving this task can be used NDT method based on the Phenomenon of Mechanoelectric Transformations in heterogeneous non-metallic materials [1, 2].

This work is devoted to investigation of parameters of the electrical signal glass fiber reinforced concrete in the conditions of climatic tests.

The researches were performed using the laboratory complex allowing producing pulsed mechanical excitation of materials and registering the electrical signal. In more detail the methodology of the studies is given in the work [3]. For data processing used program in the programming environment LabView and the program Origin.

The measurements of electric signal to impact excitation from the samples of heavy concrete with the size 100x100x100 mm were made. Glass fiber reinforcement was placed in the center of the sample parallel to its lateral sides. Glass fiber reinforcement has a length of 120 mm and diameter of 10 mm. Researches were performed on batches of models of reinforced concrete, consisting of 15 samples. Before carrying out climatic tests, the samples were soaked in water. The samples were subjected to 8, 14 and 18 of cyclic freeze-thawing. Freezing was performed in a climatic chamber at a temperature of -40 degrees Celsius and thawing was performed in the chamber at a temperature of (20±5) degrees Celsius and humidity of 95 %. For a comparative analysis of 3 samples were not subjected to climatic tests and were stored at room conditions. Then the samples were dried and measured from the electric signal.

For the qualitative assessment of parameters of an electric signal from glass fiber reinforced concrete with different number of climatic cycles was performed qualitative evaluation of the received signals and spectra using programs LabView and Origin. . In Fig.1 and Fig.2 shows comparative graphs of electric signals and spectra depending on the number of cycles of climatic tests.



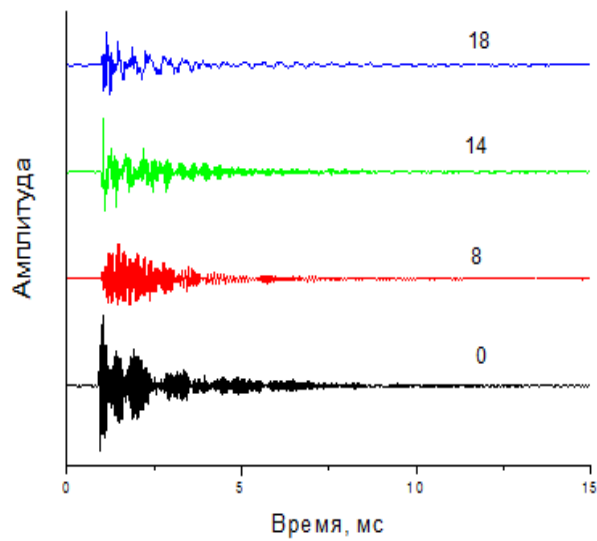


Fig.1. Electric signals from samples after different number cycles of climatic tests

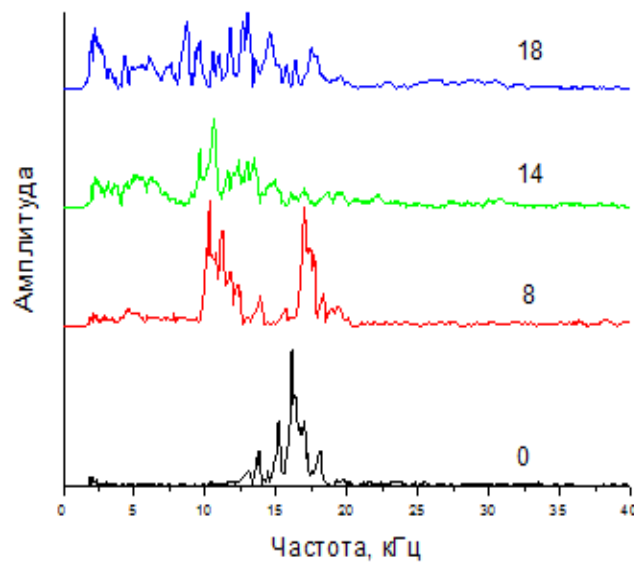


Fig.2. Spectra of electric signals from samples after different the number of cycles of climatic tests

Fig.1. shows that increasing the number of cycles of climatic tests leads to the changing character of the attenuation energy of electric signals. With increasing number of climatic cycles, the attenuation is much faster. Fig.2 shows the amplitude-frequency characteristics of electric signal of the concrete sample is shifted to low frequency region, the base spectrum thickens.

These changes in the characteristics of the electric signal indicate the formation in samples of internal defects (e.g. because there are no external defects), the appearance of which can be monitored.

Further research will be focused on the adaptation and improvement of the previously proposed algorithms and methods of NDT method based on the Phenomenon of Mechanoelectric Transformations in heterogeneous non-metallic materials for testing glass fiber reinforced concrete.

### References

1. Fursa T.V., Osipov K.Yu., Dann D.D. Development of a nondestructive method for testing the strength of concrete with a faulted structure based on the phenomenon of mechanoelectric transformations // Russ. J. Nondestr. - 2011. -№5. - pp. 39.

2. Fursa T.V., Surzhikov A.P., Osipov K. Yu. Development of an acoustoelectric method for determining the porosity of dielectric materials // Russ. J. Nondestr.-2007.-№ 2.- pp. 27.

3. Fursa T. V., Osipov K. Yu., Lyukshin B. A., Utsyn G. E. The development of a method for crack-depth estimation in concrete by the electric response parameters to pulse mechanical excitation // Meas. Sci. Technol. -2014.- №25. - pp. 10.

### EFFECT OF MECHANICAL MILLING IN THE PRODUCTION OF COMPOSITE CERAMICS

*Lamonova S.A.*

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia  
Scientific supervisor: Surzhikov A.P., D.Sc. professor, TPU, Russia  
Linguistic advisor: Mylnikova T.S., senior teacher, TPU, Russia*

Production of ceramic composite is carried out by various technologies. An important part of the production ceramic is mixing and milling of initial reagents. In this paper the role of mechanical milling in the production of ceramics is considered.

The advantages of the mechanical milling methods are:

- simplicity of installations and technologies;
- mixing of the initial powders;
- milling of various materials.

Disadvantages of the method include:

- contamination of the milling powder with abrading materials;

- difficulty of obtaining powders with a narrow particle size distribution;
- difficulty of regulating the composition of the product during the grinding process.

Milling implies impact, shearing and grinding performed by the so-called milling bodies, walls of the milling devices and the mass to be milled. When milling, the solids undergo elastic and plastic deformation which results in origination and accumulation of microcracks leading to formation of new interfaces and destruction of the bodies. Fragile non-plastic materials (silicon, manganese, various heat-proof compounds) are easily milled. Plastic metals (copper, zinc) are materials which much worse undergo milling. While milling, they can flatten and agglomerate.

The simplest device used to produce powders is a ball mill, which is a metal cylindrical drum, with milling bodies inside, which are typically steel or tungsten carbide balls, and the material to be milled. When the drum rotates at different speed, the balls move in different motion mode and, therefore, several modes of grinding.

At low rotation speed of the drum, the balls are sliding to the surface of the rotating drum. In this case, the material abrades between the outer surface of the ball mass and the wall of the drum. The efficiency of milling is low. This mode is often used for mixing of dissimilar materials.

When the number of drum rotations increases, the balls rise to a definite height with the rotating drum wall due to friction with the wall of the balls, and then roll down the inclined surface of the ball mass. In this case the material is milled between the surfaces of the sliding balls. The intensity of the material abrasion increases.

With a greater number of rotations, the balls rise to a considerable height and fall down producing a crushing action that amplifies an abrading effect on the material. This position is the most intense milling mode. With further increase in rotation of the drum, the centrifugal force increases, and the balls rotate together with the drum. The material ceases to be crushed.

### **Experimental**

The tested powder was milled in SPEX 8000M planetary ball mill using tungsten carbide balls. The duration of the milling was 30, 60 and 120 minutes. After each stage of milling, the particle size was analyzed with Fritsch analyzer by laser diffraction.

### **Results and discussion**

The characteristics of particle size distributions by laser diffraction method are summarized in Table 1.

**Table 1.** Particle size distribution

Sample	D <sub>10</sub> , μm	D <sub>50</sub> , μm	D <sub>90</sub> , μm
Initial sample	1.28±0.02	1.95±0.02	3.00±0.10
Milled for 30 min	1.13±0.09	1.80±0.06	2.88±0.04
Milled for 60 min	1.00±0.01	1.54±0.05	2.38±0.18
Milled for 120 min	1.90±0.05	1.32±0.02	1.91±0.03

Fig. 1 shows differential and integral particle size distribution.

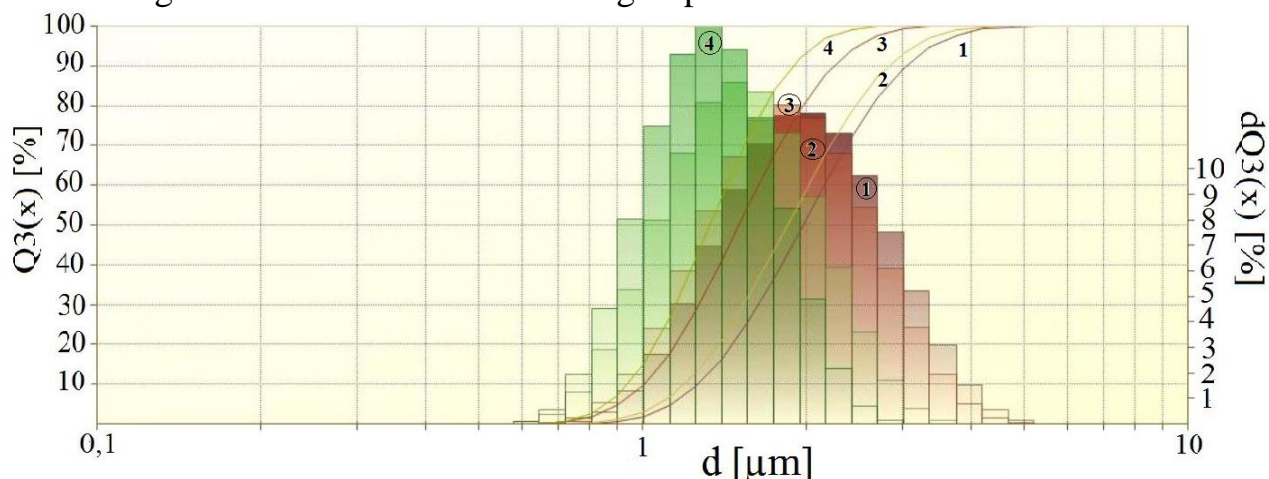


Fig. 1. Differential and integral particle size distribution: 1 is for non-milled sample; 2 is for sample milled for 30 min; 3 is for sample milled for 60 min; and 4 is for sample milled for 120 min.

As can be seen in Fig. 1, mechanical activation of lithium ferrite powder leads to a slight reduction in particle size and higher powder homogenization. Thus, to obtain a homogeneous composition of the lithium ferrite powder, the time of mechanical treatment should be at least 2 hours.

### Conclusions

In [1–2], mechanical activation of the initial reactants is shown to greatly increase its reactivity, and allows obtaining lithium ferrites at significantly lower temperatures as compared with those obtained by the conventional method.

The results showed that mechanical activation of lithium ferrite powder in air at room temperature causes slight reduction of the particle size and increases the homogeneity of the ferrite powder. For visible effect the duration of mechanical milling should be 2 hours.

### References

1. Зырянов В.В. Механохимический синтез сложных оксидов. Успехи химии, 2008. 107–136с. Zyryanov V.V. Mechanochemical synthesis of complex oxides. Russian Chemical Reviews, 2008 107–136 p.

2.Surzhikov A.P., Lysenko E.N., Malyshev A.V., Vasiljeva O.G., Pritulov A.M. Influence of mechanical activation of initial reagents on synthesis of lithium ferrite. Russian Physics Journal, 2012. 672–677 p.

## **EVALUATION OF THE MODULATION TRANSFER FUNCTION OF A HIGH ENERGY X-RAY TOMOGRAPH**

*Mamyrbayev T.*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*Science supervisor: Batranin A., engineer, Institute of Non-Destructive Testing, TPU*

### **Abstract**

The modulation transfer function of a high energy computed tomography scanner is studied experimentally using the steel ball to estimate the performance of the system. The modulation transfer function is calculated from the edge response function in different planes in space. The modulation transfer function value is evaluated by the software designed in Matlab.

### **Introduction**

X-ray Computed Tomography (CT) is a non-invasive technique for imaging the internal structure of solid objects and for obtaining digital information on their 3-D geometries and properties. X-ray CT is useful for a wide range of materials, such as rock, bone, ceramic, metal and soft tissue.

The modulation transfer function (MTF), which is calculated from the edge response function, is the established method of characterizing the spatial response of an imaging system. To obtain the edge response function (ERF), there are several techniques, including using a fine wire, narrow slits or an edge phantom. However, the industrial CT system was designed to explore high dense materials and it provides relatively noisy images. In addition, special software was developed to calculate the ERF, the line-spread function (LSF) and the MTF [2].

The goal of this paper is to investigate the possibility of evaluating the MTF of a high-energy CT scanner. The MTF is studied to provide precise and reliable data of spatial resolution in ZX, YZ, XY planes.

### **Method**

Spatial resolution for the cone beam CT system is measured with the beam hardening correction according to the standard ASTM E1695-95[1]. The steel ball with the size of 33.3 mm in diameter is used as a test phantom. The ball is placed in the field of view of the CT system, and it is situated in the center of the rotation stage. 3D CT images with the beam hardening

artifact are reconstructed by the raw projection data. The MTF measurement is based on a set of 3D CT images [3].

The MTF is measured in XY, YZ and ZX planes that pass through the ball center (the rotation axis is Z axis) with the beam hardening correction. The measured technique is performed as follows: in the reconstructed 3D images, the sub volume containing the steel ball is extracted. The size of the volume is larger than the diameter of the ball and equal to  $1024 \times 1024$  pixels. The extracted volume of the ball is resliced on ZX, YZ, XY planes in the CT analyzer software. The resliced images are downloaded into the software designed in Matlab package. In XY plane, the edge of the steel ball in different slices is determined [1]. The edge is fitted using a circle. Thus, the center of the steel ball is Xcenter, Ycenter and Zcenter. In YZ and ZX planes, the same method to find the center of the steel ball and the maximum diameter of the fitting circle is used. The ERF is calculated automatically. To obtain the LSF and MTF, the bottom “Sum of curves” is used. The software for MTF calculation is presented in Fig. 1.

