



**МАТЕРИАЛЫ XX МЕЖДУНАРОДНОЙ ЗАОЧНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ –  
ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ**

Новосибирск, 2013 г.

УДК 62  
ББК 30  
Т38

**Т38 «Технические науки — от теории к практике»:** материалы XX международной заочной научно-практической конференции. (17 апреля 2013 г.); Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. — 172 с.

ISBN 978-5-4379-0268-4

Сборник трудов XX международной заочной научно-практической конференции «Технические науки — от теории к практике» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современных технических наук.

Данное издание будет полезно аспирантам, студентам, исследователям в области прикладной науки и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития технических наук.

Рецензенты:

— *Ахмеднабиев Расул Магомедович* — канд. техн. наук, доцент Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка;

— *Ахметов Сайранбек Махсutowич* — д-р техн. наук, профессор. Ректор Казахстанского университета инновационных и телекоммуникационных систем;

— *Елисеев Дмитрий Викторович* — канд. техн. наук, доцент Института развития дополнительного профессионального образования.

ISBN 978-5-4379-0268-4

ББК 30

© НП «СибАК», 2013 г.

## **Оглавление**

<b>Секция 1. Инженерная графика, САПР, САД, САЕ</b>	<b>7</b>
ПОЛЯ В СИСТЕМЕ AUTOCAD: ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ	7
Бутина Наталья Ивановна Труфанов Андрей Иванович	
<b>Секция 2. Машиностроение и машиноведение</b>	<b>15</b>
АНАЛИЗ СПОСОБОВ ЗАКРЕПЛЕНИЯ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН ПРИ ОБРАБОТКЕ ПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОСРЕДСТВОМ ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНИЗМА ПОСТРОИТЕЛЯ	15
Гречухин Александр Николаевич Разумов Михаил Сергеевич Чевычелов Сергей Александрович	
ИЗМЕНЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ НАТЯЖНОГО УСТРОЙСТВА ПИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН ЛЕСОПИЛЬНОГО СТАНКА	21
Русинов Владимир Яковлевич Галашев Александр Николаевич Паршин Вячеслав Павлинович	
<b>Секция 3. Энергетика и энергетические техника и технологии</b>	<b>27</b>
ПОДГОТОВКА ЭНЕРГЕТИКОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ	27
Богданов Виктор Владимирович Хромов Николай Павлович Сошинов Анатолий Григорьевич	
ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРА ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ МОДЕЛИРОВАНИЯ	34
Рушкин Евгений Игоревич Семёнов Александр Сергеевич	
ПЛЕНКИ SP1-ГИБРИДИЗИРОВАННОГО УГЛЕРОДА В КАЧЕСТВЕ АКТИВНОГО ЭЛЕКТРОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ	42
Фаустов Артем Владимирович	
<b>Секция 4. Материаловедение и металлургическое оборудование и технологии</b>	<b>53</b>
ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОГО ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ	53
Бахрачева Юлия Сагидуллоевна	

КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ, ВЫЯВЛЯЕМЫХ ПРИ ВИЗУАЛЬНОМ ОСМОТРЕ СОСУДОВ И АППАРАТОВ Боераков Алексей Евгеньевич Гевлич Сергей Олегович Пегишева Светлана Алексеевна	58
<b>Секция 5. Транспорт и связь, кораблестроение</b>	<b>64</b>
КОНСТРУКЦИИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВИБРОЗАЩИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВЕСКИ СИЛОВЫХ АГРЕГАТОВ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ Гончаров Олег Юрьевич	64
<b>Секция 6. Аэро-космическая техника и технологии</b>	<b>73</b>
УТОЧНЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТА РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ СБРОСОМ СТАТИЧЕСКИХ СИЛ Селиверстов Александр Иванович Шевченко Игорь Владимирович	73
<b>Секция 7. Строительство и архитектура</b>	<b>82</b>
НЕТРАДИЦИОННОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ АВТОКЛАВНЫХ СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ Володченко Анатолий Николаевич	82
ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРИ ОБЖИГЕ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ГЛИН И АЛЮМИНИЯ Лымарь Елена Анатольевна	89
ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОКСИДОВ И ГИДРОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ФОСФАТНЫХ СВЯЗУЮЩИХ ДЛЯ ЖАРОСТОЙКИХ БЕТОНОВ Соколова Светлана Владимировна	100
<b>Секция 8. Химическая техника и технология</b>	<b>105</b>
АНТИКОРРОЗИОННЫЙ СОСТАВ ДЛЯ УСКОРЕННОГО ФОСФАТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ Жуманиязов Максуд Жаббиевич Курамбаев Шерзод Раимбергенович	105
РАЗРАБОТКА НОВОГО СОСТАВА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ МОДИФИКАТОРА РЖАВЧИНЫ Жуманиязов Максуд Жаббиевич Курамбаев Шерзод Раимбергенович Жуманиязова Дилноза Максудовна	110

НОВОЕ БИТУМНО-РЕЗИНОВОЕ ПОКРЫТИЕ НА ОСНОВЕ ГОССИПОЛОВОЙ СМОЛЫ И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ Жуманиязов Максуд Жаббиевич Курамбаев Шерзод Раимбергенович	115
СТРУКТУРНО-ТЕКСТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И СВОЙСТВА ТЕПЛОЭФФЕКТИВНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА Ивлева Ирина Анатольевна	119
<b>Секция 9. Приборостроение, метрология, радиотехника</b>	<b>128</b>
МЕТОДИКИ ИОННО-ЛУЧЕВОЙ ЗАЩИТЫ ПОВЕРХНОСТИ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ОТ ВНЕШНИХ И ХИМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, КОРРОЗИИ И ЛОКАЛИЗАЦИИ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ОСАДКА Перинский Владимир Владимирович Перинская Ирина Владимировна Петрова Наталья Александровна	128
ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ С МОДЕЛЬЮ ПЕРВИЧНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК Юрасова Екатерина Валерьевна	134
<b>Секция 10. Безопасность жизнедеятельности человека, промышленная</b>	<b>142</b>
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ В АТМОСФЕРЕ ГАЗОВЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ Чернявский Сергей Анатольевич	142
<b>Секция 11. Организация производства и менеджмент, системы управления качеством</b>	<b>153</b>
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ НАУКОЕМКИХ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМНОГО И ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА Шевченко Михаил Игоревич Черняев Александр Владимирович	153

**Секция 12. Методология и философия науки  
и техники**

**165**

УСЛОВИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-  
КОММУНИКАЦИОННОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ВЫПУСКНИКА  
ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

165

Ивановская Марина Николаевна

## СЕКЦИЯ 1.

### ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ

#### ПОЛЯ В СИСТЕМЕ AUTOCAD: ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ

**Бутина Наталья Ивановна**

*программист  
Иркутского Государственного Технического Университета,  
г. Иркутск  
E-mail: [butina@yandex.ru](mailto:butina@yandex.ru)*

**Труфанов Андрей Иванович**

*канд. физ.-мат. наук, доцент  
Иркутского Государственного Технического Университета,  
г. Иркутск  
E-mail: [troufan@istu.edu](mailto:troufan@istu.edu)*

#### FIELDS IN AUTOCAD. APPLIED PRACTICE

**Butina Natalia**

*Programmer, Irkutsk State Technical University, Irkutsk*

**Trufanov Andrew**

*Candidate of Science, associate professor, Engineering Technology  
department, Irkutsk State Technical University, Irkutsk*

#### АННОТАЦИЯ

Рассматривается формирование компетенций в области систем автоматизированного проектирования на примере использования технологии «полей» AutoCAD. В примере предлагается задание и порядок работы.

## ABSTRACT

Forming of competencies in CAD systems has been considered with example of its use within AutoCAD “field” technologies. Task and working order has been proposed for the example.

**Ключевые слова:** САПР; компетенции; AutoCAD; технологии полей.

**Keywords:** CAD systems; competencies; AutoCAD; fields technologies.

**Введение.** Современные учебные планы подготовки инженеров строителей, а также специалистов других технических направлений требуют формирования компетенций в области систем автоматизированного проектирования (САПР). Одной из наиболее значимых и востребованных практикой САПР — является система AutoCAD. AutoCAD относится к классу САД-систем, т. е. системам, предназначенным для подготовки технической документации, которая позволяет строить чертежи любой сложности, а также выполнять основной набор действий по трехмерному моделированию.

**Методы.** Одним из мощных, но малоиспользуемых средств автоматизации в системе AutoCAD является применение *технологии «полей»*. Поле (Field) — это такой вид текста, который содержит инструкции по отображению данных, изменяющихся в процессе жизненного цикла чертежа. Этот инструмент впервые появился в версии AutoCAD 2005. Поля применимы во всех объектах, в составе которых используется текст: однострочный и многострочный тексты, атрибуты, размеры таблицы [1, с. 598] Проще, это текст, отображающий изменяемую информацию, например номер страницы, имя файла чертежа и т. д.

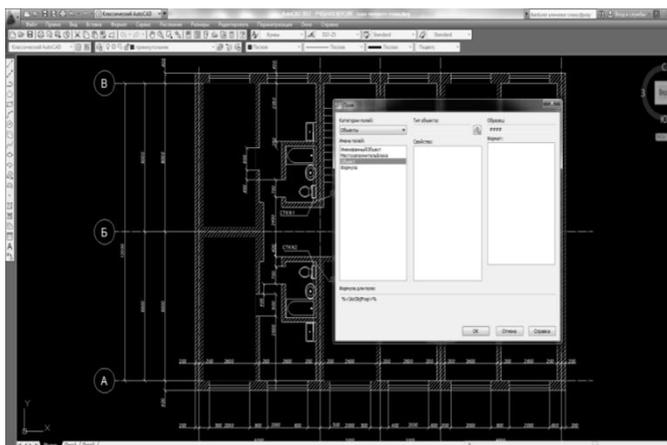
**Основные результаты.** Востребованным примером применения полей в системе AutoCAD является вычисление площадей на планах этажей. При освоении технологии «полей» предлагается выполнить следующую работу:

**Задание:** на существующем плане типового этажа проставить площади помещений используя технологию полей.

**Порядок выполнения работы:**

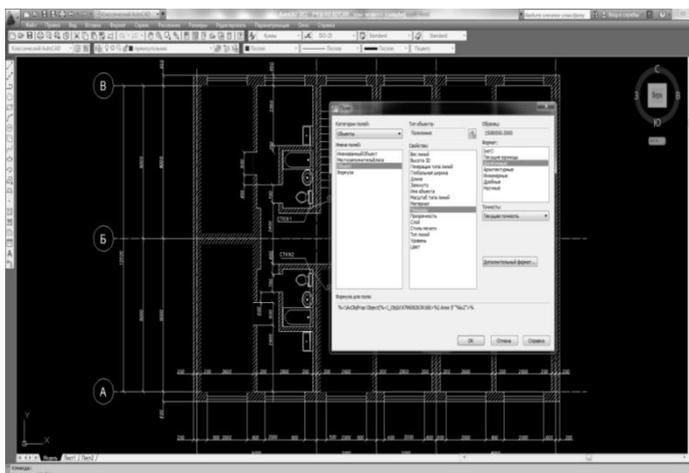
Создать два слоя, на первом будут располагаться прямоугольник или полилиния, цвет лучше назначить отличным от цвета основных линий. Сделать его текущим. На втором будут располагаться поля. Полилинией или прямоугольником обвести контур измеряемого помещения. Сделать текущим слой, на котором располагаются поля. Вставить поле, используя команду: *Вставка — поле*. В появившемся

диалоговом окне в категории полей выбрать *Объекты*, а в именах полей: *Объект*. После этого нажать кнопку *Тип объекта*, и указать на только что созданную полилинию (прямоугольник) (рис. 1).



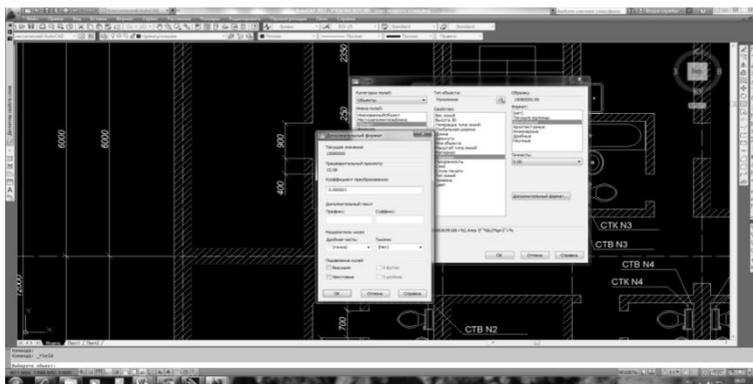
**Рисунок 1. Вставка полей**

В появившихся свойствах выбрать площадь. Формат измерения указать — *десятичные*. Текущую точность указать два знака. Далее нажать кнопку *Дополнительный формат* (рис. 2).



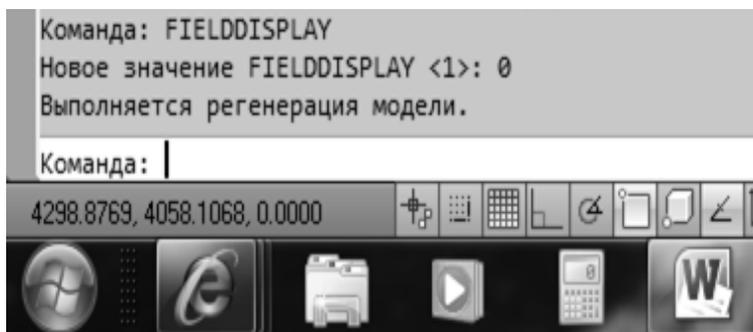
**Рисунок 2. Выбор точности и формата измерения**

Учитывая, что текущие единицы — миллиметры, а площадь надо считать в квадратных метрах, коэффициент преобразования проставить: 0.000001,а в разделителях чисел поставить запятую (рис. 3) [2].



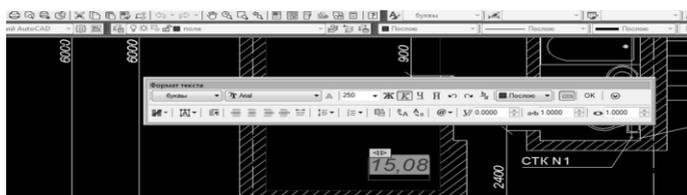
**Рисунок 3. Пересчет текущих единиц измерения**

По умолчанию предлагается высота текста 2,5. Изменить эту высоту на 250, иначе поле будет практически невидимым. Далее указать место вставки поля (обычно это место располагается ближе к нижнему правому углу помещения, и должно быть свободно от основных надписей). Поле легко отличить от остальных надписей, т. к. оно располагается на сером фоне, который на печать не выводится. Отключить фон можно изменив значение системной переменной *fielddisplay* с 1 на 0 (рис. 4).



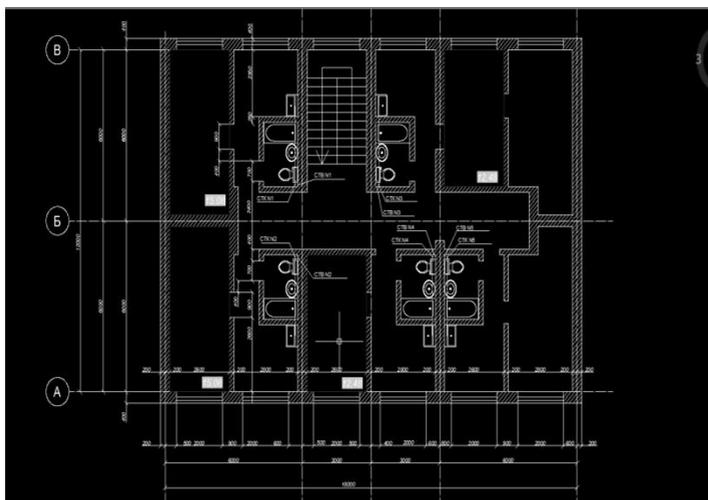
**Рисунок 4. Изменение системной переменной *fielddisplay***

Т. к. поле — это текст, то его можно отредактировать, щелкнув по полю два раза (рис. 5).



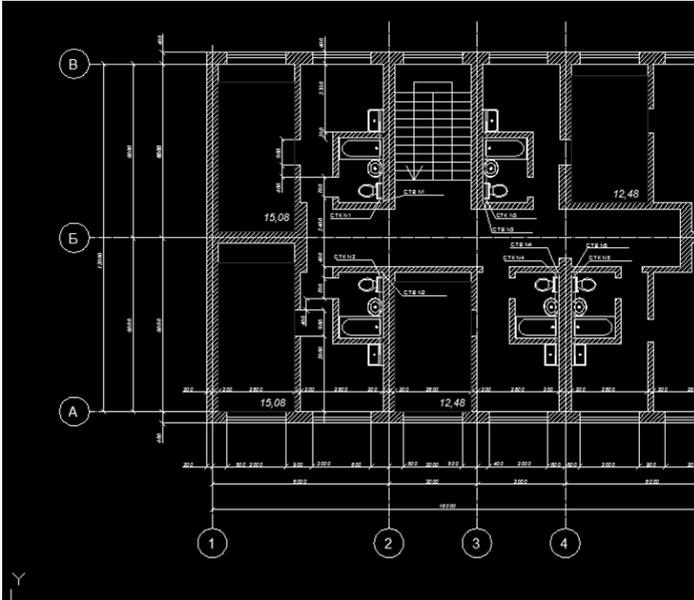
**Рисунок 5. Редактирование поля**

Операцию вставки поля повторить для всех помещений, площади которых надо измерить (рис. 6).



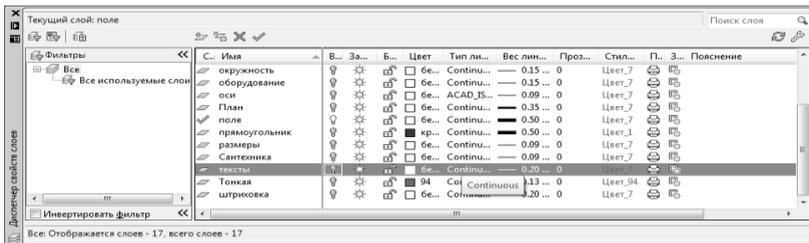
**Рисунок 6. Простановка площадей для всех помещений**

На заключительном этапе видимость объектов на слое с полилинией (прямоугольником) отключить. Если размеры измеряемых помещений изменились (рис. 7), то поля можно обновить следующим образом:



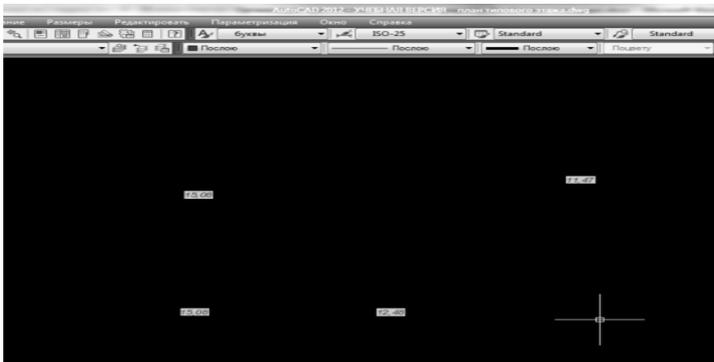
**Рисунок 7. Измененные размеры помещений (красный контур)**

1. Отключить все слои, кроме слоя «поля», (рис. 8).



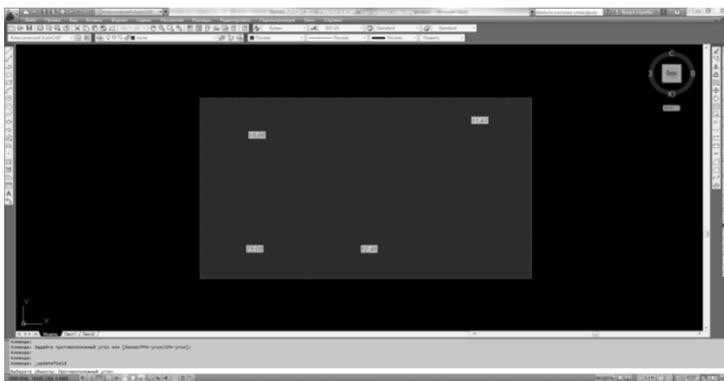
**Рисунок 8. Отключение слоев**

Результат представлен на (рис. 9), системная переменная  $fielddisplay=1$ , (для лучшего визуального восприятия полей).



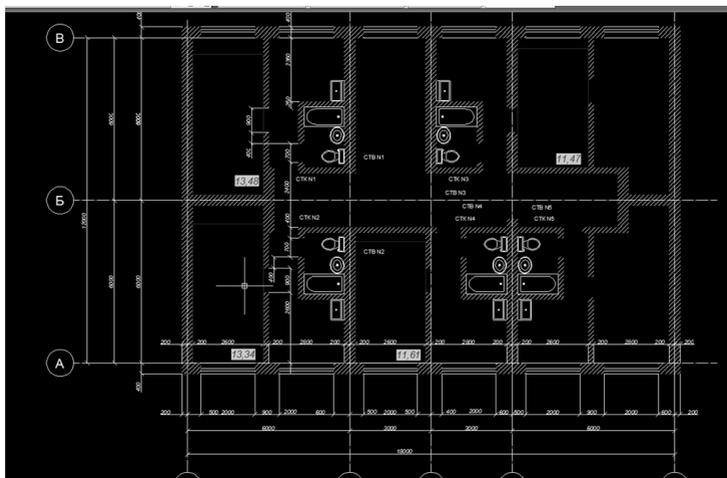
**Рисунок 9. Результат отключения видимости слоев**

2. Зайти в команду *Сервис — обновить поля*.
3. Секущей рамкой выбрать все поля, которые надо обновить (рис. 10).



**Рисунок 10. Выбор секущей рамкой**

4. Нажать кнопку *Enter*. Включить видимость объектов на слоях. Значение площадей будет пересчитано с учетом новых границ контура (рис. 11).



***Рисунок 11. Новые значения площадей после команды обновить поля***

Выводы. Современный AutoCAD является не только мощным инструментом для черчения, но и позволяет при использовании всех его опций, доступных в системе, автоматизировать до половины работы с чертежами, что существенно облегчает работу инженеров и снижает затраты на создание проектов, выполненных в данной системе автоматизированного проектирования. Тем не менее, многие возможности системы, например, технология полей, недостаточно освещены или представлены в обзорах и учебных пособиях. Подготовка инженеров в ряде направлений требует устойчивого формирования компетенций, закрепления знаний по применению специальных технологий системы AutoCAD на лекционных и практических занятиях, поддерживаемых учебной литературой с понятными и прозрачными примерами.

### **Список литературы:**

1. Полещук Н.Н. AutoCad 2007. СПб.:БХИ-Петербург, 2007. — 1120 с.
2. Предмет AutoCAD // Проставляем площади [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://ylbuilder.narod.ru/2-2-6.html> (дата обращения 02.04.2013).

## **СЕКЦИЯ 2.**

### **МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ**

#### **АНАЛИЗ СПОСОБОВ ЗАКРЕПЛЕНИЯ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН ПРИ ОБРАБОТКЕ ПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОСРЕДСТВОМ ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНИЗМА ПОСТРОИТЕЛЯ**

*Гречухин Александр Николаевич*  
*аспирант ЮЗГУ, г. Курск*

*Разумов Михаил Сергеевич*  
*канд. техн. наук, ст. преподаватель ЮЗГУ,*  
*г. Курск*  
*E-mail: [Agrechuhin@mail.ru](mailto:Agrechuhin@mail.ru)*

*Чевычелов Сергей Александрович*  
*канд. техн. наук, доцент ЮЗГУ, г. Курск*

#### **ANALYSIS OF CUTTING FASTENING PLATES FOR HANDLING PROFILE SURFACE BY PLANETARY MECHANISM BUILDER**

*Grechyhin Alexander*  
*post-graduate student SWSU, Kursk*

*Razumov Mikhail*  
*candidate of science, senior teacher of the city SWSU, Kursk*

*Chevychelov Sergey*  
*candidate of science, senior lecturer of the city SWSU, Kursk*

*Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ для поддержки ведущих российских научных школ НШ-4423212.8 «Разработка и исследование комплексной поддержки жизненного цикла сложных наукоемких технических систем на основе CALS-технологий»*

## АННОТАЦИЯ

В статье приводится анализ способов закрепления пластин при формообразовании профильных поверхностей посредством планетарного механизма.

## ABSTRACT

This article provides an analysis of the way in shaping fixing plates shaped surfaces through the planetary gear

**Ключевые слова:** планетарный механизм; гранная поверхность; скорость; частота вращения.

**Key words:** the planetary gear; facet surface; velocity; rotating speed.

Современное состояние и перспективы развития металлообработки характеризуется обширным применением различного типа технологий и металлорежущего инструмента. Так для обработки гранных поверхностей применяют фрезерные станки с универсальной делительной головкой, станки с ЧПУ. Для большинства мелких и средних машиностроительных предприятий наиболее целесообразно применение универсального оборудования общемашиностроительного назначения, на котором можно реализовать формообразование гранных поверхностей не только экономичным, но и высокопроизводительным методом [1, 4]. Таковым является метод формообразования гранных поверхностей с применением управляемых планетарных перемещений инструмента. Область применения данной технологии достаточно обширна, и возможно ее использование при формообразовании профильной части заготовок пружин железнодорожного транспорта.

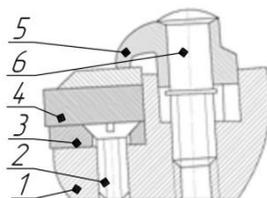
Устройство для обработки профильной части заготовок пружин железнодорожного транспорта представляет собой планетарный механизм, на валах сателлитов которого размещены резцовые блоки [2].

Резцовый блок, совершая планетарные перемещения инструмента, обеспечивает последовательное удаление припуска, образуя гранную коническую поверхность, и состоит из корпуса, сменных пластин закрепленных на ножах.

Одним из важнейших факторов, определяющих работоспособность металлорежущего инструмента, является надежность закрепления режущей пластины в корпусе инструмента [3].

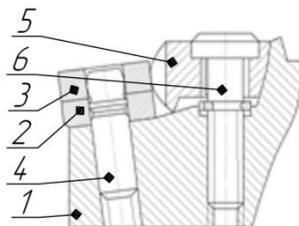
Как показывает анализ, наибольшую стойкость имеют резцы с креплением пластин прихватом (рис. 1). Прихват позволяет использовать режущие пластины с задними углами, а так же пластины малых размеров.

Недостатком такого вида крепления является громоздкая конструкция, а следовательно ограниченное применение в резцовом блоке для обработки профильной части пружин железнодорожного транспорта.



**Рисунок 1. Схема крепления режущих пластин прихватом:**  
1 — державка, 2 — винт, 3 — подкладка, 4 — режущая пластина,  
5 — прихват, 6 — винт

Другая конструкция крепления режущих пластин — клином (рис 2).

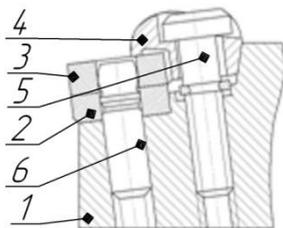


**Рисунок 2. Схема крепления режущих пластин клином:**  
1 — державка, 2 — подкладка, 3 — режущая пластина,  
4 — штифт, 5 — клин, 6 — винт

По сравнению с типом крепления прихватом тип крепления клином имеет ряд преимуществ. Это компактность конструкции, простота выполнения баз под пластины. Однако применение клина

в закреплении пластин в резцовом блоке планетарного механизма является нецелесообразным по причине того, что толщина сменного ножа является недостаточной для исполнения в нем некоторых элементов конструкции крепления.

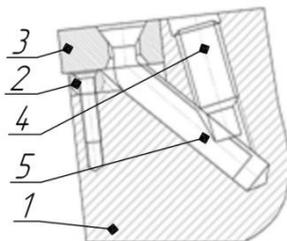
Клин-прихват (рис. 3) обеспечивает достаточную жесткость крепления пластин в резцовом блоке планетарного механизма, но как и крепление прихватом не подходит по габаритам.



**Рисунок 3. Схема крепления режущих пластин клин-прихватом: 1 — державка, 2 — подкладка, 3 — режущая пластина, 4 — клин-прихват, 5 — винт, 6 — штифт**

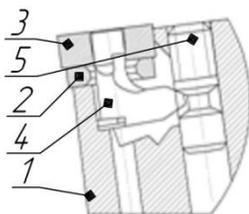
Конструкция крепления режущих пластин на штифте не обеспечивает жесткости закрепления режущих пластин и точности установки.

Крепление металлорежущих пластин косо́й тягой (рис. 4) отличается компактностью, отсутствием элементов, препятствующих сходу стружки. Недостатком данного способа крепления является трудность установки прокладки под режущую пластину. Применение крепления косо́й тягой в резцовом блоке является невозможным, так как проектируемая толщина ножа является малой для исполнения элементов крепления.



**Рисунок 4. Схема крепления режущих пластин косо́й тягой: 1 — державка, 2 — подкладка, 3 — режущая пластина, 4 — винт, 5 — тяга**

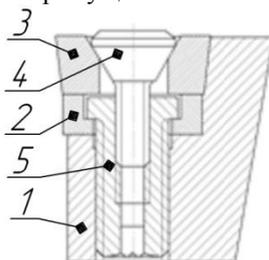
Наиболее широкое распространение получили конструкции инструмента, основанные на креплении режущих многогранных пластин рычагом (рис. 5).



**Рисунок 5. Схема крепления режущих пластин рычагом:**  
1 — державка, 2 — подкладка, 3 — режущая пластина, 4 — рычаг,  
5 — винт

Данный способ обеспечивает надежное закрепление режущей пластины и базирование в корпусе инструмента при относительно больших допусках на изготовление элементов крепления. Конструкция ножа при формообразовании профильной части пружин не позволит реализовать данный вид закрепления.

С целью повышения компактности, применяется конструкция инструмента с креплением режущих пластин винтом (рис. 6).



**Рисунок 6. Схема крепления режущих пластин винтом:**  
1 — державка, 2 — подкладка, 3 — режущая пластина,  
4 — штифт, 5 — клин-прихват, 6 — винт

Вышеуказанный тип конструкции механизма крепления режущих пластин не отличается высокой степенью надежности ее фиксации. Однако с точки зрения применения этой конструкции при закреплении режущих пластин в резцовом блоке планетарного механизма, крепление винтом является наиболее привлекательным. Таким образом,

при выборе способа крепления режущих пластин винтом, выполняется основное требование компактности механизма закрепления пластин.