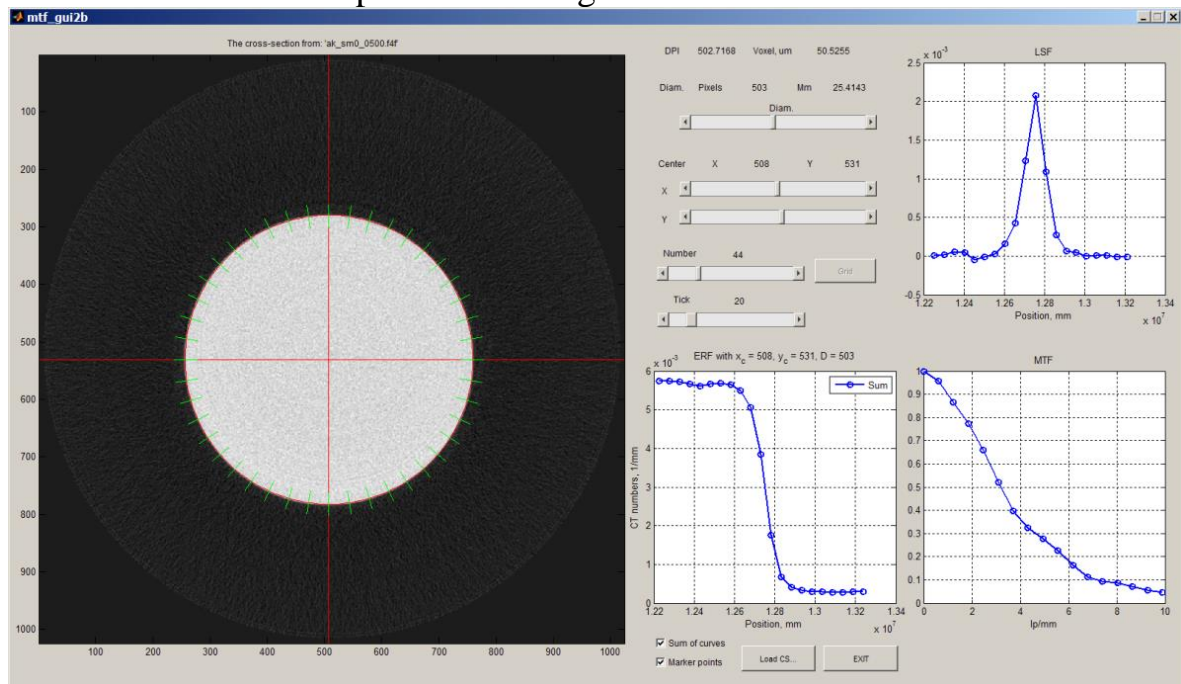


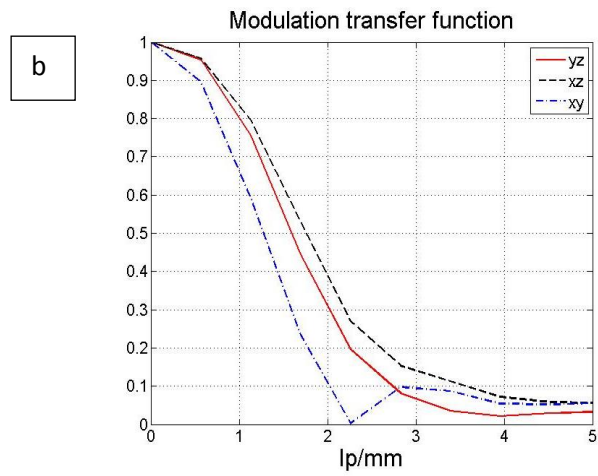
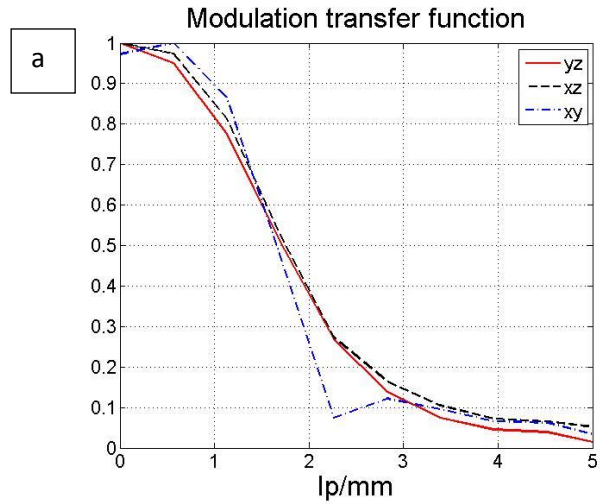
Fig. 1 Software for the MTF calculation

### *Experimental setup*

The experiment is performed with a 450 kV cone beam micro-CT system. The system was developed and built by the scientists from Tomsk Polytechnic University. The main components of the system are: 16-bit TFT detector, an X-ray tube and a rotation stage. The TFT (Perkin Elmer, USA) compact  $2048 \times 2048$   $200 \mu\text{m}$ -pixel array and the conversion screen are integral columnar CsI. The X-ray tube (Comet, Switzerland) has a 0.4 or 1mm focal spot.

## Results

Three different series of measurements were carried out in order to evaluate the MTF. Three scans were performed under 300 kV, 300 kV, 400 kV using Cu filters. The thickness of the filters was equal to 0.5, 3 and 4 mm, respectively. The MTF curves obtained in measurements are illustrated in [Fig. 2](#). The data is represented as a mean value.



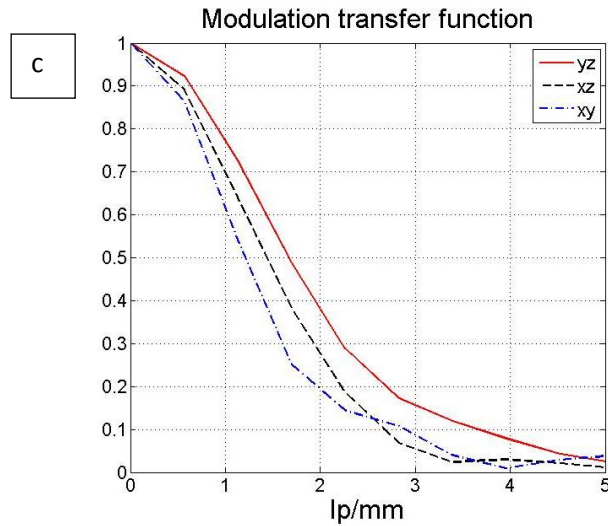


Fig. 2 Modulation transfer function curves of cone beam CT: a is for 300 kV with 0.5 mm Cu filter, b is for 300 kV with 3mm Cu filter, c is for 400 kV with 4 mm Cu filter Comparison of the MTF in different measurements is shown in Fig. 3.

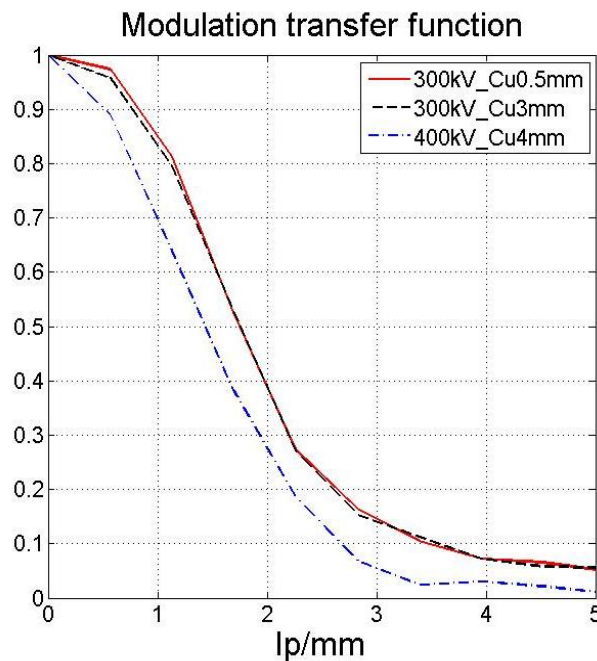


Fig. 3 MTF in different measurements

### Summary

In this paper, the MTF of the high energy computed tomography system was calculated using the software designed in Matlab package. The analysis of the curves showed that at 20% of the contrast, MTF varies from 2.5 to 3.5 lp/mm for different measurements (see Fig. 3). Thus, the best MTF is 3.5 lp/mm for the voxel size of 55  $\mu\text{m}$  obtained at 300 kV with 0.5 mm Cu filter.



The spatial resolution of the X-ray tomograph is equal to 140  $\mu\text{m}$ .

### References

1. ZHao W. et al. Beam hardening correction for cone-beam CT system and its effect on spatial resolution// Chinese Physics. -2009.-No.10. P. 1–8.
2. [Watanabe](#) H et al. Modulation transfer function evaluation of cone beam computed tomography for dental use with the oversampling method// Dentomaxillofac Radiol. 2010 Jan; 39(1): 28–32.
3. [Rueckel](#) J. et al. Spatial resolution characterization of a X-ray microCT system// [Applied Radiation and Isotopes](#). – 2014. –Vol. 94. – P. 230–234

## RESEARCH AND MANUFACTURE OF SAMPLES FOR THE PRACTICAL TEST IN METHODS OF NONDESTRUCTIVE INSPECTION

*Pronichev E.A.*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*Scientific advisor: Kalinichenko N.P. Associate Prof., TPU*

*Linguistic advisor: Kalinichenko A.N. Associate Prof., TPU*

Today, with the growing demands for quality, reliability, safety and remaining life prediction of components, non-destructive testing personnel are entrusted with more responsibility than ever. NDT experts performing test, undergo rigorous training and are required to pass certification examinations as per the schemes stipulated by the national or international standards prevailing in the respective country. For renewal or revalidation of a certificate, which is valid only for a limited period, it becomes necessary for NDT personnel to keep their NDT knowledge up to date. In process of certification NDT specialists there are used control samples that are made from advance and certain material with different types of defects. The variety of test samples used in the inspection, their duplication and complexity create disorder in the selection of the required sample. To solve this problem, control samples are classified into the following groups.

### Classification of defects

By localization of defects:

- with surface defects;
- with subsurface defects.

According to a method of producing defects:

- with natural defects;
- with artificial defects.

Outcropping defects are called surface defects. Defects at a depth of a few millimeters are called subsurface. Samples with natural defect are selected from defective products with the defect dimensions of which correspond to the level of sensitivity. Artificial defects obtain by fabricating the preform and its subsequent processing to produce a certain type of defect.

### Production of test samples

Shape, material and samples manufacturing technology are chosen so as to provide stability of cracks and material properties within the prescribed period of service and the resistance of samples against corrosion while exposed by penetrant. The samples should have a clean surface, and cracks should also be free from contamination.

When actual or representative test parts containing natural discontinuities of the type, location and size needed for evaluation are not available or impractical then fabricated test part with artificial discontinuities such as flat bottom holes, slots, notches, side drilled holes etc. or commercially available defect sample may be used for evaluating the flaws and the performance of the NDT system. When checking the NDT materials there are at least two samples with the same characteristics applied. In the figure 1 you can see the scheme of control sample. The first is used all the time, and the second is used in case of poor detection of cracks.

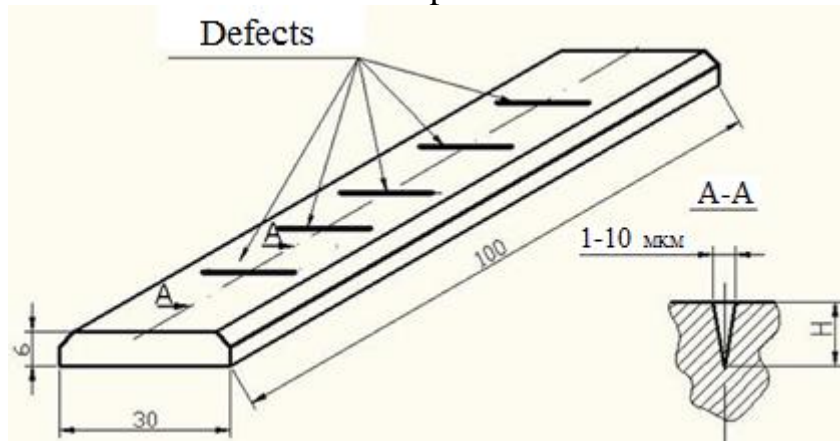


Figure 1 Control sample

Characteristics, such as location, size, shape, type and orientation of a natural flaw in the test specimen can be determined easily if its signal is compared to that from an artificial flaw which simulates it in all aspects. To some extent, notches represent surface opening flaws like cracks, lap, seam etc. Flat bottom holes are representative of embedded flaws like inclusions,

laminations etc, whereas linear flaws inside the materials are represented by side drilled holes.

After producing samples exposed metrological certification to determine their technical specifications.

Each test sample has a passport, which indicates the measured geometric characteristics of fractures, as well as photos and sketches of test tracks.

Besides system verification, defect samples are also used for checking and certifying the practical skill of the NDT personnel. Use of representative test parts with natural discontinuities are considered to impart high level of confidence to the NDT personnel and therefore, day by day, their use is considered more reliable for certifying the practical skills of NDT personnel during training and certification examination.

Promising avenue for development at the moment is the creation of the control samples with views of defects, the most common in controlled products.

### **References**

1. Babadjanov L.S., Babadjanova M.L. Measures and samples in the non-destructive testing. - Moscow: Federal State Unitary Enterprise "Standartinform", 2007. – 208 p.

2. Yermolov I.N., Ostanin Yu.Ya. Methods and means for non-destructive quality control: A manual for engineers and technicians of universities.- M.: Higher. sch., 1988. – 368 p.

### **SOME BENEFITS OF ROBOTIC SURGERY**

*Sidakova V.S.*

*Tomsk polytechnic university, Tomsk*

*Scientific supervisor M.V. Kuimova, PhD in Methods of TFL,*

*Associate Professor of TPU*

Robots play an important role in modern medicine and in the treatment of patients. They give a promising answer to the challenging realities of modern health care. The use of robots contributes to fewer medical staff, shorter hospitalization and reduction of service and treatment costs. Remote medical robots can connect patients who need specialized care with surgeons, physicians who can help them – even if they are miles apart.

Owing to robots, surgeons can perform operations at a distance that helps to solve the problem of the specialists' shortage. Usually during

surgery, doctors grow weary, which in turn reduces their concentration and ability to focus. The necessity to work during several hours without a break creates a significant burden on the operating surgeon. Robots increase the surgeon's comfort allowing him to sit at the computer. Robotic surgery furthers the solution of this problem and allows much more precise surgical procedures, for example, such as orthopedic or neurological surgery. Using robotic technology, surgeons can perform complex surgical tasks through tiny incisions resulting in reduced risk of infection. Additionally, robotic surgery offers these advantages:

- greater visualization;
- enhanced dexterity;
- greater precision;
- decreased tremor;
- reduced blood loss and transfusions;
- minimal scarring;
- faster recovery time and return to normal activities;
- reduced duration of hospital stay;
- reduced post-surgery pain medicine [3, 4].

Currently, robots used in surgery can be classified into:

- passive;
- semi-active;
- active.

A passive robot is adapted, as a rule, for holding the tool in the position that facilitates and enhances the accuracy of a particular stage of the surgery. Only the surgeon can change the position of the tool; e.g. the use of a robot for holding the biopsy needle in neurosurgery.

A semi-active robot performs several preprogrammed manipulations in a particular sequence of motions in different directions and planes. For example, a robot used for the prosthesis of the knee.

Active robot is equipped with manipulators, like the hands of the surgeon, and it actually drives the tools. Nowadays, such systems are remotely controlled by a surgeon, and a mechanical robot arm reproduces the movements of the surgeon's hands and fingers, increasing the accuracy, reducing fatigue and eliminating tremor. Active systems are used in endoscopic robotic tele-surgery. Moreover, robotic systems are used in:

- thoracic surgery and cardiovascular surgery;
- vascular surgery;
- gynecology;
- abdominal surgery;

– urology.

Despite the obvious strengths, there are some disadvantages of robotic surgery:

1. Currently, the “delays” that occur between the surgeon’s orders and the movements of the robot are the main limiting factor that inhibit the growth and development of robotic surgery. With the current level of technology, the surgeon is forced to be in close proximity to the operation.

2. The loss of haptic, tactile sensation that surgeons have for instruments.

3. Robotic surgery is composed of computer technology that may include possible system failure and malfunction risks.

4. Different training offered to healthcare professionals who work in robotic surgery owing to time, space and other relative constraints.

5. Robotic medicine is very expensive both in terms of capital expenditure and in terms of operating costs. It requires the training of specialized personnel who can properly carry out the repair of the equipment and take care of it. Such costs may significantly outweigh any savings earned by a clinic on the operations themselves.

6. Current equipment may soon become obsolete [1, 2].

Thus, it should be stressed that robots are not new to healthcare; they are becoming more sophisticated and diverse. The objective of the robotic technology is not the replacement of the surgeon but the expansion of the spectrum of his capabilities, assurance with better accuracy, flexibility and control.