### **Список литературы:**

1. Барботько А.И. Обработка многогранников с чётным числом сторон на токарном станке [Текст] / А.И. Барботько, М.С. Разумов // Вестник машиностроения. 2010. № 1. С. 46—48.
2. Пат. 2391184 Российская Федерация: МПК 7 В 23 В 5/44. Устройство для обработки многогранников с чётным числом сторон [Текст] / Барботько А.И., Пузыревский Р.А., Разумов М.С.; заявитель и патенто-обладатель Курский государственный технический университет. № 2008133265/02; заявл. 12.08.2008; опубл. 10.06.2010, Бюл. № 16.
3. Попиков А.Н. Повышение качества обрабатываемой поверхности при твердом точении за счет улучшения демфирующих свойств узла закрепления режущей пластины. Дис. Канд. Техн. Наук. — Москва, 2009. — 150 с.
4. Разумов М.С. Повышение производительности формообразования многогранных наружных поверхностей посредством планетарного механизма: дис. канд. техн. наук. — Курск, 2011. — 160 с.

# ИЗМЕНЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ НАТЯЖНОГО УСТРОЙСТВА ПИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН ЛЕСОПИЛЬНОГО СТАНКА

***Русинов Владимир Яковлевич***

*доцент, ФГАОУ САФУ г. Архангельск*

*E- mail: [ded-promot@yandex.ru](mailto:ded-promot@yandex.ru)*

***Галашев Александр Николаевич***

*канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ САФУ*

*г. Архангельск*

*E-mail: [galashev@list.ru](mailto:galashev@list.ru)*

***Паршин Вячеслав Павлинович***

*ассистент, ФГАОУ САФУ г. Архангельск*

*E-mail: [v.parshin@narfu.ru](mailto:v.parshin@narfu.ru)*

# CHANGE OF THE DESIGN OF THE TENSION DEVICE OF SAW CLOTHS OF THE SAWING MACHINE

***Rusinov Vladimir***

*Associate Professor of NAFU, Arkhangelsk*

***Galashev Alexander***

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of NAFU,*

*Arkhangelsk*

***Parshin Vyacheslav***

*Assistant of NAFU, Arkhangelsk*

## АННОТАЦИЯ

Рассмотрена необходимость обеспечения устойчивости и предложена конструкция натяжного устройства пил лесопильной рамы.

## ABSTRACT

Need of ensuring stability is considered and the design of the tension device of saws of a sawing frame is offered.

**Ключевые слова:** лесопильная рама; натяжное устройство; захват; температура; напряжение; рамная пила; рычаг; винт.

**Keywords:** sawing frame; tension device; capture; temperature; tension; frame saw; lever; screw.

Современные тенденции применения оборудования для продольной распиловки круглых лесоматериалов ведут к сокращению сферы применения лесопильных рам, весьма распространенных еще в недавнее время. Тем не менее, в отечественном лесопилении, под действием определенного рода обстоятельств, лесопильные рамы не могут в одночасье быть заменены круглопильными и ленточнопильными установками. Использование рамных установок, пусть и с уменьшением объемов распиловки, будет продолжаться еще некоторое время.

Натяжка пил лесопильного оборудования является подготовительной операцией, от выполнения которой в значительной степени зависят производительность и качество всего технологического процесса производства пиломатериалов. Продолжительность данной операции зависит от квалификации рамщика, параметров постава, конструкции натяжного устройства, состояния инструмента и некоторых других факторов.

Натяжение необходимо для достижения устойчивости пил и максимального уменьшения свободной длины полотен. Предварительное напряжение в пилах доводится до 8—12 Н/мм<sup>2</sup>. В процессе работы пильное полотно нагреваясь в среднем до 40—50°С [1], удлиняется, при этом снижается натяжение пил в пильной рамке и теряется жесткость. Величина потери напряжения  $\sigma_T$  от нагрева определяется формулой [2]:

$$\sigma_T = E\alpha(T_K - T_H),$$

где:  $E$  — модуль упругости на растяжение, Н/мм<sup>2</sup>;

$\alpha$  — линейный коэффициент теплового расширения стали;

$T_K$  и  $T_H$  — значения конечной и начальной температур, °С.

Таким образом, при среднем нагреве пильного полотна на 20°С, напряжение снижается на 30—50 %. Тем самым объясняется необходимость дополнительного натяжения пил. При работе на холостом ходу или после остановки лесорамы, пилы охлаждаются, длина их

уменьшается и напряжение при этом возрастает до 14—16 Н/мм<sup>2</sup>, что может привести к деформации пил и пильной рамки.

Одной из распространенных и успешно применяемых в настоящее время, является лесопильная рама с непрерывной толчковой подачей марки Р-63 различных модификаций. По оценкам производителей, данная лесопильная рама проста в обслуживании и ремонте, надежна в работе в широком температурном диапазоне, обеспечивает удовлетворительные производительность и качество пиления при использовании в первом ряду технологического потока лесопиления.

При этом следует заметить, что среди возникающих нареканий со стороны лесопильщиков к конструкции лесопильной рамы, отдельно выделяются претензии к устройству верхней подвески. Верхние захваты, предназначенные для установки пил в пильную рамку, должны обеспечивать и необходимый натяг, компенсирующий тепловые изменения линейных размеров полотен пил. Именно этого зачастую и не происходит, в результате итоговые показатели эффективности процесса распиловки снижаются.

С целью изменения данной ситуации, авторами была выполнена работа по совершенствованию конструкции натяжного устройства верхних захватов и последующей реализацией на действующем оборудовании.

Анализ известных конструкций верхних захватов с механическими натяжными устройствами показал, что наиболее распространены три типа: клиновой (клино-карабиновый), винтовой и эксцентриковый [1, 3, 4]. Клиновые устройства не позволяют проводить плавную и равномерную натяжку пил, требуют постоянного контроля за клиньями во избежание ослабления и «выползания» клиньев.

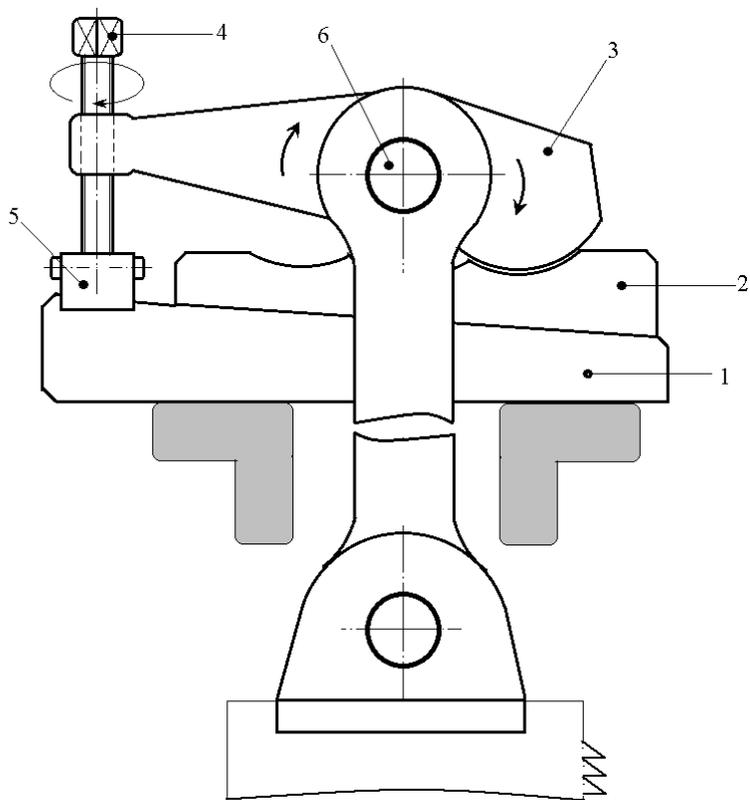
Другой тип — винтовой, напротив, обеспечивает плавное и надежное натяжение пилы, но для выполнения полного натяга требуются значительные затраты времени, из-за значительных нагрузок на винтовую пару недолговечен и требует частой трудоемкой замены.

Самым совершенным считается эксцентриковое натяжное устройство, оно же и применялось в указанных пилорамах. Однако для выполнения натяга пильная рамка должна выводиться в крайнее верхнее положение, после установки клиньев специальным ключом, длиной 500 мм, производится окончательный натяг. В процессе эксплуатации рабочие поверхности эксцентриков, подэксцентриков и клиньев изнашиваются, что вызывает потребность в замене деталей верхней подвески.

В ходе решения поставленной задачи были разработаны несколько вариантов конструкции натяжного устройства. При последующих испытаниях и доводках было принято рычажно-винтовое устройство (Рисунок 1). Сущность устройства заключается в следующем. От существующего эксцентрикового устройства были приняты без изменений: клин (1) и клинообразный подэксцентрик (2). Эксцентрик заменен рычагом второго рода (3), один конец которого выполнен с выступом круглой формы, другой прямоугольного профиля с резьбовым отверстием. В отверстие вкручен регулировочный винт (4), передающий усилие натяга на клин через призматический упор (5). Рычаг вращается вокруг оси (6) в верхней раздвоенной части тяги. Регулировочный винт  $M16 \times 1,5$  с шестигранной головкой (17 мм) и коническим хвостовиком, как и ось рычага, изготовлены из стали 40Х, упор и рычаг — из стали 40, основные параметры определены из расчетов на прочность. Чтобы снизить нагрузку на винтовую пару, соотношение плеч рычага было принято 2:1. Тем самым, по-нашему мнению, были сохранены основные достоинства винтового и эксцентрикового типов натяжных устройств.

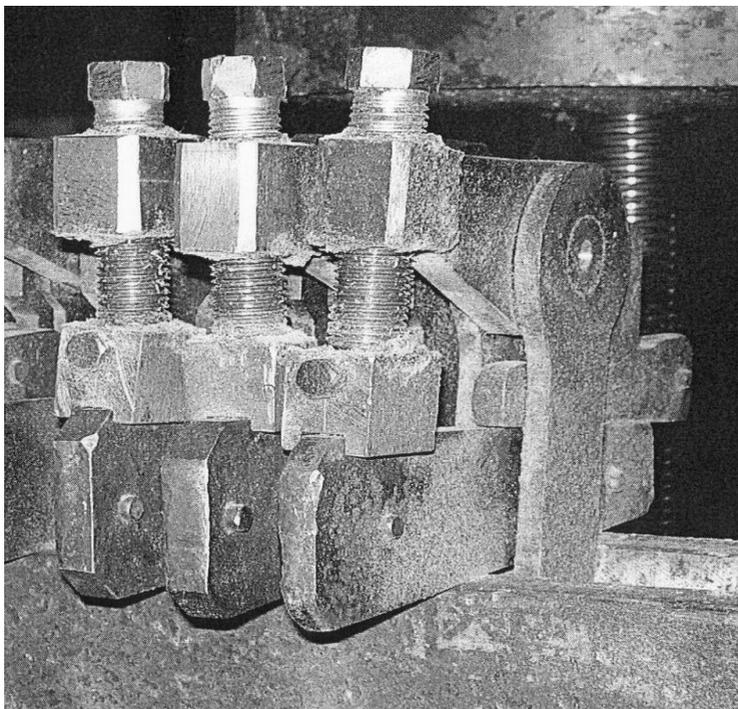
Установка устройства в рабочее положение выполняется следующим образом. После закрепления нижних захватов в пазу нижней поперечины пильной рамки, верхний захват подводится к верхней поперечине. Далее устанавливаются клин и подэксцентрик. При этом плоский конец рычага вводится в одно из углублений подэксцентрика, клин — в прямоугольный паз призматического упора. Затем вращением регулировочного винта достигается окончательная натяжка рамной пилы. По мере нагрева пил дополнительное натяжение создается обычным гаечным ключом, установка рамки в крайнее верхнее положение необязательна, работа выполняется с уровня пола.

К недостаткам данного типа можно отнести уменьшение числа пил, устанавливаемых на рамку (с 12 на 10), минимальная толщина выпиливаемой доски 22 мм. При изменении геометрических размеров устройства, данный тип может быть применен на лесопильных рамах других марок.



*Рисунок 1. Схема натяжного устройства*

В учебно-производственных мастерских Северного (Арктического) федерального университета были изготовлены два комплекта захватов (по десять штук в каждом) и переданы для эксплуатации в ООО «РОСТ-сервис» на лесопильной раме Р-63-4Б. Лесорама используется для обеспечения пиломатериалами строительного и мебельного производственных участков. В зависимости от заказов и наличия сырья, количество поставок может достигать трех за день. Распиловка выполняется «в развал», максимальное количество устанавливаемых пил — десять. Срок эксплуатации — около 12 лет. На рисунке 2 представлено изображение трех верхних захватов с рычажно-винтовым натяжным устройством в рабочем положении.



*Рисунок 2. Верхние захваты рамных пил в рабочем состоянии*

Использование рычажно-винтового устройства на лесопильном участке ООО «РОСТ-сервис» в течение полугода показало, что трудозатраты на замену и натяжку рамных пил снизились на 20—35 %. Общая производительность на распиловке возросла на 3—4 %.

#### **Список литературы:**

1. Кучеров И.К., Пашков В.К. Станки и инструменты лесопильно-деревообрабатывающего производства. М.: Лесная промышленность, 1970. — 560 с.
2. Лапин П.И. Подготовка и эксплуатация режущего инструмента лесопильных предприятий. М.: Лесная промышленность, 1978. — 160 с.
3. Фонкин В.Ф. Справочник мастера — инструментальщика деревообрабатывающего предприятия. М.: Лесная промышленность, 1977. — 176 с.
4. Фонкин В.Ф. Лесопильные станки и линии. М.: Лесная промышленность, 1980. — 320 с.

### **СЕКЦИЯ 3.**

## **ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ**

### **ПОДГОТОВКА ЭНЕРГЕТИКОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

***Богданов Виктор Владимирович***

*КТИ (филиал ВолгГТУ), ассистент кафедры «ЭПП», г. Камышин*

*E-mail: [victorbogdanov1987@mail.ru](mailto:victorbogdanov1987@mail.ru)*

***Хромов Николай Павлович***

*КТИ (филиал ВолгГТУ), канд. техн. наук, доцент «ЭПП», г. Камышин*

***Сошинов Анатолий Григорьевич***

*КТИ (филиал ВолгГТУ), канд. техн. наук, доцент «ЭПП», г. Камышин*

## **PREPARATION OF A NEW GENERATION OF POWER ENGINEERING**

***Victor Bogdanov***

*Assistant of KTI, Kamyshin*

***Nicholas Chromov***

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of KTI, Kamyshin*

***Anatoly Soshinov***

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of KTI, Kamyshin*

### **АННОТАЦИЯ**

«Электроэнергетика» играет стратегическую роль в экономики России, поэтому руководство страны обращает на эту отрасль особое внимание и предъявляет повышенные требования к вопросам

по обеспечению надежности, качества и энергоэффективности электроснабжения государства. Наиболее целесообразным решением вопросов в сложившейся экономической обстановке и энергетики России является внедрение инновационных технологий отечественных разработок, адаптированных к существующему оборудованию электросетевого комплекса.

#### **ABSTRACT**

"Power" plays a strategic role in the booming Russian economy. The Government pays special attention and makes high demands on reliability, quality and efficiency. Letter of introduction of innovative technology development is the most appropriate solution of issues in the current economic environment.

**Ключевые слова:** электроэнергетика; производство работ под напряжением.

**Keywords:** power industry; live-work.

По данным международной организации труда (МОТ) каждый день в мире на рабочих местах погибает около 6000 человек. 20 % чрезвычайных происшествий, происходящих на производстве, происходят по вине персонала (рис. 1) и основными причинами являются:

- отсутствие или недостаток обучения персонала;
- отсутствие у работников необходимого опыта;
- несоблюдение или игнорирование правил и инструкций;
- упущение менеджмента в организации и управлении технологическим оборудованием и производственным персоналом;
- работа персонала под давлением менеджмента;
- повышенная усталость или ухудшенное состояние здоровья работников;
- неудовлетворительные психофизиологические показатели работников;
- отсутствие или недостаточность систем контроля, которые учитывали бы и предотвращали возможности отдельных ошибок персонала [2].



**Рисунок 1. Распределение причин (факторов) возникновения травмоопасных ситуаций**

Среди причин, обусловленных человеческим фактором и непосредственно влияющих на возникновение травмоопасных ситуаций, следует выделить недостаточные навыки выполнения технологических операций. В этой связи весьма актуальным является подготовка оперативного персонала способного выполнять работы под напряжением [1].



**Рисунок 2. Основные последствия несанкционированного отключения электроснабжения потребителей**

В настоящее время весьма актуальной в мировой практике является организация выполнения работ по эксплуатационному обслуживанию распределительных сетей под рабочим напряжением (далее ПРН).

Работа под напряжением в действующих электроустановках является одной из современных форм технического обслуживания распределительных электрических сетей во всем мире и не требует доказательств ее актуальности. Это настоящий и завтрашний день в эксплуатации электросетевого хозяйства России, без чего невозможна интеграция в экономику стран Евросоюза и модернизация электроэнергетики.

Стратегическая цель технологии работ под напряжением — подготовка персонала нового поколения, способного качественно выполнять эксплуатацию распределительных сетей страны в современных условиях.

Основные задачи, решение которых обеспечивается при выполнении технологиями работ под напряжением, следующие:

1. исключения электротравматизма персонала;
2. надежности и качество электроснабжения потребителей;
3. энергоэффективное управление производством и его активами.

*Решение основных задач осуществляется следующим образом:*

1. *Исключение электротравматизма персонала:*

- за счет исключения наиболее травмоопасных операций (отключение и включение коммутационных аппаратов, проверка отсутствия напряжения, установка и снятие защитных заземлений);*
- исключение ошибочного приближения на недопустимое расстояние к токоведущим частям;*
- применение более качественных изолирующих защитных средств с общим снижением номенклатуры.*

2. *Надежность и качество электроснабжения потребителей:*

- за счет отсутствия коммутационных перенапряжений при выводе в ремонт оборудования;*
- за счет отсутствия отключения потребителей на время выполнения эксплуатационных работ.*

3. *Энергоэффективное управление производством и его активами:*

- за счет снижения затрат из-за отсутствия упущенной выгоды вследствие недоотпуска электроэнергии потребителей при плановых отключениях.*

#### **Задачи деятельности учебно-тренировочного центра:**

- проведение теоретического и практического обучения электротехнического персонала (первичное и периодическое) с последующей аттестацией на предоставление права выполнения работ под напряжением в электроустановках до 1000 В.*
- комплектование состава бригады, проходящей обучение, сертифицированными защитными и такелажными средствами, а также приспособлениями, необходимыми для выполнения работ под напряжением в электроустановках до 1000 В.*
- комплектование персонала, проходящего обучение, пакетом технологической документации для выполнения работ под напряжением.*

В настоящее время разработана и внедрена программа повышения квалификации электротехнического персонала для выполнения работ под напряжением в действующих электроустановках до 1000 В, по которой подготовлено 10 линейных бригад по эксплуатации распределительных сетей (МРСК «Центра», Республики Беларусь, МРСК «Юга», «Татэнерго» и др.);

*• разработаны и опробованы новые перспективные программы обучения:*

1. *монтаж под рабочим напряжением на ВЛ мультикамерных разрядниках типа РМК-20;*

2. чистка изоляций и подтяжка контактов на электрооборудовании под напряжением до 35 кВ (включительно).

- научно обоснована методическая база специальной подготовки — под руководством доктора технических наук, профессора Медведева В.Т. подготовлена и защищена Бибиным Е.А. диссертационная работа на тему: «Совершенствование охраны труда при выполнении работ под напряжением».

Учитывая актуальность этих задач и их государственное значение, по инициативе заведующего кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий», кандидата технических наук, доцента А.Г. Сошинова при филиале ВолгГТУ «Камышинский технологический институт» организован «Инжиниринговый центр инновационных технологий» (в сфере электроэнергетики), в состав которого вошел «Учебно-тренировочный центр».

Это позволяет поднять на новый профессиональный уровень подготовку и переподготовку электротехнического персонала для выполнения работ под напряжением и предать ей государственный статус.

В настоящее время Центр имеет все необходимые разрешительные документы на повышение квалификации персонала (лицензии, учебные планы, программы, опробованные методики, технологические карты и т. д.), материальную базу: модернизированные открытая и закрытая части полигона, современные аудитории для теоретической подготовки, аудиторию по обучению оказанию первой помощи (по методу Бубнова), высоковольтную лабораторию для испытания защитных средств для ПРН, кабинет психологической разгрузки, а также заключено международное соглашение о сотрудничестве с польской фирмой “HUBIX”. В июле 2012 года в центре прошла переподготовку первая бригада из республики Татарстан, которой вручили свидетельства о повышении квалификации государственного образца.

Помимо проведения теоретического и практического обучения электротехнического персонала с последующей аттестацией на предоставление права производства работ под напряжением ИЦИТ одной из приоритетных задач была поставлена обучение инженеров-электриков нового поколения. Ввиду сложившийся в течении последних 50 лет технологии обслуживания электросетевого хозяйства со снятием напряжения, технология ПРН подавляющим большинством энергетиков воспринимается в «штыки». Однако европейская практика применения технологии ПРН показывает полное отсутствие смертельных случаев против известной всем российской практики. Известная поговорка французских энергетиков — «лучше работать, зная, что напряжение есть, чем быть неуверенным, что оно отсутствует» — прямо говорит о высокой опасности работ со снятием напряжения [2].

Камышинским технологическим институтом впервые в известной российской и мировой практике была разработана и утверждена нормативно-техническая документация и программы по обучению студентов технологии ПРН, в результате чего уже заканчивает обучение первая бригада в составе 4-х человек.

В процессе обучения студенты проходят жесткий психологический отбор, курсы оказания первой доврачебной медицинской помощи, а также получают теоретические знания и практические навыки производства работ под напряжением.

В соответствии с разработанной программой по подготовке электротехнического персонала по выполнению работ под напряжением в электроустановках до 1000 В, студенты проходят курсы «Теоретических основ производства работ в электроустановках под напряжением» и «Технологии производства работ в электроустановках без снятия напряжения»

«Учебно-тренировочный центр», включающий в себя открытый и закрытый учебно-тренировочные полигоны, включающие в себя полный комплекс рабочих мест для наиболее часто встречающихся в практической деятельности работ. Причем элементы ВЛ закрытого учебно-тренировочного полигона выполнены высотой, позволяющей проводить обучение персонала без подъема на опору. Всё оборудование на учебно-тренировочных полигонах находится под рабочим напряжением и оснащено контрольными устройствами, позволяющими фиксировать ошибки, допускаемые при выполнении работы и обеспечивающими полную защиту персонала от поражения электротоком. Закрепление навыков и сдача нормативов на допуск к ПРН проходит на открытой части УТЦ, в результате чего выдаются документы государственного образца с присуждением квалификации «Работ под напряжением в действующих электроустановках»

Результатом данного обучения является подготовка инженеров-электриков нового поколения, осознающего необходимость применения ПРН, навыками которого является полная взаимответственность за всех членов состава бригады и за свою безопасность в частности.

### **Список литературы:**

1. Барг И.Г., Полевой С.В. Ремонт воздушных линий электропередачи под напряжением — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 224 с.
2. Бибин Е.А. Совершенствование охраны труда при выполнении работ под напряжением: Автореф. дис. канд. техн. наук. — М., 2009. — 15 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ  
ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО  
ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРА  
ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ  
ПРИ ПОМОЩИ МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*Рушкин Евгений Игоревич*

*лаборант кафедры ЭиАГП, студент 4 курса  
специальности «Электромеханика» МПТИ (ф) СВФУ,  
г. Мирный*

*Семёнов Александр Сергеевич*

*старший преподаватель кафедры ЭиАГП МПТИ (ф) СВФУ,  
г. Мирный  
E-mail: [sash-alex@yandex.ru](mailto:sash-alex@yandex.ru)*

**RESEARCH SYSTEM  
OF VARIABLE FREQUENCY ELECTRIC  
DRIVE MAIN FANS BY MODELING**

*Evgeniy Rushkin*

*assistant of pulpit EiAGP, 4th year student the specialty  
«Electromechanical» MPTI (f) SVFU, Mirny*

*Alexander Semenov*

*sr. lecturer of pulpit EiAGP MPTI (f) SVFU, Mirny*

**АННОТАЦИЯ**

В данной научной статье исследуется электропривод вентилятора главного проветривания рудника. Выбран тип двигателя. Принята система управления электроприводом. Произведено моделирование режимов работы электродвигателя вентилятора с частотно-регулируемым электроприводом.

**ABSTRACT**

In this article investigates electric drive of main fans of mine. Is selected motor type. Adopted a system of electric drive control. Produced simulation modes of the fan motor with variable frequency drives.

**Ключевые слова:** рудник; вентилятор главного проветривания; система электропривода; частотно-регулируемый электропривод; моделирование; режимы работы.

**Keywords:** mine; the main fans; the system electric drive; variable frequency electric drive; modeling; modes.

Объектом исследования является привод вентилятора главного проветривания подземного рудника по добыче алмазосодержащих пород типа ВЦД-42,5 (вентилятор центробежный двусторонний с диаметром рабочего колеса 42,5 дм). Главной целью исследования является выбор мощности электропривода, его режима и продолжительности работы, моделирование его характеристик, получение сравнительных результатов для заключения по работе. Вентиляторные установки главного проветривания используются для подачи воздуха в рудник и располагаются непосредственно у ствола рудника.

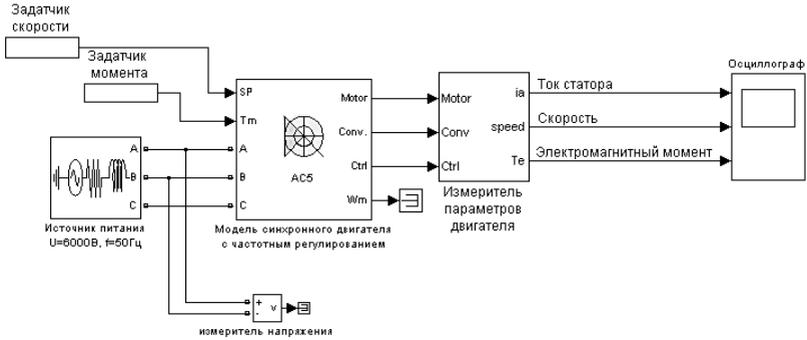
Актуальность данной статьи заключается в моделировании режимов работы синхронного электродвигателя с системой частотно-регулируемого электропривода (ЧРП) и применении их на практике. Моделирование пуска синхронного двигателя ранее рассматривались в статьях [2], [6] и [9].

Целью моделирования является построение характеристик зависимости момента и угловой скорости вращения электродвигателя от времени при пуске, а также определение перерегулирования, разрегулирования и времени переходного процесса. Выполним моделирование на модели с частотно-регулируемым приводом. Для проведения моделирования используем данные двигателя СДМЗ-17-59-12УХЛ4, которые определяем по [1] и [8].

Для реализации задачи по исследованию режимов работы нашего оборудования собираем математическую модель пуска синхронного двигателя в пакете программ MatLab. Пакет программ MatLab предназначен для аналитического и численного решения различных математических задач, а также для моделирования электротехнических и электромеханических систем, благодаря приложениям Simulink и SimPowerSystem. Более подробная информация о пакете программ MatLab представлена в [4], [5] и [8].

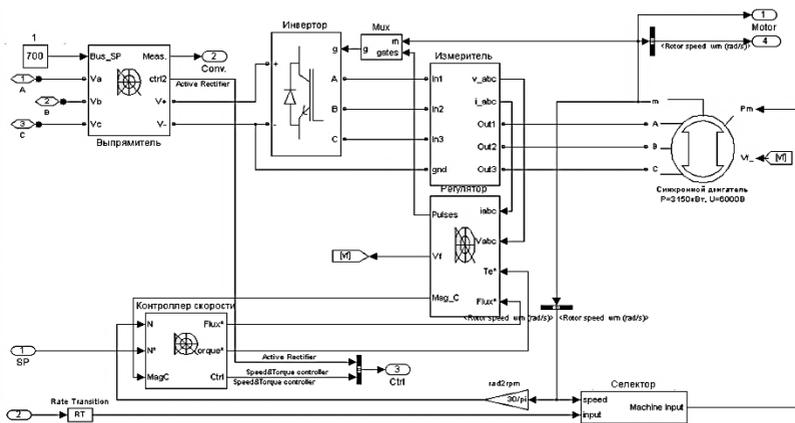
Математическую модель можно условно разделить на 3 части: блоки управления, блоки преобразователей и модель двигателя. Модель электродвигателя представляет собой функциональную зависимость передаточных блоков, блоков усилителей, логики и нелинейных функций. Модель двигателя состоит из механической части и блока преобразования момента. При использовании моделей

с частотным регулированием время установления переходных процессов возрастает в несколько раз, но зато их протекание становится более плавным и точным.



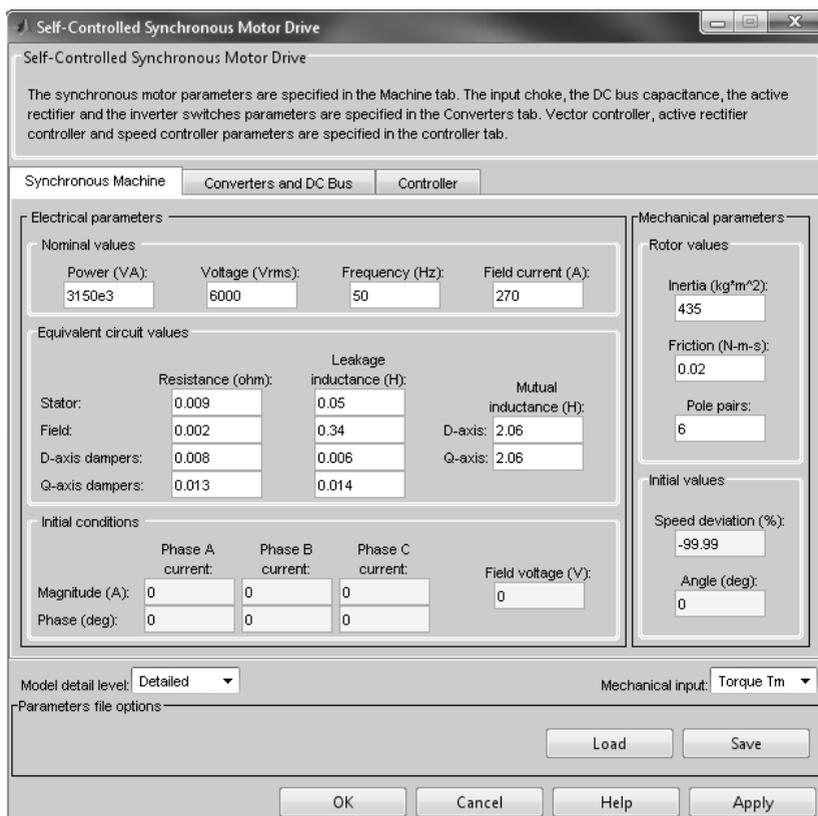
**Рисунок 1. Модель синхронного электропривода с частотным регулированием**

Рассмотрим более подробно, что собой представляет модель синхронного двигателя с частотным регулированием, и сделаем небольшое описание данной модели.