## References

1. Bozovic V. Medical Robotics. Croatia: In-Tech Education and Publishing, 2008. 536 p.

2. Gharagozloo F., Najam F. Robotic Surgery. New York City: McGraw-Hill Professional, 2008. 436 p.

3. Gomes P. Medical Robotics, Minimally Invasive Surgery. Cambridge: Woodhead Publishing, 2012. 326 p.

4. Tang V. CY and Stacey N.Ch. Robotic Surgery // Ann R Coll Surg Engl. 2007. N 89(4). P. 447–448.

# A DEVICE FOR MEASURING THE LINEAR DIMENSIONS OF THE PALLET BY ECHOLOCATION METHOD

*Soldatova M.A.*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*Scientific adviser: Evtushenko G.S., D Si., professor, Department of Industrial and Medical Electronics*

The device is designed to measure the linear dimensions of pallets under for packages of beer bottles. The aim of the measurement is the identification of rejects by a number of criteria. The measurement principle is based on the echolocation method with the help of ultrasonic pulses. The echolocation method is based on radiation and receiving the reflected sounds to detect objects in space, as well as information on the properties and size of the objects. The sensors are designed as separate combined searchers working at a frequency of 40 kHz. The block diagram of the device is shown in Fig.1

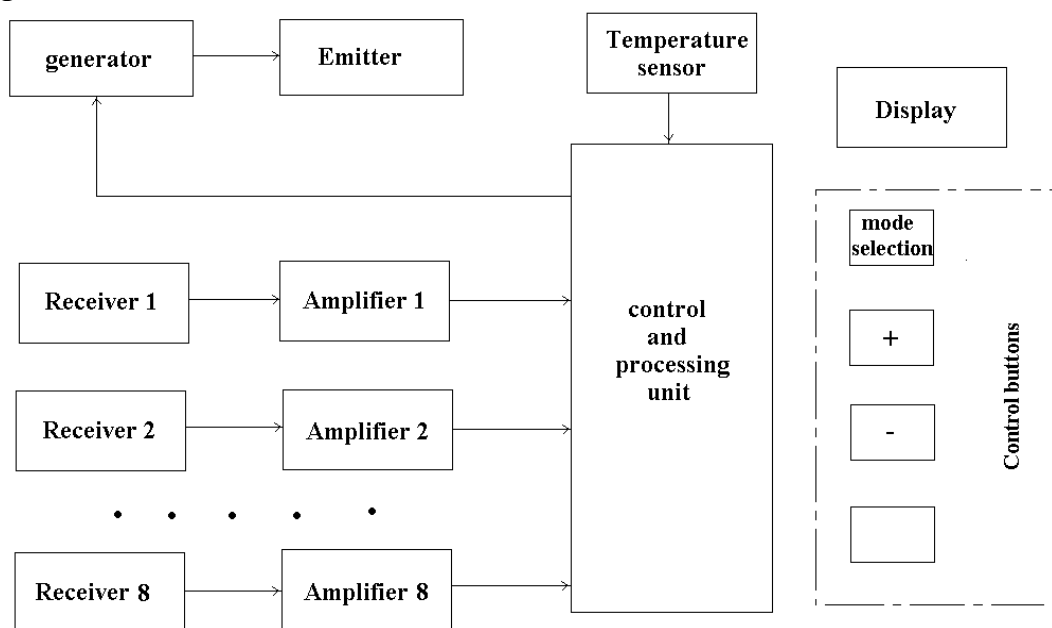


Fig 1. Block diagram

The device will contain eight measurement channels. Each channel contains

- ultrasonic generator;
- transmitter;
- receiver;
- amplifier;
- an interface with a microcontroller.

Each ultrasonic generator stage comprises a transistor operating in a switching mode. To avoid inter-channel interference the generator switches alternately. The generator is located on the same board which is mounted in a metal housing. A twisted pair of wires in the screen provides the connection to the radiating elements.

The receiving and emitting transducers are spaced about 10 cm. Apart. Each of them is placed in a special cone concentrator. This performance is caused by two factors. Firstly, the area provided by the audio control zone is reduced, which improves resolution. The increased concentration of the acoustic field increases the response signal. Secondly, there is a sharp decrease in the parasitic coupling between the receiver and generator. This construction is fixed on a metal plate so as to provide a slight change in the geometry of the acoustic rays. This is required to collimate the radiation. At the same time the metal plate serves as a bottom of the metal casing that protects the package from environmental influences.

The amplifier of each channel is assembled on a separate board that is located in a separate metal housing. This is necessary to eliminate the co-channel interference within the electron path. The input stage is a differential amplifier assembled on transistors VT1 ... VT3. The second stage is a band-pass that ensures the inclusion of the collector circuit in oscillation circuit elements L4, C3. This combination significantly reduces the noise caused by high-power operation of electrical machines. The third stage is the process of harmonizing the analog part of the receiver input circuit with a microcontroller. An amplitude detector is placed at its output, which increases the comfort of adjusting operations.

Thus, the method of ultrasonic echolocation can be used to determine the linear dimensions and properties of the tested pallets. The sensor has been designed and assembled. The prototype of the device is going to be built.

## **REGULATION OF TECHNICAL STANDARDS OF DIGITAL RADIOGRAPHY: LITERATURE REVIEW**

*Strugovtsov D.V.*

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk  
Scientific supervisor: Osipov S.P., PhD Tech., associate professor  
Department of Physical Methods of Non-Destructive Testing*

Currently, radiographic control technology develops rapidly. Modern digital technologies supplant film radiography step by step. There is

radiography with application of semiconductor detectors and radiography with application of reusable phosphor plates. Computed radiography (CR) using storage plates is an alternative to film radiography.

Radiography using storage plates has several advantages. One of them is the economic efficiency. In most cases, computed radiography is cheaper than film radiography. CR system and storage plates have a tendency to become cheaper gradually. The reason is that the number of manufacturers increase, business competition enhances, production technologies is optimized. The film has a tendency to rise in price because of silver evaluation, as silver is part of films. An important advantage of CR technology is the environmental safety. Computed radiography does not require chemical for image development processes as opposed to film radiography.

There are some studies that experimentally demonstrate the usefulness of phosphor plates in dosimetry, electron microscopy and for neutron irradiation registration and cosmic radiation in astrophysics. The ever-growing field of digital radiography application is an evidence of its relevance. [2]

In practice radiographic test is regulated by normative and technical documentation, standard operating procedures, technological flow charts. There are some problems that suppress the large-scale implementation of digital radiography in Russia. The most important of them is the lack of normative and technical documentation and technical literature that describes the sequence of actions and physics of digital radiography using storage plates.

Digital radiography can be carried out according to documents that specify film radiography: GOST 7512-82; GOST 20426-82; GOST 23055-78; EN 14784-1:2008; EN 1435:1997; EN 12517:1998; RD 19.100.00-KTN-001-10, SRT 2-2.3-561-2011. Unfortunately, Russian standard base is far behind up-to-date. It does not set forth the employment of new technology and equipment for digital radiography implementation. In Russia, the basic standards for radiographic testing are still the GOST 7512-82, GOST 20426-82, GOST 23055-78. These standards describe radiography testing with the usage of films as the radiation detector.

Abroad, there are standards that describe in detail digital radiography testing procedure. Unfortunately, there are no such standards in Russia. Nevertheless, the industry needs to use modern technology of digital radiography. Some organizations themselves produce radiology documents and company standards for computed radiography testing due to the lack of



federal standard. It is necessary for products export; companies ought to rewrite foreign standards of quality. [1]

However, the development of these documents does not solve the problem completely. There is no integrated training and certification system in the field of computed radiography due to the lack of federal standards.

Company standards can come into collision with regulatory document of Federal Service for Environmental, Technological, and Nuclear Supervision and other assessing organizations due to lack of federal standard. Assessing organizations accustomed to film radiography and often require to show the proof that the plate image complies with GOST 7512-82 for image density. In many cases, there are no personnel in assessing organizations who understand that “image density” is not applicable for computed radiography. Most of them do not understand that “signal-to-noise ratio” and “base spatial resolution” are the key quality attributes of a digital image. [3]

Until recent time, the main documents for the digital radiography testing were ISO 16371-1, -2 and its European counterpart is EN 14784-1, -2.

These standards include:

- terms and definitions;
- set of image quality indicators for system quality evaluation;
- classification system of computed radiography and estimation procedure of CR system against system response;
- practical guide for the classification systems of computed radiography for producers and end customers;
- guide for the periodic CR system quality evaluation while in operation.

In 2013 international standard ISO/FDIS 17636 was off the press. This standard consists of two parts. The first one (ISO/FDIS 17636-1) specifies the main aspects of non-destructive testing of weld seal using radiographic films; the second part (ISO/FDIS 17636-2) specifies the main aspects of non-destructive testing of weld seal using radiation detectors. In fact, ISO/FDIS 17636-1 is an analog of GOST 7512-82, but there is no analog for standard that prescribe digital radiation detector in Russia. ISO/FDIS 17636-2 contains:

- terms and definitions;
- types of penetrameters and rules of their location;
- radiographic inspection schemes;
- equations to determine the focal distance and collocation of radiation emitter, testing object, radiation detector;
- selection rule for choosing radiation emitter, tube tension;
- recommendations for use of metallic shield.

In addition, the standard introduces two degrees of quality control: A and B. In some ways they are analogs to penetrameter classes described in GOST 23055-78. These classes define the minimum image quality. Criteria are standard samples of contrast penetrameter (wire or hole) and standard samples of spatial resolution (double wire penetrameter). It should be noticed is that the introduced quality control classes correlate with the same classes for the film that are mentioned in ISO/FDIS 17636-1. This means that, for example, digital radiography equipment of B-class represent image of defects as well as film radiography of B-class. [3]

It is important that there are clearly defined mathematical criteria to determine the spatial resolution, calculating signal-to-noise ratio, contrast-to-noise ratio and so on in ISO/FDIS17636-2.

Annex D of ISO/FDIS17636-2 contains exhaustive information how the gray levels can be measured with optical density of the film. It is commonly known that the degree of obscuration of the film determines of the rentgenographic image quality. The darker film is, the more it is irradiated, the higher signal-to-noise ratio. This ratio defines a class film. Similarly, signal-to-noise ratio for CR system defines a class system. Standards of CR and film radiography specify detection of defects in the same class systems is identic. [3]

Due to the fact that the procedure of determining the signal-to-noise ratio is complex and requires a regular radiation field, the standard introduces the rule of designation of gray levels and signal-to-noise ratio. The criterion of image quality is gray level value that is easily measured by software, which is an integral part of the CR systems. Designation of gray levels and signal-to-noise ratio is calculated when the parameters of the scanner and the type of storage plates are known.

The computed radiography has been used abroad for a long time as compared to Russia. Also relevant federal standards were developed and accepted abroad. The implementation of standards that specify computed radiography is necessary in Russia. These standards should be based on international standards. This greatly simplifies the usage of CR technology that was approved by Russian NDT community. [3]

To apply digital radiography technology into wide practice of industrial applications need to rewrite existing regulated normative and technical documentation and federal standards. It is necessary to add a set of permissive provisions (or annexes) about application of CR technology, which include approval to accept the results of radiography with digital image without copies on a solid support.

Also worth noting is that the progress of method is accompanied by the inevitable growth of publications. Available publications can be divided into three groups: specialized articles of scientific character (physics, technology, medicine, etc.); advertising, information and reference resources of manufacturing company; popular and informational brief communications.

However, there are no studies (especially in Russian) that contain reasoned exposition of physical basis of phosphor technology, contain technical screening of image reading process implementation, contain discussion of special aspects of image processing using computer, etc.

The main literary source about digital radiography technology, that describes the physics of the process, is the essay of the Candidate of Physical and Mathematical Sciences. It is called “Introduction to digital radiography” and written by Alexander Vsevolodovich Martynuk. The work includes a classification of phenomena that underlie of phosphor plate technology and an explanation of their essence. Also the physical processes are discussed that underlie of “latent image” formation and its read-out. The principal variants of image reading-out process are considered in the essay. [2]

Another source that briefly describes digital radiography technology is the journal called “In the world of non-destructive testing”. The archive articles are described the basic equipment for testing and the process of digital radiography using storage plates. Such famous authors as V.V. Kluev, F.R. Sosnin, A.A. Mayorov, give an analysis of the existing normative and technical documentation, write about the advantages and disadvantages of digital radiography technology, analyze the results of experiments that are performed using the storage plates at different monitored items (pipes, tanks, intricate details, etc.).

In spite of lack of information in the literature and technical sources, digital radiography technology is practiced on a wide scale in different branches of industry (oil and gas industry, construction engineering, aircraft industry, energy industry, etc.). While digital radiography technology replaces film radiography technology step by step, it is worthwhile noting that this technology meets quality control requirements: it achieves the required response, image contrast, better detection of certain defects (interstices, undercutting, inclusions).

## References

1.РД19.100.00-КТН-001-10 Неразрушающий контроль сварных соединений при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов. ОАО «АК «Транснефть», 2009. – 146 с.

2.Introduction to digital radiography. Phosphor plates instead of x-ray film. Martynuk A.V.: Kiev 2012. - 52.

3.Bagaev K.A. Digital radiography, an overview of technologies and international standards. Exposition Oil Gas, issue 7 (25) (December 2012), p. 11–13

## **MATHEMATICAL MODELS OF THERMAL PROCESSES IN THE MULTI-ZONE THERMAL INSTALLATIONS FOR GROWING CRYSTALS**

*Nguyen Xuan Hung*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*Scientific supervisor: Babushkin Yuri V., Ph.D., Associate Professor*

*Language supervisor: T.S. Mylnikova*

### **Introduction**

The needs of practice constantly stimulate the need to increase the geometric dimensions of the grown crystals and therefore toughening of requirements to their quality. This is especially true for non-linear optical crystals, which must operate at high laser intensities, and therefore have a low optical loss and high optical damage threshold [1]. Experimental studies show that the most effective non-linear optical materials for the conversion of infrared radiation in the terahertz are single crystals of compound ZnGeP<sub>2</sub>. At present developed the technology of growing single crystals ZnGeP<sub>2</sub> of required quality by the Bridgman method with a diameter of 30 mm and a length of 200 mm in the multi-zone thermal installations (MTI). However, to create terahertz radiation converters needed samples with a diameter of 50 mm. As a rule, a simple increase in the sizes of the working volume MTI and growth containers (GC) does not allow obtaining a single crystal of a larger nominal value, and leads to a decline in the quality and the deterioration of the physical characteristics of the sample. This is caused by many of physical and technical problems associated primarily with the problem of providing the assigned temperature conditions with the required accuracy. Because of the complexity of heat transfer processes occurring in the conversion of the melt into the crystal, the lack of technical measuring means of the temperature field near the crystallization front, predicting behavior of temperature field without the use of computer models is not possible.

Therefore one of the urgent problems arising in the development and improvement of MTI is the creation of mathematical model that allows for real-time to predict with acceptable accuracy during the process of crystal growth in varying thermal conditions.