**Рисунок 2. Структура модели синхронного двигателя с частотным регулированием**

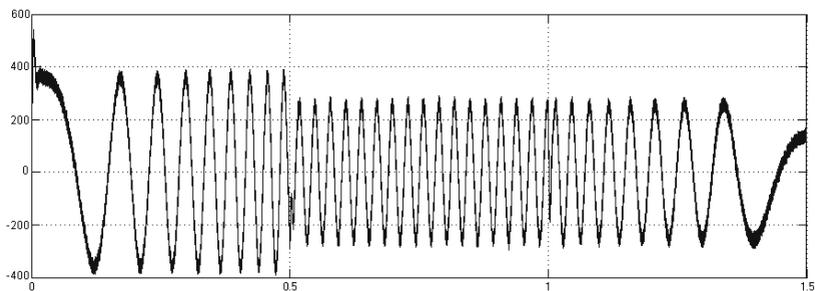
Из источника питания переменное напряжение поступает на выпрямитель. Затем уже постоянное напряжение поступает на преобразователь тока и на инвертор, в котором оно опять преобразуется в переменное и питает сам синхронный двигатель. В это время из задатчиков скорости и момента сигнал поступает на контроллер скорости, туда же приходит сигнал обратной связи из механической части двигателя и регулятора. После всех операций сигнал из контроллера скорости поступает в измеритель параметров двигателя, где обрабатывается и выдаёт окончательное значение скорости вращения двигателя.



**Рисунок 3. Окно параметров синхронного двигателя**

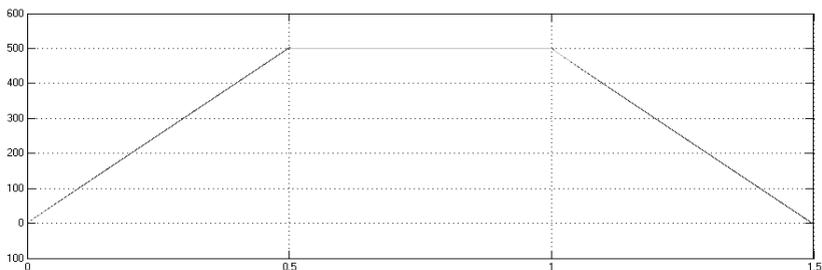
В этом окне задаются основные параметры синхронного электродвигателя, такие как мощность, напряжение, частота, сопротивление и индуктивность обмоток, момент инерции, число пар полюсов.

После определения всех параметров и внесения их в окно параметров модели двигателя, производим моделирование и представляем его результаты.



**Рисунок 4. Ток статора синхронного двигателя**

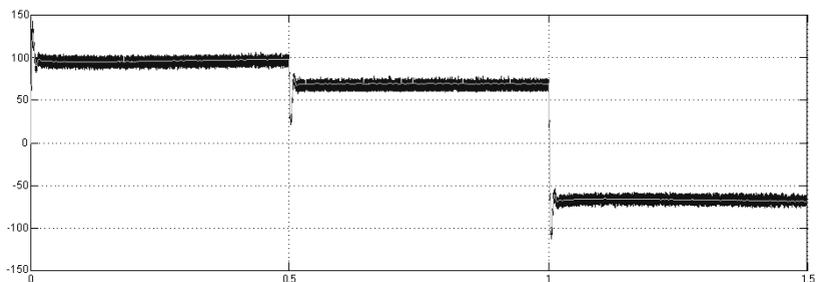
На этом рисунке показана зависимость тока статора синхронного двигателя от времени моделирования. Пусковой ток при запуске двигателя достигает значения 400 А, после выхода скорости на номинальное значение ток снижается до 320 А, что почти соответствует расчетному номинальному току.



**Рисунок 5. Скорость вращения синхронного двигателя**

На этом графике показана скорость вращения двигателя в зависимости от времени моделирования. Здесь можно выделить три основных режима работы двигателя: а) пуск двигателя; б) работа двигателя на номинальной скорости; в) торможение двигателя. Анализируя характер графика скорости, можно утверждать,

что ко времени 0,5 с после пуска двигателя скорость вращения двигателя выходит на свое номинальное значение 500 об/мин. Указанный промежуток времени показывает, что система удовлетворяет требованию по быстродействию. Система является устойчивой, значение колебательности отсутствует.



***Рисунок 6. Электромагнитный момент синхронного двигателя***

На графике момента видно, что при пуске двигателя пусковой момент составляет 100 кН\*м, а при выходе скорости на свое номинальное значение он снижается до 60 кН\*м, что совпадает с расчетными данными.

После проведения моделирования и получения всех результатов сведем расчетные данные и результаты моделирования в таблицу и вычислим погрешность между ними.

Таблица 1.

Сопоставление расчетных значений с моделированием

Наименование	Расчётные значения (справочные данные)	Пуск в асинхр. режиме	Частотное регулирование	Погрешность пуска в асинхр. реж. от расчета $\varepsilon, \%$	Погрешность частотного регулир. от расчета $\varepsilon, \%$
Скорость вращения, $n$ (об/мин)	500	500	500	0 %	0 %
Номинальный момент, $M_H$ (кН*м)	60,2	63	60	4,4 %	0,3 %
Пусковой момент, $M_{II}$ (кН*м)	84,3	158	100	47 %	15,8 %
Номинальный ток, $I_H$ (А)	350	300	320	14,3 %	6,3 %

В результате проделанной работы была создана модель функционального уровня системы синхронный двигатель с частотным регулированием. В ходе работы были определены оптимальные параметры эксперимента, обеспечивающие выполнения расчетов при необходимой точности и, кроме того, обеспечивающие лучшую наглядность результатов. Результаты эксперимента представлены в графиках и таблице. Оценка результатов позволяет считать данную систему удовлетворяющей всем целям и требованиям. Можно однозначно считать использование частотного регулирования более предпочтительным для синхронного двигателя вентиляторной установки главного проветривания рудника. Описание других вариантов использования частотно-регулируемого электропривода на горных предприятиях изложено в работах [3] и [7].

## Список литературы:

1. Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию: Учеб. пособие для вузов. — 2-е изд., доп. — М.: Высш. шк., 2000. — 255 с.
2. Семёнов А.С. Моделирование режима пуска синхронного двигателя электропривода насоса GrAT-4000 // Наука в центральной России. 2012. — № 2. — С. 23—27.
3. Семёнов А.С. Применение системы электропривода с преобразователем частоты и автономным инвертором напряжения на проходческом комбайне / Технические науки — от теории к практике // материалы XVIII международной заочной научно-практической конференции. (20 февраля 2013 г.); Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. — С. 71—78.
4. Семёнов А.С. Моделирование автоматизированного электропривода: Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 140601 — «Электромеханика». — М.: Издательство «Спутник +», 2012. — 60 с.
5. Семёнов А.С. Программа MATLAB: Методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 140211 — «Электроснабжение». М.: Издательство «Спутник +», 2012. — 40 с.
6. Семёнов А.С., Рушкин Е.И. Анализ энергоэффективности системы электропривода центробежного насоса при помощи моделирования в программе MATLAB // Материалы V Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум». [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.scienceforum.ru/2013/210/2633> (дата обращения: 12.02.2013).
7. Семёнов А.С., Саввинов П.В., Рушкин Е.И. Внедрение частотно-регулируемых электроприводов как метод энергосбережения на горных предприятиях / Достижения и перспективы естественных и технических наук // материалы II Международной научно-практической конференции. — Ставрополь: Логос, 2012. — 159 с. — С. 60—63.
8. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MatLab, SimPowerSystems и Simulink. — М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. — 288 с.: ил.
9. Semenov A.S., Shipulin V.S. Analysis of energy efficiency of the system drive centrifugal pump GrAT-4000 by modeling in MatLab. European Applied Sciences, January, 2013, № 1 (2). — Pp. 228—230.

**ПЛЕНКИ SP1-ГИБРИДИЗИРОВАННОГО  
УГЛЕРОДА В КАЧЕСТВЕ АКТИВНОГО  
ЭЛЕКТРОДНОГО МАТЕРИАЛА  
ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ  
КОНДЕНСАТОРОВ**

***Фаустов Артем Владимирович***

*аспирант, Московский государственный технический университет  
радиотехники, электроники и автоматики,*

*г. Москва*

*E-mail: [artefausto@yandex.ru](mailto:artefausto@yandex.ru)*

**SP-HYBRIDIZED CARBON THIN FILMS  
AS AN ACTIVE ELECTRODE MATERIAL  
FOR ELECTROCHEMICAL CAPACITORS**

***Faustov Artyom Vladimirovich***

*Post-graduate student, Moscow state technical University of radio  
engineering, electronics and automatics,*

*Moscow*

**АННОТАЦИЯ**

В статье представлено исследование, посвященное возможности применения тонких пленок sp-гибридизированного углерода в качестве активного электродного материала для электрохимических конденсаторов. Пленки синтезируются методом вакуумного низкотемпературного импульсно-дугового осаждения с ионной стимуляцией. Результаты проведенного исследования показали возможность применимости синтезируемых пленок в электрохимических конденсаторах и необходимость дальнейшего исследования электрохимических свойств в зависимости от условий синтеза.

**ABSTRACT**

This article investigates the application of sp-hybridized carbon thin films as an active electrode material for electrochemical capacitors. Carbon films are prepared by ion-assisted method. Experimental results has shown the ability of sp-hybridized carbon films to be an active electrode material and necessity of further more detailed investigations

**Ключевые слова:** электрохимический конденсатор; активный электродный материал; электролит; удельная емкость; sp-гибридизированный углерод.

**Key words:** electrochemical capacitor; active electrode material; electrolyte; specific capacitance; sp-hybridized carbon.

### **Введение**

Электрохимические конденсаторы (ЭК) привлекают немало внимания как источники электрической энергии широкого применения, как для автомобильной техники (рекуперация торможения, облегченный запуск двигателя, электрическая стабилизация системы), промышленности (автопогрузчики, лифты), электронных устройств, так и обеспечения бесперебойного питания вследствие высокой плотности запасаемой электрической энергии и большого количества циклов заряда-разряда [11].

Накопление электрической энергии в таких элементах происходит либо за счет образования двойного электрического слоя (ДЭС) (ионной адсорбции) на границе раздела фаз «электрод-электролит», либо за счет протекания редокс-процессов [15]. Любой из большого разнообразия ЭК (также именуемых ионисторами), с точки зрения характера протекающих на электродах процессов, можно отнести к одной из трех групп [4, 14]:

1. Ионисторы с идеально поляризуемыми электродами (двойнослойные суперконденсаторы (ДСК) — накопление заряда происходит за счет образования ДЭС на обоих электродах);

2. Ионисторы с неполяризуемыми электродами (псевдоконденсаторы — накопление заряда в них происходит за счет протекания на обоих электродах редокс-процессов);

3. Ионисторы с одним идеально поляризуемым электродом (гибридные суперконденсаторы);

Аллотропные фазы углерода являются объектом масштабных исследовательских работ по изучению применимости их в качестве активного электродного материала (АЭМ) для ЭК по причине их хорошей электронной проводимости, коррозионной стойкости в водных растворах, хорошей циклируемости, огромному числу различных модификаций и низкой стоимости [7, 12, 27].

В качестве АЭМ изучались пленки, состоящие из углеродных нанотрубок [13], — одностенных углеродных нанотрубок [6, 7, 10, 13, 18, 19, 25] и многостенных углеродных нанотрубок [16, 26].

После вручения в 2010 году Нобелевской премии по физике «За новаторские эксперименты по исследованию двумерного

материала графена» [5] Андрею Гейму и Константину Новоселову [24] внимание исследователей устремилось на поиск сферы применимости графена [27], в том числе и в качестве АЭМ для ЭК [20, 21, 22, 23].

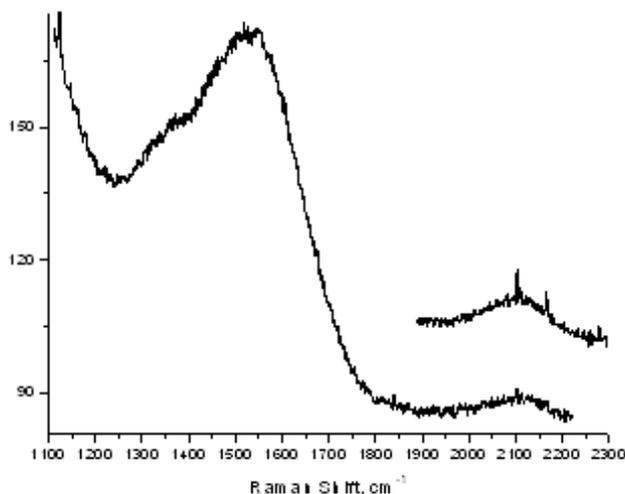
Накопление заряда на углеродных электродах всегда происходит за счет двух процессов: редокс-процесса и образования ДЭС — суть вопроса, актуального для всех исследователей, заключается в том, каков вклад в заряд вносит каждый из процессов.

Целью работы, описываемой в настоящей статье, являлось изучение применимости синтезированных нами углеродных пленок в качестве АЭМ для ЭК.

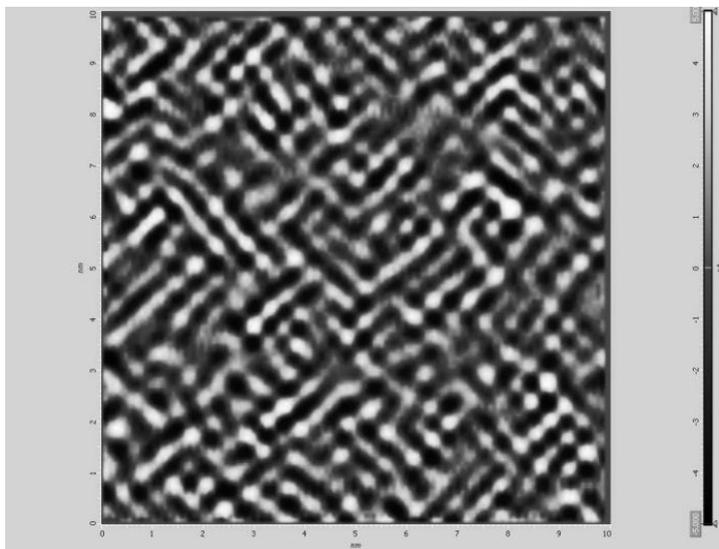
Тонкие пленки углерода (толщиной ~1 мкм) получали холодным методом импульсно-дугового ионно-стимулированного осаждения.

Согласно проведенным исследованиям (методами КР (комбинационного рассеяния)-спектроскопии, Оже — спектроскопии, электронной дифрактометрии) синтезируемых пленок, материал пленки представляет собой sp-гибридизированную форму углерода. На рис. 1 представлен КР-спектр синтезируемой пленки. На рис. 2 представлено токовое изображение поверхности пленки, полученное с помощью растрового туннельного микроскопа.

Синтезируемый нами материал по своим физическим свойствам схож с т. н. двумерно-упорядоченным линейно-цепочечным углеродом (ДУ ЛЦУ), который подробно изучался в статьях [1, 2, 3, 8, 9].



*Рисунок 1. КР-спектр синтезируемой sp-углеродной пленки*



**Рисунок 2. Изображение синтезируемой пленки в растровом туннельном микроскопе**

Синтезируемые пленки, как и пленки ДУ ЛЦУ, являются электрофизически анизотропным материалом [8].

Пленки можно легировать или интеркалировать, в результате чего появляется одномерная полупроводниковая или металлическая зависимость проводимости от температуры. Донорами могут быть группы N, NH<sub>2</sub>, OH, CH<sub>3</sub>, металлы. Акцепторами — группы NO<sub>2</sub>, CH, S.

В статье [15] высказывались возможные направления на пути к увеличению емкости ЭК — одним из этих направлений автор считает высокое упорядочение структуры АЭМ. Памятуя о том, что пленки являются высокоупорядоченными материалами, есть все основания ожидать большую электрохимическую емкость синтезированного нами материала (большие расстояния между цепочками могут позволить ионам малого радиуса проникать в межцепочечное пространство без деформации или с упругой деформацией структуры пленки).

Задачей исследования, результаты которого описаны в настоящей статье, являлось изучение емкостных свойств электрохимических ячеек, в которых в качестве активного электродного материала использовались беспримесные углеродные пленки, а также влияние различных жидких электролитов на их емкость.

### Описание эксперимента

Для наших исследований собирались электрохимические ячейки (ЭЯ) из фторопласта цилиндрической формы. Electroды, на которые наносился слой пленки (толщиной 1 мкм) были выполнены из титановой, танталовой или медной фольги толщиной 25 мкм. Рабочая площадь электродов составляла 5 см<sup>2</sup>. В качестве электролитов использовали:

- обезвоженный 1-этил-3-метилимидазолий тетрафторбората;
- водный раствор серной кислоты ((1M) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>);
- электролит “LP-30” фирмы “MERCK” (соль лития гексафторфосфата LiPF<sub>6</sub>, растворенная в этилен карбонате/диметил карбонате в массовом соотношении 1:1);
- водный раствор гидроокиси калия ((6M) KOH).

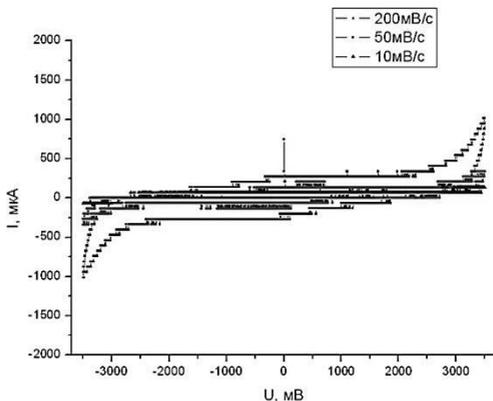
В качестве сепаратора электродов использовалась промокательная бумага. Ячейки собирали в перчаточном боксе в атмосфере аргона, плотно запечатывали, после чего оставляли на несколько часов для пропитки сепаратора.

Для измерения электрохимических характеристик использовали потенциостат “P-150” фирмы «Элинс». Снимались вольтамперные характеристики (циклические вольтамперограммы) (ВА).

Удельную емкость рассчитывали с использованием полученных в результате вольтамперометрических экспериментов данных по формуле, предложенной в [26, стр. 115]:  $C_{уд} = \frac{1}{v \cdot \omega \cdot \Delta V} \int_{V_0}^{V_1} i dV$ , где:  $C_{уд}$  — удельная емкость, пересчитанная на массу пленок активных электродных материалов, размерностью Ф/г;  $\omega$  — масса активного электродного материала (суммарная масса пленок двух электродов);  $v$  — скорость развертки ВА, В/с;  $i$  — электрический ток в диапазоне напряжений от  $V_0$  до  $V_1$ ;  $\Delta V$  — интервал напряжений, для которого производим расчет удельной емкости; интеграл, соответствующий каждому расчету удельной емкости, рассчитывался с использованием программы “Origin Pro 7.5”. Зарядовую удельную емкость (размерностью Кл/г) рассчитывали по формуле:  $Q_{уд} = \frac{1}{v \cdot \omega} \int_{V_0}^{V_1} i dV$ . Пределы интегрирования соответствовали диапазону напряжений, внутри которого ток не менял своего направления.

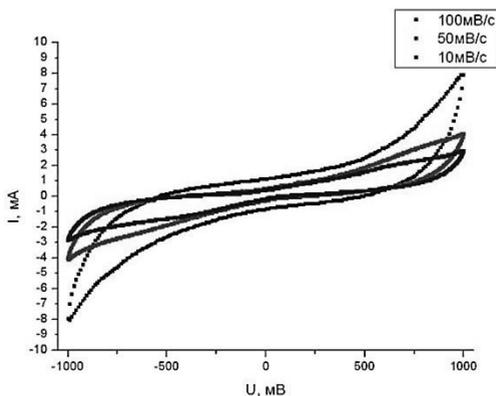
### Полученные результаты

На рис. 3 представлены зависимости силы тока от напряжения для различных скоростей разверток потенциала ЭЯ, в которой в качестве электролита использовали обезвоженный 1-этил-3-метилимидазолия тетрафторборат.



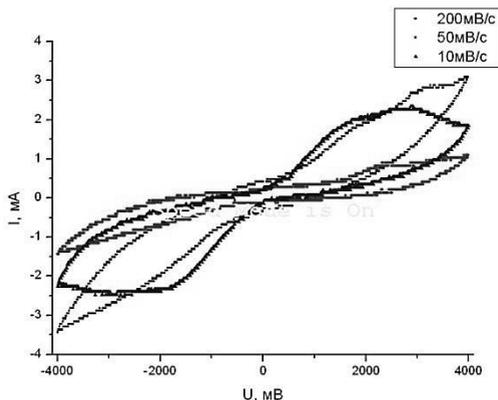
**Рисунок 3. Вольтамперограммы ЭЯ с электролитом 1-этил-3-метилимидазолий тетрафторбората, полученные при различных скоростях развертки. Черными точками обозначена ВА, снятая со скоростью развертки 200 мВ/с, красными точками — 50 мВ/с, синими — 10 мВ/с**

На рис. 4 представлены зависимости силы тока от напряжения для различных скоростей разверток потенциала ЭЯ, в которой в качестве электролита использовали водный раствор серной кислоты.



**Рисунок 4. Вольтамперограммы ЭЯ с водным раствором серной кислоты (1 М  $H_2SO_4$ ) в качестве электролита, снятые с различными скоростями развертки. Черными точками обозначена ВА, снятая со скоростью развертки 100 мВ/с, красными точками — 50 мВ/с, синими точками — 10 мВ/с**

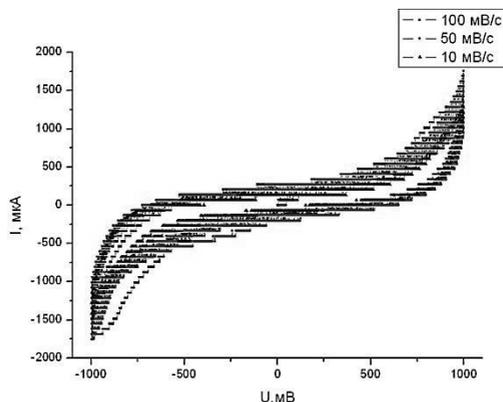
На рис. 5 представлены вольтамперограммы, снятые при различных скоростях развертки, для ЭЯ, в которой в качестве электролита использовали электролит “LP-30”.



**Рисунок 5. Вольтамперограммы ЭЯ с электролитом “LP-30” фирмы “Merck”, снятые с различными скоростями развертки. Черными точками обозначена ВА, снятая со скоростью развертки 200 мВ/с, красными точками — 50 мВ/с, синими точками — 10 мВ/с**

На рис. 6 представлены снятые при различных скоростях развертки вольтамперограммы ЭЯ с водным раствором гидроксида калия в качестве электролита.

В табл. 1 и 2 представлены рассчитанные удельные зарядовые емкости и удельные емкости (с размерностью Ф/г) соответственно для ЭЯ с различными электролитами в зависимости от скорости развертки.



**Рисунок 6.** Вольтамперограммы ЭЯ с водным раствором гидроксида калия ((6М) КОН) в качестве электролита, снятые с различными скоростями развертки. Черными точками обозначена ВА, снятая со скоростью развертки 100 мВ/с, красными точками — 50 мВ/с, синими — 10 мВ/с

**Таблица 1.**

**Величина удельной зарядовой емкости для исследуемых электролитов в зависимости от скорости развертки ВА**

Электролит	200 мВ/с	100 мВ/с	50 мВ/с	10 мВ/с
1-этил-3-метилимидазолий тетрафторбората	82 Кл/г	-----	121,5 Кл/г	248 Кл/г
1М H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-----	428 Кл/г	721 Кл/г	1980 Кл/г
LP-30	540 Кл/г	-----	740 Кл/г	8960 Кл/г
6М КОН	-----	72,3 Кл/г	152,5 Кл/г	521 Кл/г

**Таблица 2.**

**Величина удельной емкости для исследуемых электролитов в зависимости от скорости развертки ВА**

Электролит	200 мВ/с	100 мВ/с	50 мВ/с	10 мВ/с
1-этил-3-метилимидазолия тетрафторборат	23,4 Ф/г	-----	34,7 Ф/г	70,9 Ф/г
1М H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-----	428 Ф/г	721 Ф/г	1980 Ф/г
LP-30	135 Ф/г	-----	185 Ф/г	2240 Ф/г
6М КОН	-----	72,3 Ф/г	152,5 Ф/г	521 Ф/г

## Заключение

Наибольшими значениями удельной зарядовой емкости и удельной емкости обладают ЭЯ с литиевым электролитом и водным раствором серной кислоты. Как видно из характера вольтамперных кривых практически всех исследованных образцов, накопление заряда осуществляется не только в двойном электрическом слое на границе раздела материалов с электронной и ионной проводимостью (граница раздела «электрод-электролит»), но и в большей степени за счет протекания фарадеевских процессов. Однако, необходимо провести еще ряд исследований для выяснения степени вклада в общую емкость процессов с образованием двойного электрического слоя и окислительно-восстановительных процессов, более детального изучения этих процессов, а также влияние модификации синтезируемых пленок на их электрохимические характеристики.

## Список литературы:

1. Александров А.Ф., Бабаев В.Г., Гусева М.Б., Коробова Ю.Г., Новиков Н.Д., Савченко Н.Ф., Хвостов В.В. Пленки линейно-цепочечного углерода — упорядоченные ансамбли квантовых нитей — материал для наноэлектроники//«Нанотехнологии: разработка, применение — XXI век», 2010, № 1, стр. 53—68.
2. Александров А.Ф., Бабаев В.Г., Гусева М.Б., Коробова Ю.Г., Савченко Н.Ф., Стрелецкий О.А., Хвостов В.В. Эмиссионные свойства линейно-цепочечного углерода//«Нанотехнологии: разработка, применение — XXI век», 2010, № 1, стр. 80—87.
3. Бабаев В.Г., Гусева М.Б., Новиков Н.Д., Савченко Н.Ф., Флад П., Хвостов В.В. Высокоориентированные пленки sp<sup>1</sup>-углерода // Поверхность, 2004, № 3, стр. 16—27.
4. Кузнецов В., Мачковская Н., Панькина О. Конденсаторы с двойным электрическим слоем (ионисторы): разработка и производство./ Сайт журнала «КОМПОНЕНТЫ и ТЕХНОЛОГИИ»// [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.kit-e.ru/articles/condenser/2005\\_6\\_12.php](http://www.kit-e.ru/articles/condenser/2005_6_12.php) (дата обращения 10.12.2012).
5. Список лауреатов Нобелевской премии/ Сайт энциклопедии «Википедия»/ [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Список\\_лауреатов\\_Нобелевской\\_премии](http://ru.wikipedia.org/wiki/Список_лауреатов_Нобелевской_премии) (дата обращения 10.12.2012).
6. An K., Neo J., Jeon K. High-Capacitance Supercapacitor Using a Nanocomposite Electrode of Single-Walled Carbon Nanotube and Polypyrrole// Journal of The Electrochemical Society, 2002, v. 149 i.8, p. 1058—1062.

7. Arepalli S., Fireman H., Huffman C. Research Summary Carbon-Nanotube-Based Electrochemical Double-Layer Capacitor Technologies for Spaceflight Applications/Сайт лаборатории EOSL/ [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://eosl.gtri.gatech.edu/Portals/2/4.pdf> (дата обращения 10.12.2013).
8. Babaev V., Guseva M., Khvostov V., Novikov N., Flood P. Carbon Material with Highly Ordered Linear-Chain Structure// POLYNYNES — Synthesis, Properties, Applications, CRC Press, 2005, p. 219—252.
9. Bazhanov D.I., Guseva M.B., Korobova J.G., and Khvostov V.V. The structural properties of the sp<sup>1</sup>-carbon based materials: Linear carbon chains, carbyne crystals and a new carbon material — two dimensional ordered linear-chain carbon// Carbon nanomaterials in clean energy hydrogen systems — II NATO Science for Peace and Security Series C, 2011, v. 2, p. 469—485.
10. Chen P., Chen H., Qiu J. Inkjet Printing of Single-Walled Carbon Nanotube/RuO<sub>2</sub> Nanowire Supercapacitors on Cloth Fabrics and Flexible Substrates//Nano Res, 2010, № 3, p. 594—603.
11. Chen L., Dou H., Yuan C. Synthesis and electrochemical capacitance of core-shell poly(3,4-ethylenedioxythiophene)/poly (sodium 4-styrenesulfonate)-modified multiwalled carbon nanotube nanocomposites// Electrochimica Acta. 2009. № 54, p. 2335—2341.
12. Davies A., Roes I., Yu A. Ultrathin, transparent, and flexible graphene films for supercapacitor application// Applied physics letters, 2010, № 96 (25), 253105, p. 1—3.
13. Du C., Pan N. Carbon Nanotube-Based Supercapacitors// Nanotechnology law &business, 2007, v. 4 № 1, p. 569—576.
14. Ellenbogen J., Halper M. Supercapacitors: A Brief Overview/ Сайт корпорации MITRE/ [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.mitre.org/tech/nanotech/> (дата обращения 10.12.2012).
15. Gogotsi Y. Simon P., Materials for electrochemical capacitors// Nat. Mater, 2008, № 7, p. 845—854.
16. Gruner G., Kaempgen M., Ma J. Bifunctional carbon nanotube networks for supercapacitors /сайт журнала Applied Physics Letters/ [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://apl.aip.org/resource/1/applab/v90/i26/p264104> (дата обращения 10.12.2012).
17. Kim T., Lee H., Stoller M. High-Performance Supercapacitors Based on Poly(ionic liquid)-Modified Graphene Electrodes// ACSNano, 2010, v. 5 № 1, p. 436—442.
18. Kimizuka O., Tanaike O., Yamashita J. Electrochemical doping of pure single-walled carbon nanotubes used as supercapacitor electrodes// CARBON, 2008, v. 46, p. 1999—2001.