## **Constructive form MTI**

The main element of MTI is the thermal module. The most wide practical application found by thermal modules cylindrical geometry. Assembling consistently put on each other modules enclosed in a single sheath surrounding air space with the ambient temperature, forming MTI (Fig. 1.). For growing crystals in the center of MTI provided a cylindrical cavity, called the workspace. In this cavity on a stand is placed GC with the working substance from which the crystal is grown. The temperature field of installation formed by means of electric heaters of thermal modules so that in the upper zone of the working substance in the molten state, and in the lower zone in the solid state. In the middle zone there is a transformation of the working substance from the initial state to the melt while GC moving up and crystal formation when GC moving down. To obtaining crystals with high optical qualities necessary that the crystallization temperature was situated in the middle zone and was maintained with a predetermined accuracy, despite the movement of the RK and the processes of conversion of the working substance in the various states, accompanied by the absorption of the heat (with melt) or release of heat (during crystallization). To increasing the accuracy of formation of the temperature field in the gradient zone of thermal modules manufactured with two heaters located in the areas with different thermal insulation properties [2]. The inner region is executed with high thermal conductivity of the insulator to achieve uniformity of thermal field in the crystal growth and of expeditious transfer of heat energy generated in the heaters in the work area. In the outer region using the insulator with low thermal conductivity for the creation of the base of temperature field of middle-zone and reduce heat loss to the surroundings. In addition, this arrangement significantly reduces the influence of ambient temperature change on the temperature field in the working volume MTI, and, consequently, in GC.

### **Simplified mathematical model of the MTI**

Models, the maximum reflecting the peculiarities of growing crystals in MTI, implemented by the finite element package COMSOL. They require a significant amount of computational resources and time-consuming for the simulation of automatic control systems. Therefore designed a simplified model MTI in the package Matlab to provide quick calculation of the temperature field of installation and GC. It allows operatively get a lot of versions of the calculations in the optimization of operating conditions MTI.

In accordance with the axial symmetry of installation, in the design scheme of vertical cut is divided into 290 cells (58 in height and radius 5) (fig.2). Each cell is exchanging thermal energy with neighboring. On the

external surfaces of the installation, convective heat exchange with the environment. The exchange of thermal energy between installation and works volume attributes by using heat conduction and radiation. Equation describing heat processes in each cell of the MTI and the GC has the form:

$$(c\rho V)_{i,j} \frac{dT_{i,j}}{dt} = \sum_{s=1}^5 Q_s, \quad i = 1, \dots, N; j = 1, \dots, 5.$$

Where  $V$  is the volume of the cell;  $Q_{1-4}$  is component thermal flow entering the cell from adjacent cells;  $Q_5$  – is thermal power released a heater located in the corresponding cell of the MTI. Components of heat flow into the cell from the outside, is calculated depending on its location. Power dissipated in the cell by placing of the heater, for modeling the MTI is calculated by the regulator. Calculation scheme model, implemented in the environment of Matlab, is shown in Fig.2.

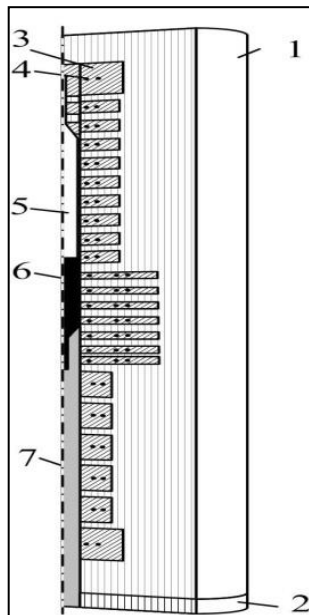


Fig. 1. Fragment of the MTI, filled with the attributes associated with crystal growth process. Legend: 1) insulation material; 2) stand installation; 3) heating modules; 4) heater; 5) GC (ampoule with crucible containing the working material); 6) working material; 7) GC support

Working volume		MTI		
		$\Gamma_3$		
N,1	N,2	N,3	N,4	N,5
N-1,1	N-1,2	N-1,3	N-1,4	N-1,5
N-2,1	N-2,2	N-2,3	N-2,4	N-2,5
31,1	31,2	31,3	31,4	31,5
30,1	30,2	30,3	30,4	30,5
29,1	29,2	29,3	29,4	29,5
5,1	5,2	5,3	5,4	5,5
4,1	4,2	4,3	4,4	4,5
3,1	3,2	3,3	3,4	3,5
2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
		$\Gamma_6 \Gamma_5$	$\Gamma_2$	

Fig. 2. A simplified calculation scheme of MTI

When conducting computational experiments on model realized in the program package COMSOL, it is assumed that the regarding area can be

quite satisfactorily approximated  $\sim 62000$  elements, and in the simplified model - 290 elements. The calculations were performed for the levels of power heaters, accounting for 50% of the rated power and the position of the GC  $H_0 = 0.7$  m. Time calculation is 526000 s.

The calculation results in the form of the temperature distribution along the height of the working volume at  $r=0.008$  (1),  $r=0.023$  m (2) and MTI at  $r=0.066$  (3),  $r=0.133$  (4),  $r=0.198$  (5),  $r=0.23$  (6) m shown in Fig. 3.

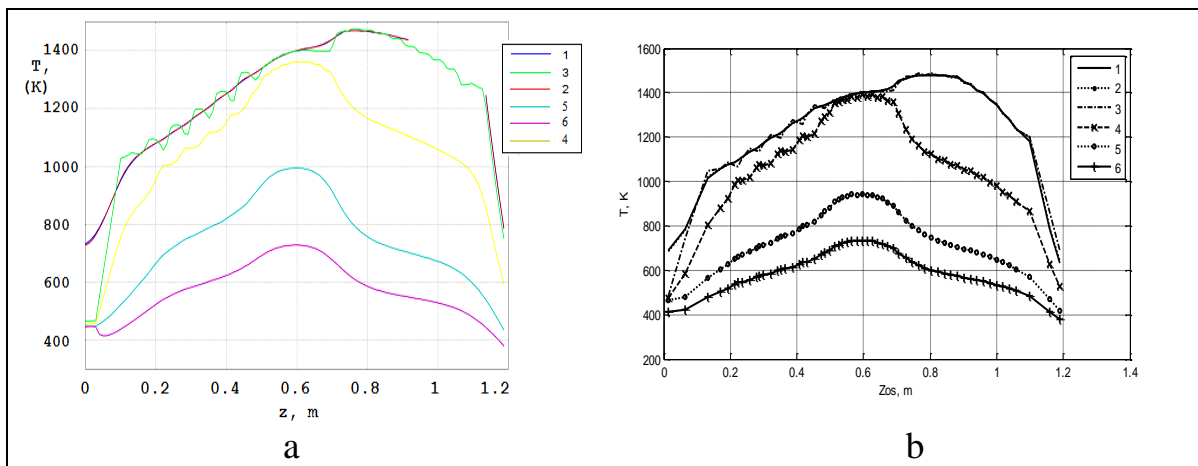


Fig. 3. The temperature distribution along the height of MTI. a- COMSOL, b- Matlab

The figures show that the temperature field MTI, obtained on different models quite correspond each other. However, this time the calculation of the stationary state in COMSOL is much higher than in Matlab, which confirms the efficiency and accuracy of the simplified model.

### Conclusion

1. Development of non-stationary computer model MTI on the COMSOL, allowing simulate the thermo-physical problem with the growing crystal, showed sufficient flexibility and effectiveness of our approach for the calculations of MTI with a complex geometric structure.

2. Simplified dynamic model for the calculation scheme is suitable for operational decision problems that arise both at the stage designing new structures MTI, and at the stage growing crystals.

3. To achieve high accuracy results of the calculations crucial is completeness of the registration of the real structure and the diversity of the physical properties of materials MTI, it is easier to make in COMSOL. At the same time the problem of searching of acceptable control algorithms more expedient decide on a simplified model that is implemented in an interactive environment Matlab.

### References

1. Gribenyukov A.I. Nonlinear optical crystals ZnGeP2: a retrospective

analysis of technological research // Atmospheric and Oceanic Optics. - 2002. - vol. 15, - № 1. - pp. 71-80.

2.Philippov M.M., Babushkin Yu. V., Ginsar V.E. Numerical modeling of temperature regimes heating module multizone planar furnace // Materials, Technology and Ecology in the 3rd millennium: collection of works of IV All-Russian Conference of Young Scientists. - Tomsk: Publisher TPU, 2009. - pp. 635-638.

## **DESIGN OF THE FEEDBACK CONTROL SYSTEM TO CONTROL THE EXTRUSION PROCESS**

*Than V.D.*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

### **Introduction**

A rapid prototyping method makes it possible to produce complicated parts based on computer 3D model. Most of the rapid prototyping methods can assemble models from a variety of widespread and special materials. The modern additive technology for most of 3D-printers requires ABS-filaments or PLA-filaments, respectively, from ABS (Acrylonitrile butadiene styrene) polymer or PLA (Polylactic acid) polymer, with a diameter of 1.75 mm or 2.85 mm, which are used as a consumable material in 3D printing technology.

Filament is obtained from plastic granules, which in case of ABS, are the products of oil and gas industry. Accordingly, the price of granules is much cheaper than the price of the finished product, even taking into account the cost of electricity consumed in transformation of the granulate in the filament.

In this article, factors affecting the diameter of plastic filaments are investigated, the problem of improving the quality of the filament plastic in the extrusion process is considered.

### **Statement of the problem**

A great deal of the research has been conducted at universities and research institutions to expand the applications of FDM technology and to improve the FDM process. The work has also been in progress in some organizations to develop new metallic or ceramic materials for rapid fabrication of functional components by FDM with higher mechanical properties [2, 3].

In operations of the 3D-printer, the basic parameter affecting the quality of the finished product and fidelity digital models is the diameter of



the plastic filament. Therefore, to improve the production of plastic filaments, it is necessary to investigate and correct the plastic filament control loop diameter.

In order to stabilize the diameter of the plastic filament, we must consider the dependence on other parameters such as temperature in the heated zone of the screw, the screw speed, the pressure in each zone of the screw and others. Changing any of these parameters leads to change in the diameter of filament.

The most important parameter that have a permanent effect on the change in the diameter of the plastic filament is heating temperature and screw speed. On the base of this parameter, an experiment has been conducted with a real object.

Figures 1 and 2 show the graphs of the experiment conducted with an extrusion installation showing the temperature and speed of the screw dependence of the diameter.

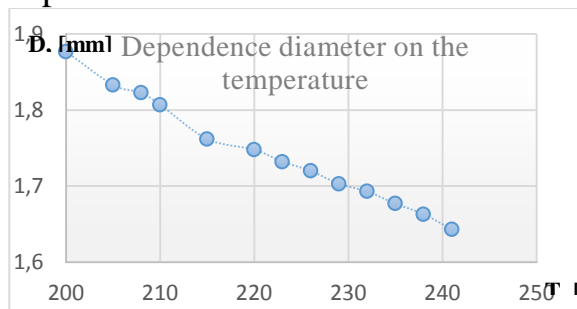


Figure 1.

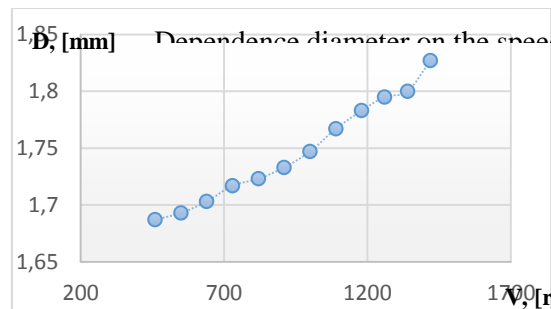


Figure 2.

From the graph in Fig.1 it can be concluded that the higher the temperature, the smaller the diameter.

Analyzing the resulting graph in Fig. 2, we can conclude that increase in the drive speed increases the diameter of the filament in the plastic extruder.

For a simple model of the extruder, the control parameters such as drive speed and the heating temperature are changed manually. The influence of external factors is not taken into account in the system. Consequently, the system is not able to respond to external perturbations in the form of changes in ambient temperature, changes in the composition of raw materials, etc., thereby increasing the range of variation of the filament diameter.

The arguments above lead to the need for a system of automatic control of the loop diameter to provide the required accuracy and speed in the production process. The developed algorithm of adaptive digital PID control can solve the tasks. Figure 3 shows a functional line diagram of an extruder feedback

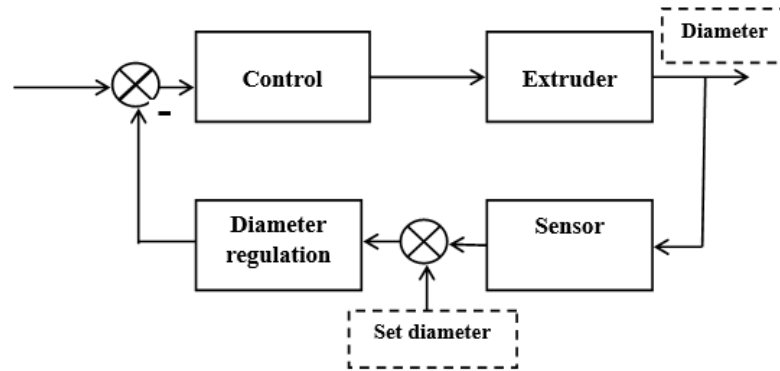


Fig.3. Functional diagram of the extruder line with feedback

This diagram shows the connection of the probe diameter and electric installation, temperature sensor, and others. The controller is designed to form the control signal for diameter regulation when a signal comes from the sensor.

### Conclusion

In this paper, the conducted a study of factors affecting the diameter of the plastic threads are studied, and the problem of improving the quality of the plastic thread in the extrusion process is considered. The theoretical rationale for developing a feedback system for extrusion plant to improve the quality of the product, to reduce the number of rejects and to ensure continuous operation for a long period is provided.

### References

- 1) S.H. Masood, W.Q. Song, Development of new metal/polymer materials for rapid tooling using fused deposition modelling, *Materials & Design* 25, (2004).
- 2) S. Onagoruwa, S. Bose, A. Bandyopadhaya, Fused Deposition of Ceramics (FDC) and Composites, Pro SFF, Texas, (2001).
- 3) Fabio Previdi, Sergio Savaresi, Angiolino Panarotto, Design of a feedback control system for real-time control of flow in a single-screw extruder.
- 4) Qing Zheng, Senior Member and Zhiqiang Gao, An Energy Saving, Factory-Validated Disturbance Decoupling Control Design for Extrusion Processes.

# MEDICAL PRODUCTS FOR CARDIOLOGY OBTAINED BY ELECTROSPINNING

<sup>1</sup>*Khodyrevskaya Y.I.*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

<sup>1</sup>*Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Disease*

*Kemerovo, Russia*

*Scientific supervisor: S.I. Tverdokhlebov, Ph.D., Associate Professor*

**Introduction.** Adhesions are a serious postoperative complication in cardiac surgery which increase the risk of reoperations. Polymer materials are widely used in modern reconstructive cardiovascular surgery. The developed methods of production and modification of polymers and products based on them will be used to solve the important problems of theoretical and practical cardiology [1].

Electrospinning is a promising method of producing antiadhesive membranes. The electrospinning method allows obtaining thin polymer nanofibers, which may contain live cells or special drugs for changing biological properties [2].

Nanofibers are of interest due to the fact that the mechanical properties of materials, such as tensile strength, Young's modulus, elongation are increased, when the diameter of the fiber is lowered. The size effect may occur in the volume properties as a result of the additional interaction between the polymer molecules caused by their orientation when the fiber diameter becomes comparable to the length of the molecule. Therefore, reducing the fiber diameter to the submicron level can improve their strength.

The aim of the research was to study the surface morphology and physical-mechanical properties of antiadhesive membranes.

**Materials and methods.** The membranes are produced using 8% polymer solutions in an electrospinning apparatus Nanon 01A with addition of drugs and without it. Such polymers were used as polyhydroxibutirate/oxivalerate (PGBV) and copolymer polylactic-polyglycolic acid (PLGA). The drug such as dipyridamole (DP) was applied. The fibers structure was studied with the scanning electron microscope Hitachi S-3400. The physical-mechanical tests are carried out with the universal testing machine «Zwick/roell»-2.5N (Zwick GmbH & Co. KG, Germany).

**Results and discussion.** The membrane structure is essential for assessing the functional properties of the product. Morphology of the membranes made under identical parameters is distinctly different for coaxial

fibers and for usual fibers. As shown in Fig., coaxial fibers have a high degree of orientation and larger thickness. Addition of the drug through all thickness of the fiber does not influence the fiber size.

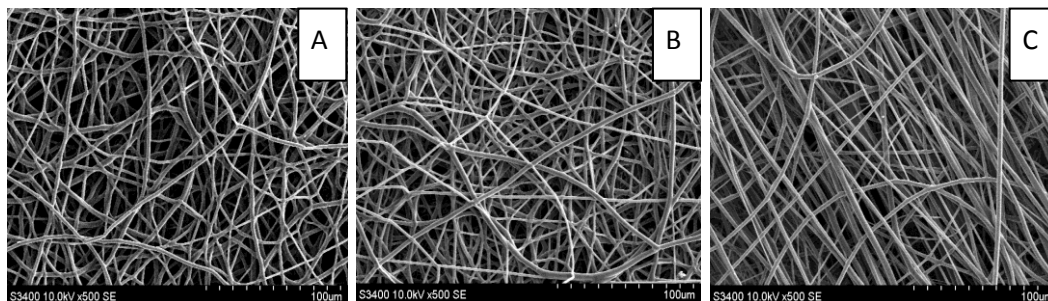


Fig. 1. Image of the surface structure of antiadhesive membranes without drugs (A) and with addition of DP through all thickness of the fiber (B) and inside the fiber (C).

In cardiac surgery, it is very important that antiadhesive membranes could withstand the thrust of moving organs. According to the table, addition of DP allows to reduce the stiffness of the membranes. In coaxial fibers, it decreases by 1,9 times, and in usual fibers, it decreases by 4,24 times. However, the tensile strength is 1.52 times less in conventional fibers.

Table. Physical-mechanical properties of antiadhesive membranes

Membranes composition and structure	Tensile strength, MPa	Elongation, %	Young's modulus, MPa
PGBV+PLGA	3.63	3.025	289
PGBV+PLGA+DP (usual fibers)	2.39	28.32	68.1
PGBV+PLGA+DP (coaxial fibers)	3.69	10.01	152

Thus, addition of the dipyridamole inside the fiber can improve the properties of biodegradable membranes.

Experiments to assess the biocompatibility and hemocompatibility were carried out by internal implantation to laboratory rats. Antiadhesive membranes were implanted after aortic replacement to 10 rats for 60 days. As a result, one rat had adhesions formed and inflammatory process cultivated. On the contrary, the other rats did not have inflammations and the healing process was successful.

**Conclusion.** Wide opportunities of the electrospinning process make possible to receive fibrous materials with the desired physical properties.

Despite the complexity of the study and understanding of physical processes of the electrospinning method, it is characterized by instrumental simplicity, high energy efficiency of nanofiber production, versatility of the formable material and flexibility of the control over the process parameters. All this makes the process of electrospinning attractive for industrial production of nanofibers.

Nanofibers and materials obtained by electrospinning are used in a variety of areas. Using different nozzle allows changing the properties in the necessary side and getting different morphology structure. The ability of drug addition to polymeric composition can facilitate rapid healing.

### **References**

1. G.A. Volozhin, Basic types of biocompatible materials, MSMSU Press, Moscow, 2010.
2. S.V. Sheremetev, E.M. Shteynberg, Application of functional polymers in medicine, SibAK Press, Kazan, 2012.

## **ULTRASONIC DISTANCE MEASUREMENT**

*Ju Yangyang*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*Scientific supervisor: A.I. Soldatov, D.Sc., Professor, Department of Industrial and Medical Electronics*

*Linguistic advisor: T.S. Mylnikova, senior teacher, Department of Foreign Languages*

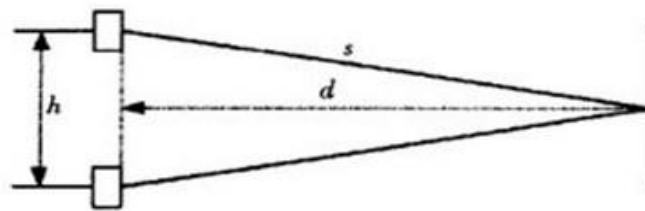
Ultrasonic distance measurement is a very effective non-contact method of measurement. It has been widely applied in navigation, probing, engineering design, construction and other fields due to its precise, fast, stable and easy operating characteristics.

Therefore, in-depth study of the ultrasonic distance measurement method is of practical significance. In order to further improve the precision of the ultrasonic distance measurement, the research focuses on the type of the ultrasonic distance measurement device based on temperature compensation of the microcontroller.

The ultrasound is a sound with the frequency greater than the upper limit of human hearing, this limit being approximately 20.000 Hz. The ultrasound is widely applied to measure distance and ultrasonic cleaning because of the ultrasound characteristics such as short wavelength, high frequency, strong penetrability, cavitation and atomization effect, and so on.

It is obviously efficient in medical, military, industrial industry and agriculture.

The ultrasound can be used for distance measurement. The basic theory is the principle of reflection. When measuring the distance, timing starts when the reflector emits the ultrasonic wave. It is reflected back after it reaches the obstacles, and after the sensor receives the reflected pulse timing is immediately stopped. The distance can be calculated as  $D = \frac{1}{2}ct$ .



where  $c$  is the ultrasonic velocity;

$\frac{1}{2}t$  is the half time period of one-way transmission.

The entire hardware circuit is composed of an ultrasonic transmitter circuit, ultrasonic receiver circuit, power circuit, display circuit and other modules. The temperature compensation adjustment is used in data processing, with four LED nixie tubes displaying distance or temperature by switching.

Basing on the given explanation, we can get the structure as shown in Fig. 1.

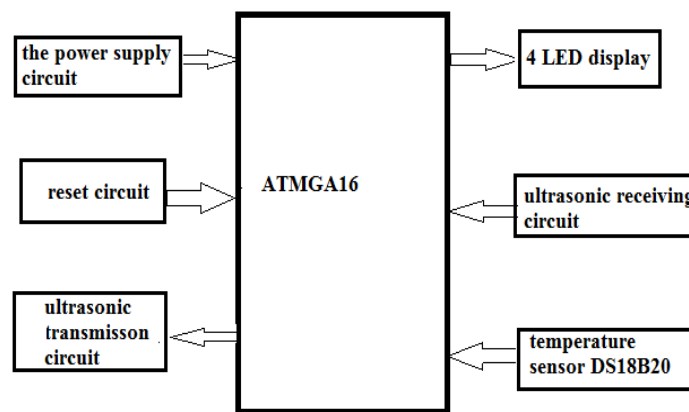


Fig. 1. System structure

The major functions of the system include:

1. Using MCU to control the emission and to receive the ultrasonic wave

2. Calculating the distance according to the measured time.
3. Testing the air temperature to use it for temperature compensation to calculate the distance under measurement;
4. The LED display shows the distance and temperature;
5. When the system is not normal, the circuit reset starts.

Ultrasonic ranging is widely used at present. The ASIC is used to design various distance measuring instruments considering the principle of ultrasonic ranging. However, it is a single function of the application-specific integrated circuit and its cost is high. A single chip processor as the core of the distance measuring instrument can realize the preset, multiple port detection, display, alarm and other functions. It is characterized by simple design, low cost, high control accuracy and reliability.

The design of the block diagram has been developed. It is going to be tested for further analysis and improvement to increase its accuracy and practicability.

## **AMPLITUDE-FREQUENCY CHARACTERISTICS OF ELECTROMAGNETIC EMISSION DURING UNIAXIAL COMPRESSION**

*Tsybenov Dashi-Tsevek*  
*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*  
*Scientific adviser: Surzhikov A.P.*

### **Introduction**

Investigation of the state of the object under load is one of the tasks of non-destructive testing. For this it is developed a variety of methods based on different physical phenomena, such as an acoustic emission [1], which allows to evaluate the concentration of defects on the parameters of acoustic signal, accompanied by their formation and development. Moreover, the character of energy distribution of acoustic emission may serve as a measure of estimate [2].

To study the dynamics of crack it is also used electromagnetic emission (EME), due to the formation of an alternating electromagnetic field in the separation of charges in the mouth developing cracks, at the interfaces of heterogeneous media, the interaction of acoustic waves with inclusions having piezoelectric properties.

For the first time this phenomenon has been used in the Tomsk Polytechnic University in developing methods for forecasting geodynamic phenomena (earthquakes, rock bursts, landslides). In the future, efforts were

focused on the phenomenon EME in developing methods for non-destructive testing of defects and strength [3-5].

It was investigated the effect of the stress-strain state of the sample on the parameters of electromagnetic emission during pulsed acoustic excitation, the effect of the volume defects on spacetime characteristics of the electromagnetic response due to the mechano-electrical conversions in dielectric samples, determined the nature of the EME energy distribution of the level of operating loads and possible criteria for monitoring the stress strain state [6-8]. However, it was not carried out analyzing the EME frequency response, depending on the load until the destruction of the samples.

#### Experiment results and discussion.

For the experiment the sample was prepared of an epoxy resin with sand filling comprising quartz. Specimen dimensions were  $60 \times 80 \times 100 \text{ mm}^3$ . The edge  $60 \times 80 \text{ mm}^2$  served as basis. Hammering device on the basis of piezoelectric transducer was pressed by the end edge  $100 \times 60 \text{ mm}^2$ . Symmetrically the plates with capacitive sensors were located at the edges  $100 \times 80 \text{ mm}^2$ . The sample was placed in the press and subjected to a stepwise uniaxial compression.

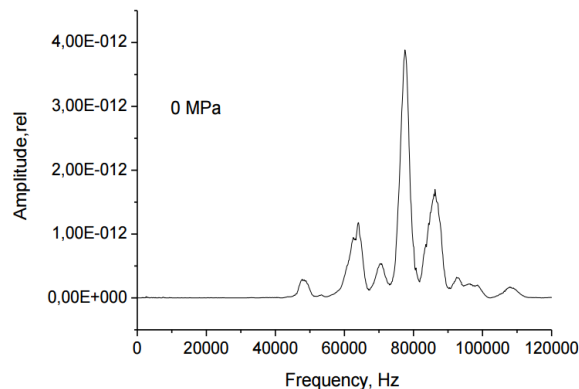


Figure 1. EME frequency response power of the sample without load.

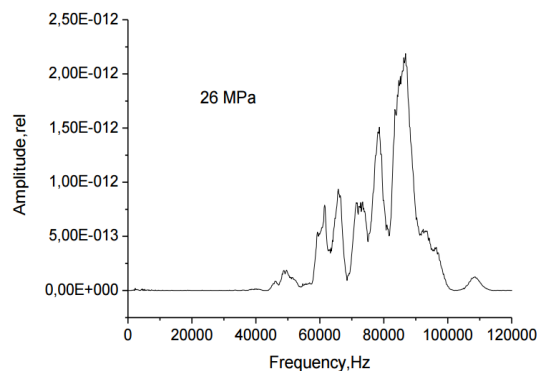


Figure 2. EME frequency response power of the sample under 26 MPa load



The step size was about 4 MPa. At each the step of the pressure the sample was excited by a series of 80 mechanical pulses with the registration responses using the capacitive receiver connected to an input of the differential amplifier.

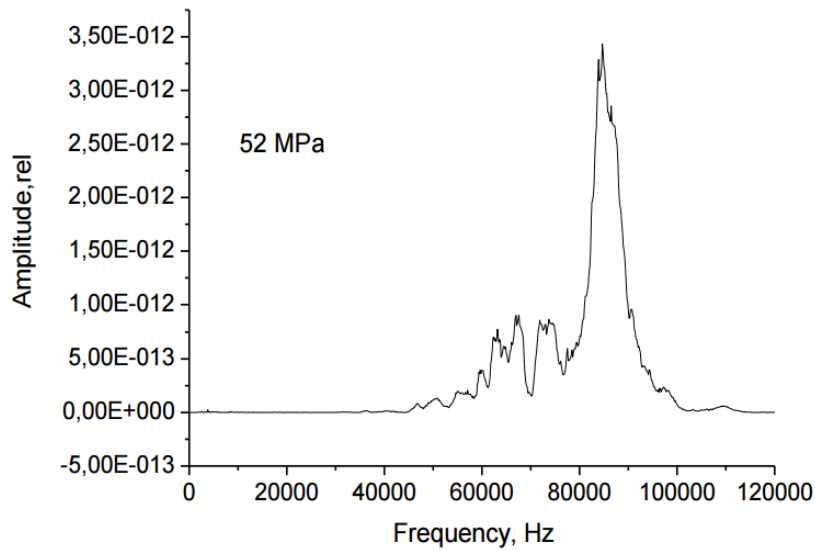


Figure 3. EME frequency response power of the sample under 52 MPa load.

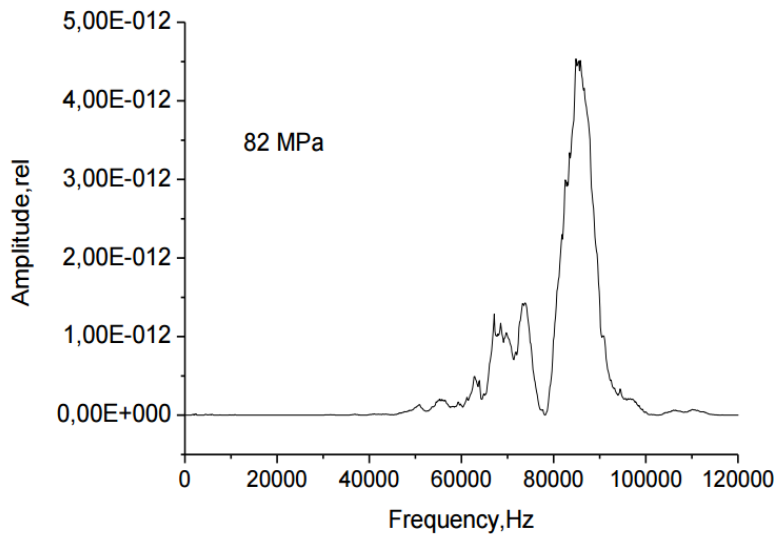


Figure 4. EME frequency response power of the sample under 82 MPa load.

Amplitude-frequency response characteristics were calculated using the fast Fourier transformation. The EME spectra calculated for different values of the applied pressure are shown in figures 1,2,3,4. The figures show

that the increase in load leads to the transformation of the spectrum: decrease in the intensity of the low-frequency peaks and the appearance of a broad intense higher frequency peak with a maximum at a frequency of 88.5 kHz.

Analysis of the amplitude-frequency characteristics was conducted for the cut EME responses in which portions from the beginning of the response to a certain time  $t_n$  excluded. The presence of a broad spectrum band with maxima at frequencies of 87.85 kHz and 89.74 kHz has been revealed. Peak amplitudes at these frequencies at  $t_n$  of 48  $\mu\text{s}$  and 64  $\mu\text{s}$  reached the maximum value that is significantly greater peak amplitudes for other frequencies. This ratio of peaks in the spectrum with minor changes remains up to  $t_n$  is 105  $\mu\text{s}$ . With a further increase  $t_n$  amplitude of the peaks at the frequencies 87.85 kHz and 89.74 kHz begin to decrease and at  $t_n$  equal 160  $\mu\text{s}$  almost become indistinguishable. The amplitude of the excitation pulse at the same time was decreased by 46 times. When  $t_n$  is 1500  $\mu\text{s}$  and the pressure is 82 MPa in the EME spectrum more low-frequency peaks at 1.9 kHz, 3.8 kHz, 7.9 kHz, 11 kHz appear.