19. Liu C., Liu M., Li F. Frequency response characteristic of single-walled carbon nanotubes as supercapacitor electrode material/ сайт журнала Applied Physics Letters / [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://scitation.aip.org/getabs/servlet/GetabsServlet?prog=normal&id=VIRT01000017000016000065000001&idtype=cvips&gifs=yes&ref=no> (дата обращения 10.12.2012).
20. Liu C., Neff D., Yu Z., Graphene-Based Supercapacitor with an Ultrahigh Energy Density// Nano Lett., 2010, № 8, p. 4863—4868.
21. Liu P., Song J., Zhao B. (Affiliation Information 1. School of Environmental and Chemical Engineering, Shanghai University, Shanghai, PR China) Monolayer graphene/NiO nanosheets with two-dimension structure for supercapacitors// Mater. Chem., 2011, № 21, p. 18792—18798.
22. Li C., Sheng K., Zhang P. Graphene oxide/conducting polymer composite hydrogels/(Affiliation Information 1. Key Laboratory of Bio-organic Phosphorous Chemistry and Chemical Biology, Department of Chemistry, Tsinghua University, Beijing, People's Republic of China) Mater. Chem., 2011, № 21, p. 18653—18658.
23. Murali S., Stoller M., Zhu Y. Carbon-Based Supercapacitors Produced by Activation of Graphene// Science, 2011, v. 332 № 6037, p. 1537—1541.
24. Novoselov K.S. et al. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films// Science, 2004, v. 306 № 5696, p. 666—669.
25. Picó F., Rojo J., Sanjuán M. Single-Walled Carbon Nanotubes as Electrodes in Supercapacitors// Journal of The Electrochemical Society, 2004, v. 151, i.6, p. 831—837.
26. Raghu M. Nanostructured arrays for sensing and energy storage applications/сайт университета Кентуки/ [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://uknowledge.uky.edu/gradschool\\_diss/207](http://uknowledge.uky.edu/gradschool_diss/207) (дата обращения 10.12.2012).
27. Selverston S. Supercapacitor electrodes based on graphene materials/персональная страница Стивена Сильверстона/ [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.selverston.com/pdfs/graphene\\_electrodes.pdf](http://www.selverston.com/pdfs/graphene_electrodes.pdf) (дата обращения 10.12.2012).

## СЕКЦИЯ 4.

### МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ

#### ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОГО ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ

*Бахрачева Юлия Сагидулловна*

*канд. техн. наук, доцент Волгоградского филиала МИИТ,  
г. Волгоград*

*E-mail: [bakhracheva@yandex.ru](mailto:bakhracheva@yandex.ru)*

#### INFLUENCE THERMOCYCLIC TREATMENT ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF STEEL

*Julia Bakhracheva*

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Moscow State  
Transport University (MIIT), the Volgograd branch,  
Volgograd*

#### АННОТАЦИЯ

Рассматривается эволюция структуры стали при термоциклическом воздействии. Показана возможность повышения комплекса механических свойств сталей после термоциклической обработки.

#### ABSTRACT

Evolution of structure of steel at thermocyclic influence is considered. Possibility of increase of a complex of mechanical properties staly after thermocyclic processing is shown.

**Ключевые слова:** термоциклическая обработка; фазовый переход; прочность; пластичность.

**Keywords:** thermocyclic; phase transition; durability; plasticity.

Одним из перспективных видов упрочнения сталей является термоциклическая обработка (ТЦО) [3]. В отличие от других видов термообработки, структурные и фазовые превращения при термоциклической совершаются многократно при изменяющейся температуре «нагрева-охлаждения». Необходимость многократного повторения обработки при заданных температурах, как правило, обусловлено стремлением накопить изменения в структуре металла, которые коренным образом улучшают качество изделий и придают им свойства, недостижимые при одноразовой термической обработке.

Характер фазового взаимодействия компонентов в системе во многом определяет эффективность воздействия термоциклической обработки на изменения структуры и свойств сплавов. В случае полной не смешиваемости компонентов в твердом состоянии ТЦО не сопровождается изменением количества фаз в системе, а структурные изменения в сплавах этой системы под воздействием термоциклирования могут быть связаны лишь с последствиями микропластической деформации и последующей рекристаллизации. Микропластические деформации вызывают упрочнение металла, а рекристаллизация повышает его пластичность.

В случае наличия растворимости компонентов друг в друге в эвтектической и перетектической системе, характер процессов ТЦО изменяется. Появляется возможность диффузионного деления протяженных частиц, как в эвтектике, так и избыточных фаз, а также их сфероидизация и коагуляция.

При ТЦО сплавов, матрица которых претерпевает фазовые превращения (сплавы на основе железа) возникают значительные межфазные напряжения при повторных диффузионных превращениях, а также градиенты температур между отдельными элементами матрицы, которые приводят к увеличению центров превращения и, в итоге, к измельчению зерна. Сплавы со сформированной таким образом структурой имеют повышенную ударную вязкость, высокую прочность и удовлетворительную пластичность [2].

В железоуглеродистых сплавах имеет место фазовое превращение, которое играет решающую роль в делении сетки карбидов и значительно упрощает ТЦО. Известно, что ТЦО оказывает существенное влияние на структурное состояние карбидов [1]. Из непрерывной сетки пластинчатого строения в результате ТЦО образуются изолированные дисперсные карбиды округленной формы, располагающиеся как по границам аустенитных зерен, так и внутри зерна.

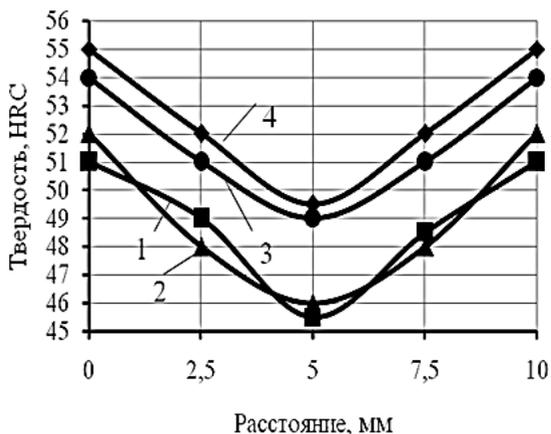
Данная работа проводилась с целью выявления способности к одновременному повышению прочностных и пластических свойств

углеродистых и малолегированных конструкционных сталей с удалением их от состояния равновесия термоциклическим воздействием.

Термоциклирование сталей 40 и 45 проводилось по схеме  $850 \leftrightarrow 450^{\circ}\text{C}$  с полным фазовым превращением в каждом цикле при нагреве и охлаждении. Эксперименты проводились на лабораторной печи типа SNOLL. Было выполнено два варианта экспериментов. В первом варианте скорость охлаждения между циклами составляла  $15^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ , а во втором  $100^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ . Нагрев в обоих вариантах осуществлялся с одинаковой скоростью. После заданного числа циклов закалку проводили в воде. Количество циклов варьировали от двух до четырех. После заданного числа циклов проводился низкий отпуск. Образцы исследовались после каждого цикла.

Охлаждение со скоростью  $15^{\circ}\text{C}/\text{мин}$  между циклами не привело ни к каким изменениям свойств этой стали. В каждом цикле происходили процессы, связанные с упрочнением стали в результате фазового наклепа. Система реагировала на это воздействие развитием процессов, направленных на релаксацию тех изменений, которые произошли при фазовом наклепе.

Во втором варианте с увеличением числа циклов происходит повышение твердости и ударной вязкости в каждом последующем цикле.

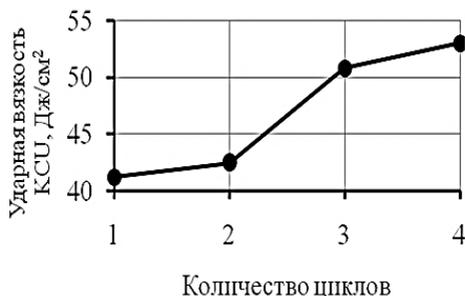


**Рисунок 1. Распределение твердости по сечению образцов стали 45:**  
1 — традиционная закалка; 2 — два цикла; 3 — три цикла;  
4 — четыре цикла

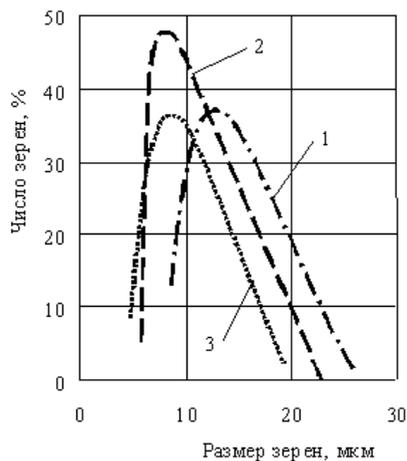
Анализ результатов термоциклического воздействия при втором режиме стали 45 показал, что получен эффект термоциклирования в виде повышения устойчивости аустенита и постепенному возрастанию твердости и ударной вязкости.

Твердость поверхности повышается с увеличением числа циклов от 52 до 55 HRC при твердости после традиционной закалки, равной 51 HRC. Твердость сердцевины увеличилась от 46 до 49 HRC (рис. 1).

Ударная вязкость возросла за 4 цикла от 41 до 53 Дж/см<sup>2</sup> (рис. 2).



**Рисунок 2.** Влияние количества циклов на ударную вязкость стали 45



**Рисунок 3.** Распределение зерен аустенита стали 45 по размерам в зависимости от числа циклов: 1 — после традиционной закалки; 2 — после трех циклов; 3 — после четырех циклов

Величина зерна и распределение зерен по размерам после каждого цикла свидетельствуют об измельчении зерна, уменьшении разнотерности (рис. 3).

Предел прочности ( $\sigma_B$ ) возрастает от 1700 до 2100 МПа за шесть циклов, потом уменьшается к восьмому циклу и снова повышается до 2040 МПа с последующим уменьшением в седьмом цикле до 1950 МПа. Ударная вязкость увеличивается одновременно с увеличением  $\sigma_B$  до пятого цикла, а затем уменьшается и достигает минимума в шестом цикле, где наблюдается максимальное значение  $\sigma_B$ .

### **Список литературы:**

1. Гурьев А.М., Ворошнин Л.Г., Чепрасов Д.П. и др. Способ термоциклической обработки инструментальных сталей //Патент № 2078440, РФ, •л. С. 21 Д 1/78 от 27.04.97.
2. Панин В.Е., Лихачев В.А., Гриняев Ю.В. Структурные уровни деформации твердых тел. — Новосибирск: Наука, 1985. — 229 с.
3. Федюкин В.К., Смагоринский М.Е. Термоциклическая обработка металлов и деталей машин. — Л.: Машиностроение. Ленинград. Отд-ние. 1989. —255 с.

**КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ,  
ВЫЯВЛЯЕМЫХ ПРИ ВИЗУАЛЬНОМ ОСМОТРЕ  
СОСУДОВ И АППАРАТОВ**

***Бояраков Алексей Евгеньевич***

*инженер ООО «Экспертиза», г. Волгоград*

*E-mail: [saintjimmy29@mail.ru](mailto:saintjimmy29@mail.ru)*

***Гевлич Сергей Олегович***

*канд. техн. наук, технический директор ООО «Экспертиза»,*

*г. Волгоград*

*E-mail: [sgevlich@mail.ru](mailto:sgevlich@mail.ru)*

***Пегишева Светлана Алексеевна***

*канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология материалов», ВолгГТУ,*

*г. Волгоград*

*E-mail: [tecmat@mail.ru](mailto:tecmat@mail.ru)*

**CLASSIFICATION OF DEFECTS DETECTED  
BY VISUAL INSPECTION  
OF VESSELS AND DEVICES**

***Boyerakov Alexey***

*Engineer ООО «Expertiza», Volgograd*

***Gevlich Sergey***

*Candidate of Technical Sciences, Technical Director ООО «Expertiza»,*

*Volgograd*

***Pegisheva Svetlana***

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor «Technology of*

*Materials», VSTU, Volgograd*

**АННОТАЦИЯ**

Рассмотрены дефекты сосудов и аппаратов, выявляемые при визуально-измерительном контроле (ВИК), осмотре объектов экспертизы и технического диагностирования, так как авторы считают,

что эти методы неразрушающего контроля позволяют собирать основную информацию о дефектности.

Предлагается простая классификация дефектов сосудов и аппаратов, выявляемая при ВИК.

#### **ABSTRACT**

Here are presented the defects of vessels and the devices, which are identified by visual and measuring monitoring, by the inspection of objects of expertise and technical diagnosing, as authors consider that these methods of nondestructive testing allow the collection of the main information about the defectiveness.

The simple classification of vessels and devices defects is offered, that is detected by visual and measuring inspection

**Ключевые слова:** дефекты; техническое диагностирование; классификация дефектов; визуально-измерительный контроль; сосуды и аппараты.

**Keywords:** defects; technical diagnostic; classification of defects; visual inspection control; vessels and devices.

При проведении экспертизы промышленной безопасности экспертному персоналу часто приходится оценивать состояние объекта экспертизы непосредственно на месте его эксплуатации. Таким образом, эксперт непосредственно участвует и выполняет отдельные элементы неразрушающего контроля (НК) визуальный осмотр (ВО) и визуально-измерительный контроль (ВИК). Эти два вида НК являются основными с точки зрения объема собираемой информации и позволяют оценивать доминирующие повреждающие механизмы конструкции (ДПМ) [3, 2].

При диагностике выявляется много различных дефектов, включая конструктивные отклонения от требований соответствующих норм и стандартов, а значит, эти дефекты должны быть разделены с позиций максимальной опасности и только максимально опасные дефекты должны быть удалены или обезврежены. Следовательно, эти дефекты должны быть как-то классифицированы. Вариантов классификаций достаточно много, например, по степени влияния, по способу происхождения, по месту происхождения, по методу обнаружения и т. п.

Наиболее удобной является классификация дефектов по способу происхождения, т.к. она охватывает максимально число возможных случаев и типов дефектов (рисунок 1).

### *Металлургические дефекты поверхности*

К этому классу дефектов относятся: забоины, закаты, риски и т. п. Эти дефекты практически отсутствуют в сосудах и аппаратах, поскольку заводы-изготовители жестко контролируют состояние поверхности листового проката.

### *Деформационные дефекты поверхности*

Происхождение дефектов связано, как правило, с внешними силовыми воздействиями при монтаже и эксплуатации [1]. Опасность подобных дефектов связана с возможной пластической деформацией в зонах максимальной кривизны, что особенно опасно при наличии коррозионно-активных сред. На рисунке 2 приведен пример такого дефекта.

### *Конструктивные дефекты*

Такие дефекты встречаются при обследовании сосудов, резервуаров и особенно технических трубопроводов (рисунок 3).