Values of  $t_n$  48  $\mu\text{s}$  and 64  $\mu\text{s}$  coincide with periods of natural oscillations of the sample excited longitudinal and transverse waves. The sample can be excited vibrations of ultrasonic waves with a frequency of 88,5 kHz with wavelength, propagating at a speed 1325 m/s, equal to 1/4 of the sample thickness  $d$ , that corresponds to the speed of the surface wave in the sample.

The analysis used the speed of the longitudinal wave, measured in the experiment, and the velocities of transverse and surface waves obtained from the estimates.

Analysis of the EME spectra indicates the major role in the formation of the eigen oscillations of the sample frequencies given geometrical dimensions of the sample and the rate of propagation in it longitudinal, transverse and surface waves.

The appearance of size  $d/4$  may also indicate the existence of a quasi-Rayleigh waves in the sample [9] of length equal to  $d$ , at which the maximum displacements and maximum stresses are created on the surface of the component parallel to the surface and that at a depth approximately equal to  $1/4$  wavelength changes according to the direction and sign.

Conclusion.

In the experimental geometry studies the main contribution to the response of EME create born normal vibrations, which are damped standing waves. This work was financially supported by The Ministry of Education and Science of the Russian Federation in part of the science activity program.

## References

1. Dunegan H.L., Harris D.O. 1969 Ultrasonics,. 7.
2. Damasinskaja E.E., Kadomzev A.G. 2013 Technical Physics Letters in Russian. 39. p. 29
3. Surzhikov V. P. , Khorsov N. N. 2012, Control. Diagnostics in Russian 11(173), p. 69
4. Surzhikov V. P. , Khorsov N. N. , Khorsov P. N. 2012 Russian Journal of Nondestructive Testing , 48, p. 85
5. Surzhikov V. P. , Khorsov N. N. 2013, Proceedings of the universities. Physics in Russian 56. p. 261
6. Surzhikov V. P. , Khorsov N. N. 2015, Technical Physics, 60., p.148.
7. Surzhikov V. P. , Khorsov N. N. 2014, Modern problems of science and education in Russian 5.
8. Surzhikov V.P., Khorsov N.N. 2011 Russian Journal of Nondestructive Testing, 47, p 687.
9. Viktorov V.I., Grigorjan R.A. 1959 , Acoustic journal in Russian 5. p. 366

## INCREASING OF DATA PROCESSING SPEED FOR PHASED ARRAY SYSTEMS

*Shulgin E.M., Shulgina Yu.V.*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*Scientific supervisor: Soldatov A.I., D. Sc., Professor, Department of Industrial and Medical Electronics*

*Linguistic advisor: T.S. Mylnikova, senior teacher, Department of Foreign Languages*

Ultrasonic testing is widely used in non-destructive testing due to its safety and versatility. Advanced Phased Array systems with high speed scanning have become promising for 3D object imaging.

A phased array system is a multi-channel ultrasonic system, which uses the principle of a time-delayed triggering of the transmitting transducer elements combined with a time corrected receiving of detected signals. The main advantage of phased array systems is their ability to vary the insonification angle in the inspection object (sound beam sweeping and focusing). This in turn reduces the number of inspection units required for any automated system.

The Sampling Phased Array (SPA) technique, a novel Phased Array technology, was developed in the Fraunhofer Institute for Non-Destructive Testing (IZFP) and subsequently it was patented. SPA permits the meaningful reconstruction of defects at high inspection speed and facilitates the inspection of anisotropic materials. The technique provides higher sensitivity for inspection of heavy-wall components and along with corresponding high resolution enables quantitative NDT. The development of SPA results in a substantial contribution to the improved inspectability of lightweight construction material (2) and increases the probability of detecting small discontinuities in highly stressed materials [1].

Currently an urgent task is minimization of the information processing algorithm for the SPA method. The need to increase the processing speed, an acceptable complexity of the process and its cost are new challenges for scientists.

The received ultrasonic signals for each transducer array for each position are saved and subsequently are used as the baseline data for imaging of the area under control.

In the first tact of array operation, the first transducer is excited, and then all elements of the array receive the returned signal. The resulting A-scans are recorded in memory for subsequent processing. In the second tact, the second element is excited. All the array elements receive reflected signals. This process continues until all the elements of the array are enumerated.

After saving A-scans for all combinations of the source/receiver, the imaging process starts. For each A-scan, its value is chosen in accordance with the signal propagation time. The resulting amplitude point is obtained by summing the amplitudes of the points of all the A-scans.

To increase the data processing speed many operations are to be performed simultaneously.

If array consists of 16 sensors, after radiation and receiving of all the signals, 256 A-scans need to be processed. To reconstruct the image of 1000x1000 pixels more than 25.6 billion operations must be performed. If the system works at a frequency of 200 MHz consistently, 32 seconds are required to get a flat image. To obtain a 3-dimensional image of the control object will take more time. Application of this method compels to search the ways to increase the data processing speed. Using a large number of processors to provide parallel processing of multiple A-scans substantially increases the cost of the device, and only 10% of the actual performance of the processor is used.

Using FPGA, several channels are made. All the channels perform the same action simultaneously. This is done to increase the processing speed.

The number of the channel is determined by the number of the element in the array.

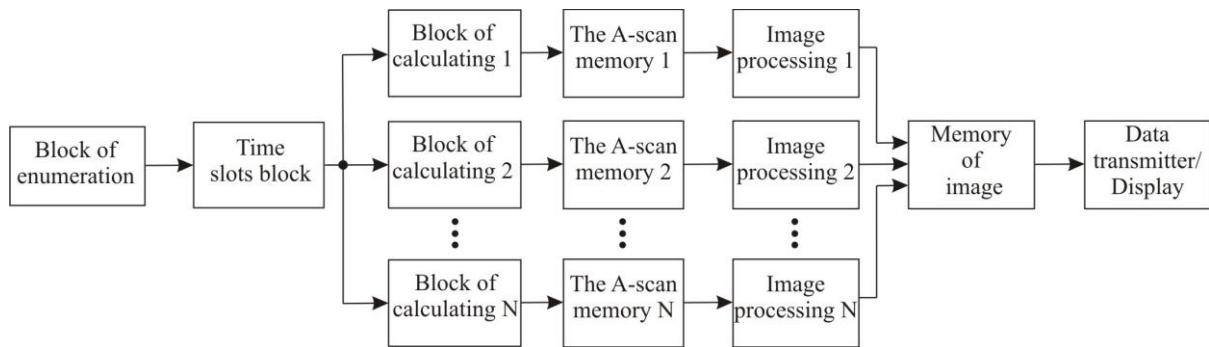


Fig. 1. Block diagram for data processing.

To increase the device operation speed, the time intervals are calculated before processing. In its memory, FPGA stores only calculations results which are required to construct the object image.

The *block of enumeration* is responsible for determining the estimated number of the current point.

The *Time slots block* is a memory which stores the ultrasonic propagation time for each point of the control object.

The *Calculating block* calculates the required addresses for the A-scan memory.

The *A-scan memory* stores the digitized signal reflected from the control object.

The *Image processing block* reconstructs the control object image, and the *data transmission block* is used to send the result to the display device or to the computer.

The result of data calculation is the sector of the object image which indicates its defects.

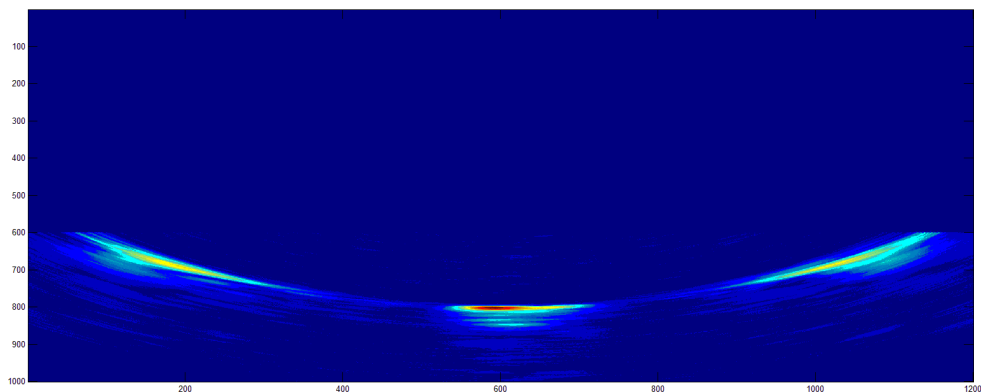


Fig.2. Image of the control object.

Application of programmable arrays allows increase in the processing speed keeping the cost of the product within an acceptable range.

### Reference

1. Sampling Phased Array: A New Technique for Signal Processing and Ultrasonic Imaging / Bernus L. [and others] // In: Insight. –Volume 48. – Issue 9. – p. 545–549.

2. Ultrasonic Arrays for Quantitative Nondestructive Testing an Engineering Approach / Bolotina I.O. [and others] // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2013 - Vol. 49 – No. 3. – p. 145–158.

3. The Use of Geometrical Acoustics for the Solution of Visualization Problems / Kvasnikov K.G. [and others] // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2013 – Vol. 49 – No. 11. – p. 625–630.

### NEW GENERATION ACOUSTIC BOREHOLE DEPTH GUIDE

*Shulgina Yu.V., Shulgin E.M.*

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

*Scientific supervisor: Soldatov A.I., D.Sc., Professor, Department of Industrial and Medical Electronics*

*Linguistic advisor: M. V. Kuimova, Associate Professor, Department of Foreign Languages*

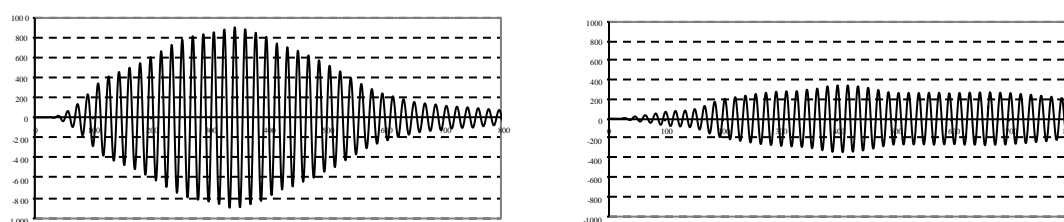
Blasting operations are the main step in the preparation process of mining coal, iron ore and other mineral resources. Expenses to carry out the blasting operations comprise a significant part of the mined rock cost. Hence the errors in the hole-depth measurement lead to increase in the mined rock cost, as well as it might result in the top horizon downfall where mining occurs.

A basic error in ultrasonic depth-gauge measurement is caused by inaccuracy in determination of the ultrasonic pulse arrival. Generally the moment of ultrasonic pulse arrival is determined with a comparator. However, due to the complex shape of reflected ultrasonic pulse the comparator operating time does not coincide with the pulse initiation.

Nowadays, the existing ultrasonic hole depth-gauges have measurement errors and a high value of uncontrolled area. However, the major issue concerning the hole formation depth measuring lies in low measurement accuracy related to the hole shape changes due to earth movement. Therefore, the research objective of the current study is the development of a universal

method of ultrasonic pulse analysis which allows receiving accurate information on the depth.

Fig. 1 shows oscillograms of two echo-pulses received at different distances. The amplitude of the echo-pulse differs by more than 3 times and the duration of the forward front of the envelope echo-pulses – by 1.5–2 times relative to each other. The way to find the pulse arrival moment existing today assumes the use of the comparator with a fixed or floating operation threshold. Change in the amplitude and shape of echo-pulses at different distances leads to error of up to 10–15 periods of the carrier frequency variation (Fig. 1). Use of the floating threshold allows reducing this error by 1.5–2 times, but the situation cannot be cardinally changed.



a b

Fig.1. Oscillograms of two echo-pulses received at different distances:  
a) 20 cm, b) 120 cm

The authors demonstrate a new method to measure the distance between two signals of different frequencies that would eliminate a significant portion of the measurement error associated with the waveguide ultrasound propagation, and to increase the measurement accuracy.

According to the new method, two signals are emitted at different frequencies and the time intervals between the two radiation sensors triggered and the comparator are measured (see Fig. 2).

Triggering of the comparator occurs at different times for different frequencies signal with respect to the excitation signal -  $t_1$  and  $t_2$ , calculation of distance is built relatively of these points.

After measuring the time intervals between the emitted and the received signals, the slots are compared and then corrected in accordance with the expression:

$$(\Delta t_1 - i \cdot T_1) - (\Delta t_2 - i \cdot T_2) < \frac{T_1}{4}, \quad (1)$$

where  $T_1$  is the period of oscillation of the first ultrasonic wave,  $T_2$  is the second period of ultrasonic wave oscillation,  $i$  is iteration index,  $\Delta t_1$  is the first measured time interval,  $\Delta t_2$  is the second measured time interval.

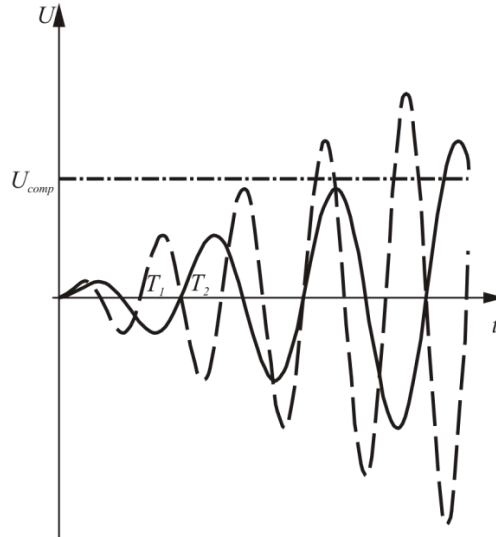


Fig. 2. Response time of the comparator for the arrival of signals of different frequencies

After emission and reception of ultrasound signals at two frequencies, detection and correction of two time slots and distance determination becomes possible, that can minimize the measurement error of the ultrasonic locator.

During the correction of all operations, compensation is selected, which yields the minimum time interval between  $(\Delta t_1 - i \cdot T_1)$  &  $(\Delta t_2 - i \cdot T_2)$ . The shift of the time coordinate defined by the activation of the comparator on the time axis by successive subtraction of the time intervals of the multiple periods of the carrier frequency eliminates the error inherent in the method of single comparator.

The offered method has been realized in the ultrasonic locator. The block diagram of the locator is shown in Fig. 3.

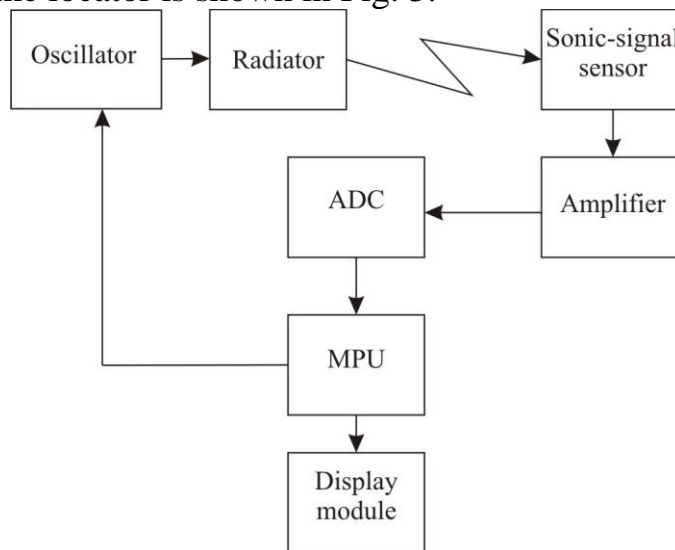


Fig. 3. The device structure.



The emission of an acoustic signal is controlled by a microcontroller, which enables the generator. The generator produces a pulse group. Pulses are applied to the emitter which emits an acoustic signal. The signal reflected from the bottom of the hole recorded by the receiver. When amplified, the echo signal applied to the ADC input. Digitized data is received and processed by the microcontroller. After that, another frequency signal is produced in the same algorithm. After processing of two different frequency signals, the calculation result is displayed.

Significant variations in the measurement errors when using the single comparator are conditioned by the waveguide propagation of ultrasonic vibrations, which leads to a significant change in the pulse shape at various distances. Based on these data, the following conclusion can be made: a substantial increase in measurement accuracy occurs only for larger measured distances. At distances greater than 12 m, the error frequency method does not exceed 1% (confidential interval was  $\pm 0.2\%$ ), while the error of the single comparator method is greater than 7% (confidential interval of  $\pm 1\%$ ).

## Reference

1.Soldatov A.I., Chiglinseva J.V.(Shulgina) Ultrasonic borehole depth-gauge //International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON-2009). Proceeding - Tomsk, March 27–28, 2009. - Tomsk: The Tomsk IEEE Chapter & Student Branch, 2009. – Pp. 313–317

2.Mathematical analysis of the echo-impulse position detection by the dual-frequency sensing method [Electronic resources] / Yu. V. Shulgina [et al.] // Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS) : proceedings of the International Conference, Tomsk, 16-18 October, 2014 / National Research Tomsk Polytechnic University (TPU) ; Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). — [S. l.]: IEEE, 2014. — [4 p.]

3.Determination of the time position of the echo-pulse by two-frequency sounding method / Ju.V. Shulgina [et al.]// Control. Diagnostics. — 2014. — No. 13. — [Pp. 152–154].

## METHODS TO ASSESS PSYCHOEMOTIONAL STATE OF A PERSON

*Nguyen D.Q., Yuzhakova M.A.  
Scientific supervisor: DSc, Prof.  
Tomsk Polytechnic University, Tomsk  
Scientific supervisor: Avdeeva D.K., D.Sc., Professor*

Good health is essential to human welfare. At present, a great number of diseases are known to be caused by stress. Emotional state of a person has a significant impact on health due to the direct and inverse relationship between all systems and organs of a human body and emotional state of a person. Emotional stress is one of the urgent health and social problems. Emotional stress is a real danger to health, because it often causes sudden cardiac death, myocardial infarction, hypertensive crisis, violation of cardiac and cerebral circulation, and gastric ulceration. In addition, emotional state can greatly affect the functioning of the body systems [1].

Psychoemotional state is a special form of a human psychological state with the dominance of emotional responses. Emotional displays are essential to response to real-life situations, because they regulate health and functional state of the body. Emotional deficits reduce the activity of the central nervous system, and may cause performance decrement. Excessive impact of the emotiogenic factors can precipitate mental stress or even mental disturbance. Preparedness for the activity favorable for mental health requires optimal emotional stimulation.

The objective methods, which are independent of the opinion of a person being examined, are the most effective to assess psychoemotional state. These methods enable to investigate electrophysiological parameters reflecting psychoemotional state of a person. Currently, there are a lot of methods to detect and record the electrophysiological parameters of a person. The adequate choice of the method and the appropriate use of its results are essential to successfully conduct psychophysiological research. The research is crucial for both medicine and engineering.

Electrocardiography (ECG), electromyography (EMG), electroencephalography (EEG), electrooculography (EOG), and galvanic skin response (GSR) are the basic methods of recording electrophysiological parameters. These methods allow recording muscles stimulation, palpitation, the blood outflow from the skin surface, brain activity, etc. According to the research conducted by the psychological services, these methods allow recording changes in the emotional state.

Electrocardiogram is a method for recording potential differences in the electric field of the heart, which occur during the heart activity. Recording is performed using the electrocardiograph. The averaging of all vectors of action potentials occurring at a certain moment of the heart's activity influences the ECG results. The deflections from the normal ECG shape can be found in one or more leads, and this greatly helps to diagnose the heart failure.

Electroencephalography is a method focused on brain research using the recording of the electrical potential differences arising during the brain activity. EEG characterizes some states of a person (calmness, stress, excitement) because different parts of the brain respond to different emotional states [3, p. 125].

GSR is a sensitive indicator of emotional state. It is determined by the changes in the bioelectric parameters of the hand skin (potential differences and impedance). GSR is caused by vibrations of pre-secretory sweat gland activity, controlled by the central nervous system. The factors of emotional and mental activity primarily influence GSR. Since the GSR amplitude depends on the problem and environmental conditions, it is used to assess the emotional stress of a person.

Electromyography (EMG) is a method of research of bioelectric potentials arising in skeletal muscles in the excitation of muscle fibers; recording the electrical activity of muscles. EMG recording allows revealing the intention to start movement a few seconds before the movement. Moreover, myogram serves as an indicator of muscular tension. For example, when a person is experiencing strong emotions, he is excited, and when he is calm or tired, his muscles are relaxed.

Electrooculography (EOG) is a graphical recording of potential differences arising from changes in the eye movements. The anterior pole of a human eyeball is electrically positive and the back one is negative, therefore, there is a potential difference between the bottom and cornea of the eye which can be measured. The eye movements cause changes in the position of poles. The arising potential difference characterizes the direction, amplitude, and velocity of the eye movements.

In contrast to the objective methods of assessment psychoemotional state of a person, the subjective methods are carried out using specialized tests. The tests of Luscher, Tsung, Spielberg-Hanina, and Hamilton scale should be considered. Typically, the indicated tests are implemented as computer programs which enable to automate the process of testing. The applied testing methods fall into two groups: obvious and unobvious testing. The first group involves the direct presentation of questions, drawings and

other visual images to the person. The second one implements unobvious presentation of the test information. The typical example is the Luscher color test which is based on the fact that the choice of color often reflects the bent of the person under examination to a certain activity, mood, functional state, and his most stable personality traits. The Spielberg-Hanina test consisting of 40 questions is used for self-assessment of anxiety and trait anxiety. The Hamilton scale is designed to accurately measure the severity of alarm symptoms using common psychometric tests. The Zung scale and Akhmedzhanov scale are designed for self-assessment of depressive states, state close to depression, and for screening diagnostic in mass health examination. In addition, the Izard method can be also used to diagnose the dominant emotional state using the scale of importance of emotions. The method is designed for self-assessment of the intensity and frequency of ten basic emotions according to the Izard scale [4].

The above mentioned subjective methods show the advantages of the testing methods under consideration. The scales are applied to more objectively assess psychoemotional state of a person. The disadvantage of the considered methods is the difficulty of questions adapting to the individual characteristics of the testee, because the concept of major life events has significant social background.

The improvement of resolution means to assess psychoemotional state of a person is currently very important. The laboratory No. 63, Institute of Nondestructive Testing, Tomsk Polytechnic University, plans to combine objective and subjective methods to more precisely investigate psychoemotional state of a person. For objective methods, the laboratory is developing medical nanosensors to pick-up biopotentials with higher stability of electric potential, stable contact and polarization potentials, and lower interference and impedance. The existing methods of assessment of psychoemotional state of a person, which combine subjective and objective testing methods, are to be used in examining patients.

Thus, the following conclusions summarize the findings of the current review:

1. The change of psychoemotional state of a person is strongly dependent on his physical state.
2. The developed nanosensors enable to more accurately assess psychoemotional state of a person.

## *References*

1. Health [Electronic resource]. 2002-2009. Access mode: <http://www.o5a.ru/page,3,31-ponyatie-psixoyemocionalnogo-sostoyaniya-cheloveka.html> (15.04.2015)
2. M.M. Bezrukih, D.A. Phaber. Psychophysiology. Dictionary // Psychological lexicon. Encyclopedic dictionary. M.: PER SE, 2006. 128 p.
3. V.S. Rusinova. Brain biopotentials of a person. Mathematical analysis. M.: Medicine. 1987. 256 p.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Секция 3: Проблемы космического приборостроения</i> -----	4
<b>Аюшеев М.С.</b> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МАХОВИКА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА -----	5
<b>Бетенекова Н.В.</b> РАЗРАБОТКА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА «СТРАТОСАТ» ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНО — ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ В СТРАТОСФЕРЕ -----	9
<b>Битуева М.И.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ СПУТНИКА ФОРМАТА CUBESAT С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ T-FLEX CAD -----	12
<b>Бояхчан А.А.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА В КОСМИЧЕСКОМ ПРИБОРОСТРОЕНИИ	16
<b>Буй Дык Бьен</b> ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ МИКРОДВИГАТЕЛЯ-МАХОВИКА -----	19
<b>Горда И. О.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ МЕТОДОМ МОДАЛЬНОГО АНАЛИЗА -----	22
<b>Дамдинов Б. О.</b> ЕМКОСТНЫЕ НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ -----	24
<b>Жвырбля В.Ю.</b> СРАВНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ -----	28
<b>Затонов И.А.</b> ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ СТЕНД -----	32
<b>Зорина Е.В.</b> МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЙ СЕНСОР СЛУХОВОГО ИМПЛАНТА -----	35
<b>Зубенко А.А.</b> УСТРОЙСТВО ЗАРЯДКИ АККУМУЛЯТОРОВ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА -----	39
<b>Кафтасьев С.М.</b> СИСТЕМА ВИБРО- И УДАРОЗАЩИТЫ ЗАБОЙНОГО ГИРОСКОПИЧЕСКОГО ИНКЛИНОМЕТРА -----	43
<b>Кодермятов Р.Э.</b> УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩЕГО МАКЕТА МОМЕНТНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ЛЕНТОЧНОЙ НАМОТКОЙ -----	46
<b>Коломейцев А.А.</b> ДИАГНОСТИКА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ МАГНИТОПРОВОДА БЕТАТРОНА -----	49
<b>Коржеманов Д.Н.</b> УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МОМЕНТА ТРЕНИЯ В ШАРИКОПОДШИПНИКЕ -----	51
<b>Курмануканов Э.Б.</b> ПРИБОРЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ ДОБЫЧЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ -----	54

<b>Панимаскина М.В. ОБЗОР ИЗМЕРИТЕЛЕЙ УРОВНЯ ЖИДКИХ СРЕД</b> -----	57
<b>Довыденко Е.А., Почухнева Е.Л. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНОГО УЗЛА УСТРОЙСТВА ВХОДНОГО</b> -----	61
<b>Прыгов А.Н. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАБОТКИ ЭНЕРГИИ ПАНЕЛЯМИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ НА МАЛОМ КОСМИЧЕСКОМ АППАРАТЕ ТИПА SUBESAT</b> -----	64
<b>Самаганов А.В. РАЗРАБОТКА МАГНИТОМЕТРИЧЕСКОГО ИНКЛИНОМЕТРА</b> -----	69
<b>Смолянский В.А. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КУБСАТА (ФОРМАТ 3U) ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАГРУЗОК</b> -	71
<b>Тараканец Е.А. РАЗРАБОТКА МАГНИТНОГО СИГНАЛИЗАТОРА ДЛЯ ДАТЧИКА ПРОХОЖДЕНИЯ СРЕДСТВ ОЧИСТКИ И ДИАГНОСТИКИ ПО МАГИСТРАЛЬНЫМ ТРУБОПРОВОДАМ</b> --	75
<b>Шашев Д.В. ОДНОКОМПОНЕНТНЫЙ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ГИРОСКОП С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ</b> -----	77
<b>Секция 4: Сварка и родственные технологии</b> -----	81
<b>Азаркин А.В. УСТАНОВКА ДЛЯ ГАЗОАБРАЗИНОГО ИЗНАШИВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ</b> ----	82
<b>Безгинов Р.О. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СВАРИВАЕМОСТИ ПЕНОМАТЕРИАЛОВ</b> -----	86
<b>Буряков С.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ</b> -----	90
<b>Габерлинг И.П., Михеев А.С., Лисицын А.А., Князьков А.Ф. УПРАВЛЕНИЕ УГЛОМ НАКЛОНА СВАРОЧНОЙ ГОЛОВКИ ПРИ СВАРКЕ НЕПОВОРОТНЫХ СТЫКОВ ТРУБОПРОВОДОВ</b> -----	94
<b>Горелов И.В. ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ПРОЦЕССА СВАРКИ ВОЗДУХОСБОРНИКА</b> -----	97
<b>Гудим Н.А. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ НИКЕЛИРОВАНИЕ И ЦИНКОВАНИЕ СТАЛИ</b> -----	100
<b>Залевский М.Ю., Дегтерёв А.С. СКОРОСТЬ ИЗНАШИВАНИЯ АБРАЗИВОМ РАЗЛИЧНОЙ ТВЕРДОСТИ Fe-Cr-V-Mo-C ПОКРЫТИЙ</b> -----	104
<b>Князьков А.Ф., Зевакин И.А., Поляков Ю.В. ИМПУЛЬСНАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА ПРИ СВАРКЕ ПОРОШКОВЫМИ ПРОВОЛОКАМИ</b> -----	109

<b>Зеленков А.А.</b> ОСОБЕННОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ПРИ КОНТАКТНОЙ И ДУГОВОЙ СВАРКЕ-----	112
<b>Исакин И.А., Зыков И.Ю.</b> ПОВЕРХНОСТНАЯ ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ СТАЛИ 10P6M5 -----	117
<b>Лисицын А.А., Михеев А.С., Габерлинг И.П., Князьков А.Ф.</b> СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ ПРОЦЕССА СВАРКИ НЕПОВОРОТНЫХ СТЫКОВ ТРУБОПРОВОДОВ-----	123
<b>Маслов А.В.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА «ГАММА-500»-----	126
<b>Панов А.В.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ НЕФТЯНОГО ОБОРУДОВАНИЯ-----	128
<b>Князьков А.Ф., Маурин Е.О., Петухов Д.А.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОБСТВЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СВАРКИ -----	133
<b>Князьков А.Ф., Поляков Ю.В., Зевакин И.А.</b> СИСТЕМА ИМПУЛЬСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СВАРКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ -----	137
<b>Попов Ю. С.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ -----	140
<b>Соловян А.В.</b> СПОСОБ ЗАМЕНЫ СТРУЖКИ ПРИ ВЫПЛАВКЕ ФЕРРОСИЛИЦИЯ-----	144
<b>Усов С.С., Табанов А.М.</b> ЧИСЛЕННЫЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОТВОДЯЩИХ ПОКРЫТИЙ НА СТРУКТУРНОФАЗОВЫЙ СОСТАВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТОНКОЛИСТОВОЙ СТАЛИ СТЗ-----	148
<b>Шачек А.Л., Тясто А.А., Пустовых О.С.</b> СИСТЕМА ПИТАНИЯ ДЛЯ ДУГИ, ГОРЯЩЕЙ В ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ -----	150
<b>Секция 5: Экология и техносферная безопасность -----</b>	<b>155</b>
<b>Абраменко Н.С.</b> ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИРОВЫХ АВАРИЙ РАДИАЦИОННОГО ХАРАКТЕРА СОГЛАСНО КЛАССИФИКАЦИИ INES-----	156
<b>Агакишиев С.В.</b> АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА АЭС-----	158
<b>Алиферова Т.Е.</b> ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ В РАБОТЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА -----	162



<b>Бакулев Д.С., Шалагина А.А., Ахмеджанов Р.Р. КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ</b> -----	166
<b>Баталова А.Ю., Мартемьянов Д.В., Назаренко О.Б. СОРБЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА</b> -----	170
<b>Башарова А.Ю., Вторушина А.Н. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРИД-ИОНОВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ</b> -----	173
<b>Беренбеков Н.Б. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ НА ПРИМЕРЕ КЫРГЫЗСТАНА</b> ----	175
<b>Булыгина К.А. ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХРОМА (VI) И ЖЕЛЕЗА (III) В ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОДАХ</b> -----	179
<b>Бухарева П.Б. ВЛИЯНИЕ БОРНОЙ КИСЛОТЫ НА ГАЗООБРАЗНЫЕ ПРОДУКТЫ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ</b> -----	183
<b>Буянтубев И.В. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО ЦЕНТРА ПОДГОТОВКИ СПАСАТЕЛЕЙ НЕШТАТНЫХ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ (НАСФ)</b> -----	186
<b>Волкова М.И. К ВОПРОСУ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ</b> -----	189
<b>Воробьева С.О., Шибут В.В. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В ГОРОДЕ ТОМСКЕ</b> -----	192
<b>Гармонов А.В. ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЕ ЗОЛОТОВАЛОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ, РАБОТАЮЩИХ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ</b> -----	195
<b>Гербель Д.П. ВЫЯВЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА УТИЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДОВ ХИМИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ</b> -----	198
<b>Давлеткереев Н.Г. ТЕМПЕРАТУРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ МЕТАНОГЕННЫМИ БАКТЕРИЯМИ</b> -----	202
<b>Дерновой Д.С. ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕЁ РЕШЕНИЯ</b> -----	203
<b>Долговых К.С., Чулков Н.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЗДАНИЯ ОПЕРАТОРСКОЙ НА ТЕРРИТОРИИ АВТОЗАПРАВОЧНОЙ СТАНЦИИ</b> -----	206
<b>Ермолаев Д.С. ПРОБЛЕМЫ РАДОНОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ</b> -----	210



<b>Жунусбаев Т.К.</b>	<b>НАЛИВ ЖИДКОГО АММИАКА В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ЦИСТЕРНЫ. ХАРАКТЕРИСТИКА АММИАКА, СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ, ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ.</b>	<b>2181</b>
<b>Зеленин И.С.</b>	<b>НАЛИВ ЖИДКОГО АММИАКА В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ЦИСТЕРНЫ. ХАРАКТЕРИСТИКА АММИАКА, СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ, ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ.</b>	<b>218</b>
<b>Зеркалова А.В.</b>	<b>ОПАСНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ</b>	<b>221</b>
<b>Зубарева А.Е.</b>	<b>ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ВЕТРА НА РАЗМЕР ПРОТИВОПОЖАРНЫХ РАЗРЫВОВ</b>	<b>224</b>
<b>Иванова М.В.</b>	<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФРОНТА ВЕРХОВОГО ЛЕСНОГО ПОЖАРА С ПРОТИВОПОЖАРНЫМИ РАЗРЫВАМИ</b>	<b>228</b>
<b>Исхакова Е. А.</b>	<b>ОЦЕНКА РИСКОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДАХ</b>	<b>231</b>
<b>Калашникова Д.А., Кагиров А.Г.</b>	<b>КУЛОНОМЕТРИЧЕСКАЯ АВТОКАЛИБРОВКА ДАТЧИКА pH ПРИ КОНТРОЛЕ ПОКАЗАТЕЛЯ КИСЛОТНОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ</b>	<b>235</b>
<b>Касымханова З.А.</b>	<b>БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ В МНОГОКАСКАДНОМ КОАКСИАЛЬНОМ ФЕРМЕНТАТОРЕ (РЕАКТОРЕ) С УЧЕТОМ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ЕГО С ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОМ</b>	<b>239</b>
<b>Кокушева А.М.</b>	<b>ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТНО-СОВЛАДАЮЩЕГО ПОВЕДЕНИЯ СОТРУДНИКОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЖАРНОГО НАДЗОРА И ПОЖАРНЫХ ЧАСТЕЙ ГПС МЧС РОССИИ</b>	<b>241</b>
<b>Крайнюков А.А., Кагиров А.Г.</b>	<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СОЛЕЙ В БИНАРНЫХ СИСТЕМАХ МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПРОВОДИМОСТИ</b>	<b>246</b>
<b>Кругликова А.В.</b>	<b>ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ В ОТКРЫТЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛИЗАЦИИ</b>	<b>249</b>
<b>Кузьмина Е.В., Скорюпина К.С.</b>	<b>ЭВАКУАЦИЯ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ С БИБЛИОТЕКИ ТПУ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА</b>	<b>252</b>
<b>Кыргызбай А.К.</b>	<b>ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ФТОРАНГИДРИТОВОГО ИЗВЯЖУЩЕГО И НАПОЛНИТЕЛЕЙ</b>	<b>259</b>

<b>Лаутениллегер Н.Н.</b> ОСНОВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ. ЦЕНТРЫ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА -----	264
<b>Лиховодова Ю.Н.</b> ОЦЕНКА ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СОТРУДНИКОВ ЭКСТРЕННЫХ СЛУЖБ К ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ -----	266
<b>Магомедалиев Т.А., Крепша Н.В.</b> ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ В ДАГЕСТАНЕ -----	271
<b>Мантина А.Ю., Никонова Е.Д.</b> ВЛИЯНИЕ ФАЛЬСИФИКАЦИИ МОЛОКА НА СРОК ЕГО ХРАНЕНИЯ -----	274
<b>Матюшенко Е. Н., Немшилова М. Ю.</b> ТЕХНОЛОГИЯ МЕМБРАННОГО БИОРЕАКТОРА С ПОГРУЖНЫМ МЕМБРАННЫМ МОДУЛЕМ -----	276
<b>Медведев Д.О.</b> ЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЕ КАК СПОСОБ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ-----	280
<b>Мельникова Т.В.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ТЕРМИЧЕСКУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ И МЕХАНИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ-----	284
<b>Мирзобекзода М.П., Мальцева Е.В., Шеховцова Н.С.</b> ОЦЕНКА ДЕТОКСИЦИРУЮЩЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГУМИНОВЫХ И ГИМАТОМЕЛАНОВЫХ КИСЛОТ С ПОЛИАРОМАТИЧЕСКИМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ В ВОДНЫХ СРЕДАХ НА ПРИМЕРЕ ФЕНАНТРЕНА-----	288
<b>Мурашкина Ю.С.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КИСЛОТНОСТИ ФТОРАНГИДРИТА НА ПРОЧНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ-----	293
<b>Павлов А. А.</b> РАЗВИТИЕ ТЕХНОПРИРОДНЫХ И ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ТОМСКА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ -----	296
<b>Плотникова В. В.</b> МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ПОКАЗАНИЙ PH ПРИ ХРОНОМЕТРИЧЕСКОМ КУЛОНОМЕТРИЧЕСКОМ ТИТРОВАНИИ -----	300
<b>Пономарев А.А., Долдин И.Н.</b> К РАЗРАБОТКЕ МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ ПРИ УСТОЙЧИВОМ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ПОЛИГОНА ТОКСИЧНЫХ ОТХОДОВ-----	303

<b>Попов А.И.</b> РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ВЕНТИЛЯЦИИ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ-----	307
<b>Попова Е.Д.</b> РАСЧЕТ РАВНОВЕСНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ ДЛЯ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ ГИДРОКАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОКСИДА АММОНИЯ-----	311
<b>Потехина А.А.</b> ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНОЙ ТЕЛЕФОНИИ В СИСТЕМЕ ОПОВЕЩЕНИЯ -----	315
<b>Раденков Т.А, Сернецкий К.О.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНОГО ХИНГИДРОННОГО ДАТЧИКА ДЛЯ ОЦЕНКИ КОРРОЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ ГРУНТОВ-----	320
<b>Рязанцев А.А.</b> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МЁДА В СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ -----	322
<b>Сайков А.А.</b> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА РИСКА АВАРИЙ И ПОЖАРОВ НА ХИМИЧЕСКИХ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ -----	325
<b>Самакбаева М.А.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ ОКИСЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО РАЗРЯДА-----	328
<b>Сапо Т.Р.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ СУШИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ХИМИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ -----	333
<b>Раденков Т.А, Сернецкий К.О.</b> КОМПОЗИТНЫЙ ХИНГИДРОННЫЙ ДАТЧИК ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ PH ПОЧВ-----	337
<b>Соловьев В.Н.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПОРОШКОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ-----	339
<b>Сопруненко Э.Е., Перминов В. А., Рейно В.В.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЕРХОВОГО ЛЕСНОГО ПОЖАРА НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ PHOENICS -----	343
<b>Сураегин Н.В.</b> АНАЛИЗ АВАРИЙ И КАТАСТРОФ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ -----	347
<b>Толмачев Г. А.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОНТУРА ВЕРХОВОГО ЛЕСНОГО ПОЖАРА -----	349
<b>Третьякова М.О.</b> РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ БЛОКИРОВКИ ПУТЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ В ДВУХЭТАЖНОМ ЗДАНИИ-----	351
<b>Фахртдинова О.А.</b> АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ХВОСТОХРАНИЛИЩ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ-----	355

<b>Фрянова К. О.</b> ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ОБЩЕЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ» В ТПУ-----	357
<b>Фрянова К.О.</b> ВЛИЯНИЕ НА ТЕХНОЛОГО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РИСКИ ВРЕМЕННОГО ФАКТОРА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПЛАМЕННОГО ГОРЕНИЯ ТВЕРДОФАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ--	361
<b>Фрянова К.О., Гербель Д.П.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОТИВОПОЖАРНОГО РАЗРЫВА КОНЕЧНЫХ РАЗМЕРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕСНЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ И СКОРОСТИ ВЕТРА-----	364
<b>Чалдаева Е.И., Романцов И.И.</b> АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИДКОФАЗНЫХ ОГНЕГУЩАЩИХ СОСТАВОВ НА ПРИМЕРЕ СОСТАВА НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА -----	369
<b>Чикей Э.Н.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ В РЕСПУБЛИКЕ ТЫВА -----	373
<b>Шалагина А. А., Бакулев Д.С., Ахмеджанов Р.Р.</b> РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА БИОРЕМЕДИАЦИИ -----	376
<b>Эркинбеков У.Э.</b> УСТОЙЧИВОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ -----	381
<b>Юшков В.П.</b> ОБЖИГОВЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТЫ С МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМИ ШЛАКАМИ-----	385
<b>Якутова В.А.</b> ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОБЪЕКТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ-----	389
<b>Секция 6: Electrical Engineering and Non-Destructive Testing -----</b>	<b>393</b>
<b>Abashkin A.D.</b> X-RAY RADIOGRAPHY SYSTEMS WITH IDENTIFICATION OF SUBSTANCES OF CONTROL OBJECTS AND THEIR FRAGMENTS BY DUAL-METHOD ENERGY-----	394
<b>Belyankov V.Y., Mylnikova T.S.</b> EDDY CURRENT THICKNESS MEASUREMENT OF NON-MAGNETIC PRODUCTS. ADVANTAGES AND SOLUTION -----	397
<b>Wang Yanzhao</b> APPLICATION OF DIGITAL RADIOGRAPHY SYSTEMS FOR OBJECT INSPECTION -----	400
<b>Vinanthi S.U.</b> DIFFERENT APPROACHES FOR ULTRASONIC TIME-OF-FLIGHT TO MEASURE DISTANCE-----	403
<b>Vu Doan Ket</b> DEVELOPMENT OF ALGORITHMS TO DETERMINE ROADHEADERS ORIENTATION-----	407

<b><i>Golotsevich Y.A., Izhenbin I.A. CREATION OF HARDWARE AND X-RAY PROTECTION FOR TOMOGRAPH TOLMI 150-10</i></b>	410
<b><i>Demikhova A.A. INVESTIGATION OF THE PARAMETERS OF THE ELECTRIC RESPONSE FROM HEAVY AND LIGHTWEIGHT CONCRETE</i></b>	414
<b><i>Dinh V. T. MODELLING OF PV – MODULE BASED ON DATA SHEET PARAMETERS</i></b>	416
<b><i>Zhantybayev A. A. THE APPLICABILITY OF THE DISTRIBUTION FUNCTION OF THE STRENGTH OF CONCRETE TO EVALUATE THE TECHNICAL CONDITION OF CONSTRUCTION MATERIALS</i></b>	420
<b><i>Zyatkov D.O., Yurchenko A.V., Balashov V.B., Yurchenko V.I. CAPACITIVE SENSITIVE ELEMENTS WITH FERROFLUID FOR SENSOR OF MAGNETIC FIELD</i></b>	424
<b><i>Ju Yangyang, Komarov S. ACOUSTIC DEPTH SOUNDER</i></b>	427
<b><i>Korzenok I.N. THE INFLUENCE OF CLIMATIC TESTS ON THE PARAMETERS OF THE ELECTRIC SIGNAL GLASS FIBER REINFORCED CONCRETE</i></b>	431
<b><i>Lamonova S.A. EFFECT OF MECHANICAL MILLING IN THE PRODUCTION OF COMPOSITE CERAMICS</i></b>	434
<b><i>Mamyrbayev T. EVALUATION OF THE MODULATION TRANSFER FUNCTION OF A HIGH ENERGY X-RAY TOMOGRAPH</i></b>	437
<b><i>Pronichev E.A. RESEARCH AND MANUFACTURE OF SAMPLES FOR THE PRACTICAL TEST IN METHODS OF NONDESTRUCTIVE INSPECTION</i></b>	441
<b><i>Sidakova V.S. SOME BENEFITS OF ROBOTIC SURGERY</i></b>	443
<b><i>Soldatova M.A. A DEVICE FOR MEASURING THE LINEAR DIMENSIONS OF THE PALLET BY ECHOLOCATION METHOD</i></b>	446
<b><i>Strugovtsov D.V. REGULATION OF TECHNICAL STANDARDS OF DIGITAL RADIOGRAPHY: LITERATURE REVIEW</i></b>	447
<b><i>Nguyen Xuan Hung MATHEMATICAL MODELS OF THERMAL PROCESSES IN THE MULTI-ZONE THERMAL INSTALLATIONS FOR GROWING CRYSTALS</i></b>	452
<b><i>Than V.D. DESIGN OF THE FEEDBACK CONTROL SYSTEM TO CONTROL THE EXTRUSION PROCESS</i></b>	456
<b><i>Khodyrevskaya Y.I. MEDICAL PRODUCTS FOR CARDIOLOGY OBTAINED BY ELECTROSPINNING</i></b>	459
<b><i>Ju Yangyang ULTRASONIC DISTANCE MEASUREMENT</i></b>	461

<i>Tsybenov Dashi-Tsevek</i> AMPLITUDE-FREQUENCY CHARACTERISTICS OF ELECTROMAGNETIC EMISSION DURING UNIAXIAL COMPRESSION .....	463
<i>Shulgin E.M., Shulgina Yu.V.</i> INCREASING OF DATA PROCESSING SPEED FOR PHASED ARRAY SYSTEMS.....	467
<i>Shulgina Yu.V., Shulgin E.M.</i> NEW GENERATION ACOUSTIC BOREHOLE DEPTH GUIDE.....	470
<i>D.Q. Nguyen, M.A. Yuzhakova</i> METHODS TO ASSESS PSYCHOEMOTIONAL STATE OF A PERSON	470



Научное издание  
**НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ**

Сборник трудов

V Всероссийской научно-практической конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Неразрушающий контроль: электронное приборостроение,  
технологии, безопасность»

**Издано в авторской редакции**  
Компьютерная верстка *О.В. Гальцева*  
Дизайн обложки *Д.Н. Огородников*

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии  
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати **04.09.2015**. Формат 60x84/8. Бумага «Снегурочка»

Печать XEROX. Усл. печ. л. 34,7. Уч.-изд. л. 31,4.

Заказ 1264 Тираж 10 экз.


Национальный исследовательский Томский политехнический  
университет

Система менеджмента качества

Издательства Томского политехнического университета

Сертифицирована

**NATIONAL QUALITY ASSURANCE** по стандарту BS EN ISO  
9001:2008

**ИЗДАТЕЛЬСТВО**  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

Тел./факс: 8(3822)56-35-35, [www.tpu.ru](http://www.tpu.ru)