### *Коррозионные дефекты*

Коррозионные повреждения сосудов и аппаратов выявляются практически во всех случаях диагностирования и присущи большинству технологических процессов. Коррозии подвергаются как внутренние поверхности сосудов и аппаратов, так и наружные. Последние чаще всего из-за нарушений лакокрасочных покрытий, протечек рабочих сред т.п. воздействий (рисунок 4).

### *Дефекты сварных соединений*

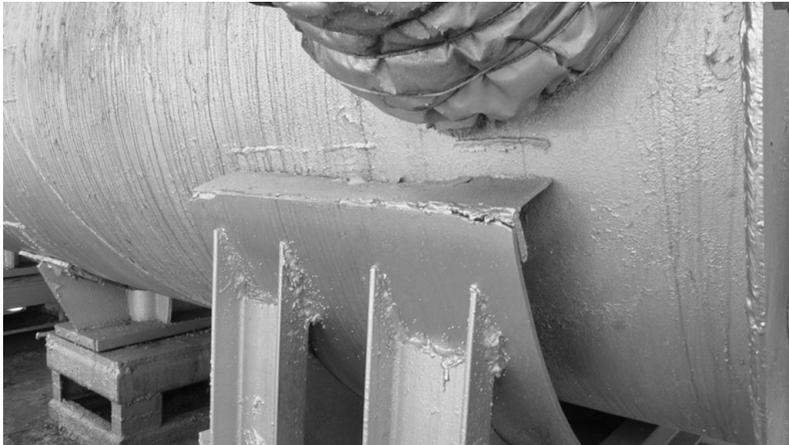
Это класс дефектов можно разделить на два подкласса: дефекты ремонтных сварных соединений и дефекты стыковых сварных швов. Первый подкласс дефектов связан с низкой квалификацией персонала, организующего и выполняющего различные ремонтные работы с применением ручной дуговой сварки. Второй подкласс наиболее опасный и часто встречающийся. Следует отметить, что основной объем выявляемых дефектов приходится на швы вварки штуцеров и люков, реже кольцевые или продольные швы на корпусе сосудов и аппаратов.



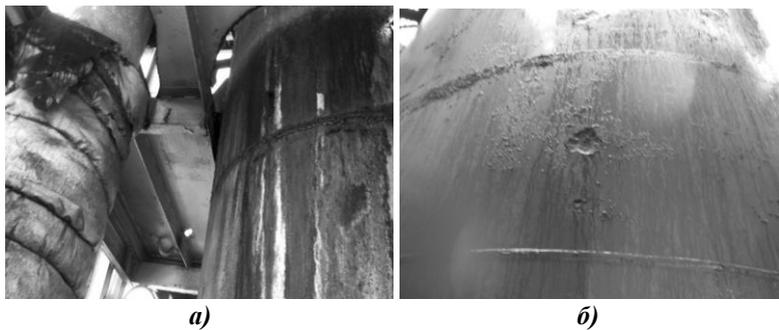
***Рисунок 1. Классификация дефектов сосудов и аппаратов по способу происхождения***



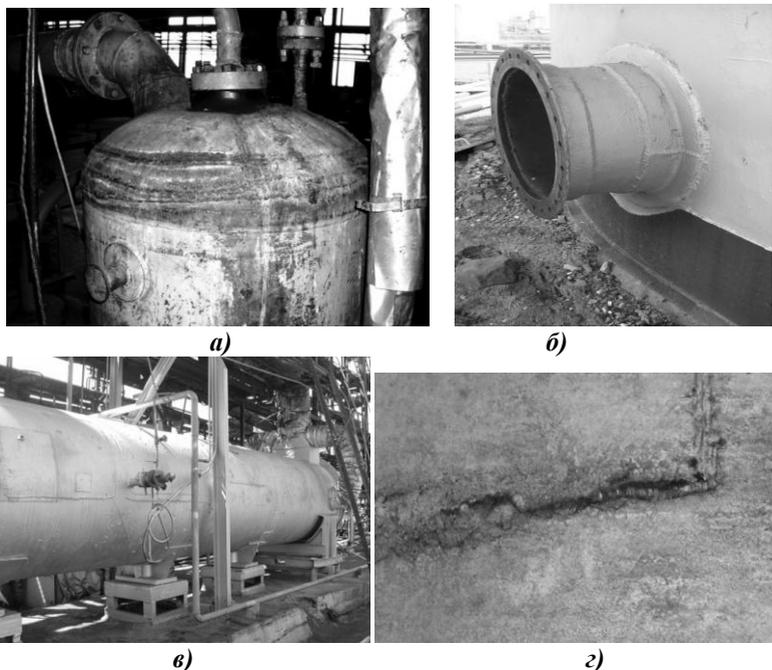
***Рисунок 2. Вмятина на поверхности теплообменника***



**Рисунок 3. Пример конструктивного дефекта — неправильная приварка опоры**



**Рисунок 4. Коррозионные дефекты: а — наружная коррозия реактора от протечек рабочей среды и атмосферной влаги; б — язвы на поверхности воздухоохладителя**



**Рисунок 5. Сварные дефекты: а — ремонтные швы на верхнем днище сосуда; б — неправильное расположение сварных швов на патрубке штуцера и укрепляющем кольце; в — следы ремонтных вставок на корпусе горизонтального реактора; г — вид сварного шва одного из латок реактора**

**Вывод.** Классификация дефектов по способу происхождения позволяет группировать типовые дефекты для последующего анализа риска эксплуатации сосудов и аппаратов.

### **Список литературы:**

1. Гевлич Д.С. Простая классификация дефектов трубопроводных систем на ОПО / Д.С. Гевлич, С.О. Гевлич // Технадзор. — 2012 — № 3. — С. 28—29.
2. Горицкий В.М. Диагностика металлов. М.: Metallurgizdat, 2004. — 408 с.
3. Эльманович В.И., Гевлич С.О. Механизмы повреждения технологического оборудования химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. М.: Metallurgizdat, 2010. — 112 с.

## **СЕКЦИЯ 5.**

### **ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ**

#### **КОНСТРУКЦИИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВИБРОЗАЩИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВЕСКИ СИЛОВЫХ АГРЕГАТОВ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

*Гончаров Олег Юрьевич*

*старший преподаватель кафедры Транспортных средств и процессов  
Северо-Кавказский Федеральный Университет  
(филиал в г. Пятигорске)*

*E-mail: [oleg\\_goncharov20@mail.ru](mailto:oleg_goncharov20@mail.ru)*

#### **STRUCTURE AND EFFICIENCY VIBROPROTECTION THE POWER TRAIN CARS**

*Oleg Goncharov*

*senior Lecturer Department of Vehicles and processes North Caucasian  
Federal University( branch in Pyatigorsk)*

#### **АННОТАЦИЯ**

Целью работы являлось проведение сравнительного анализа виброакустических характеристик конструкций подвесок силовых агрегатов серийных легковых автомобилей различных марок и выявление наиболее эффективной и технологичной системы. Сделан вывод о явном преимуществе маятниковой подвески силового агрегата, расположении двигателя на подрамнике и применения гидроопор двигателя.

#### **ABSTRACT**

The article aims at a comparative analysis of vibro-acoustic characteristics of structures engine suspension production of cars of different brands and identify the most effective and manufacturable system.

It is concluded that the suspended clear advantage of the power unit, the location of the engine subframe and use of hydraulic supports.

**Ключевые слова:** виброзащита; акустика; шум; автомобиль; силовой агрегат; двигатель; трансмиссия.

**Keywords:** vibroprotection; acoustics; noise; vehicle; powertrain; engine; transmission.

Автором были проведены несколько экспериментальных исследований, а также взята информация из независимых организаций и автомобильных журналов. Был проведен анализ схем подвески силовых агрегатов 20 переднеприводных моделей легковых автомобилей 10 зарубежных и отечественных фирм, и установлено, что в настоящее время в мире используются, по сути, лишь две принципиально разные схемы конструкции подвески — «маятниковая» и «треугольная». Рассмотрим их.

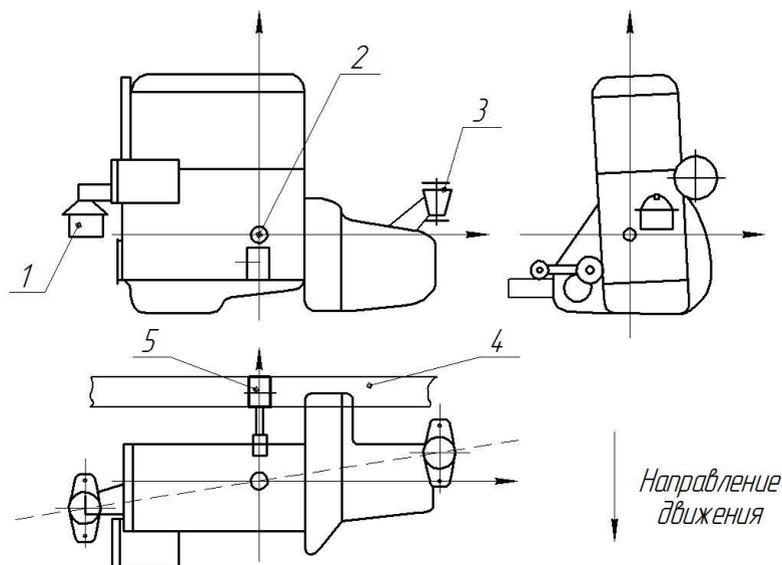
Для первой («маятниковой») характерно, что правая и левая опоры подвески силового агрегата устанавливаются над лонжеронами кузова автомобиля — так, что бы центр его масс находился на линии, соединяющей эти опоры. В итоге массу силового агрегата (статическую нагрузку) воспринимают только они. Дополнительные же опоры (задняя, а на некоторых моделях автомобилей и передняя) рассчитаны исключительно в восприятие реактивного крутящего момента, передающегося от ведущих колес автомобиля.

С точки зрения реализации данного принципа в отношении дополнительных опор «маятниковые» подвески имеют три варианта [4, 5].

Первый — трехточечный — самый распространенный, при котором задняя опора представляет собой (рис. 1) продольную штангу, воспринимающую реактивный крутящий момент, второй (рис. 2) — четырехточечный, здесь, кроме задней, есть дополнительная передняя опора, крепящаяся к кузову через несущую поперечную балку (или подрамник). Третий — также четырехточечный, отличается от предыдущего тем, что передняя и задняя опоры крепятся к кузову через одну продольную подmotorную балку.

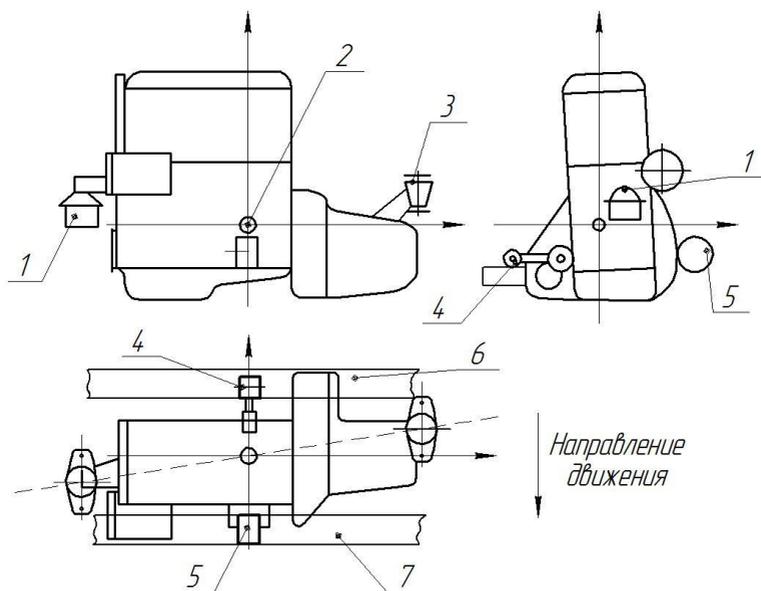
Вторая схема подвески — так называемая «треугольная». В ней предусмотрено применение трех опор подвески силового агрегата, которые в нижней его части в плане образуют треугольник — так, что центр масс силового агрегата располагается именно в нем. Благодаря чему масса силового агрегата относительно равномерно распределена по всем трем опорам. Причем эти же опоры воспринимают реактивный крутящий момент от ведущих колес

автомобиля. В наиболее типичной схеме (рис. 3) правая и левая опоры установлены в передней части моторного отсека под лонжеронами кузова, а задняя — вблизи продольной оси автомобиля.



**Рисунок 1. Трехточечная «маятниковая» схема подвески силового агрегата: 1 — правая опора; 2 — центр масс силового агрегата; 3 — левая опора; 4 — задняя поперечная подмоторная балка; 5 — задняя опора**

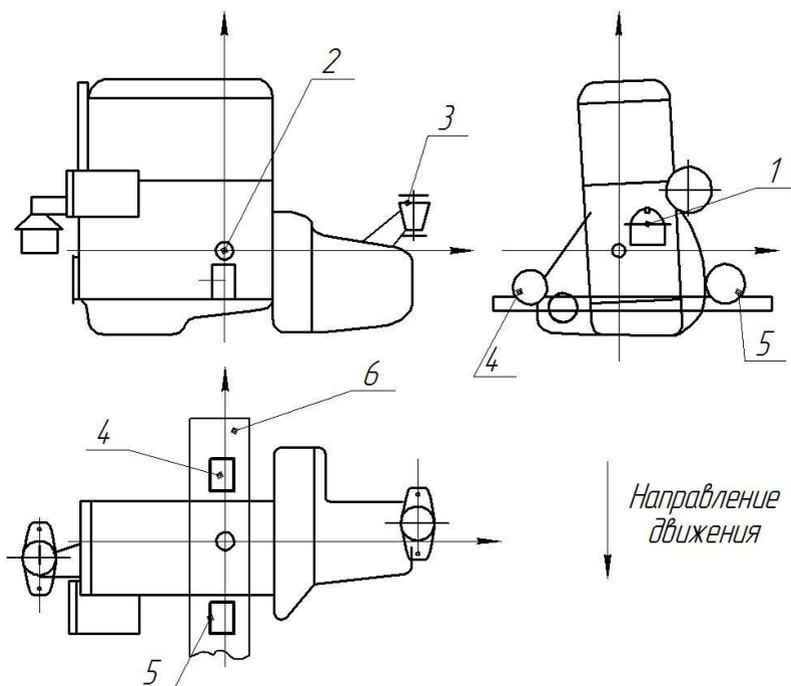
Кроме типичной схемы, есть и другие разновидности «треугольной» подвески силового агрегата. Одна из них применена, в частности, на автомобилях «SEAT» (рис. 4): передняя опора установлена вблизи продольной оси автомобиля на поперечной подмоторной балке, виброизолированной от кузова, а две задних — на второй поперечине подмоторной балки, жестко скрепленной с лонжеронами кузова. Второй пример — автомобиль «Opel Vectra C» выпуска с 2003 г., у которого все три опоры размещены на несущем развитом подрамнике, виброизолированном от кузова. Причем в верхней части с правой стороны силового агрегата предусмотрена дополнительная штанга, которая крепится к кузову в зоне стойки передней подвески автомобиля и воспринимает реактивный крутящий момент, что приближает «треугольную» подвеску данного автомобиля к «маятниковой».



**Рисунок 2. Четырехточечная «маятниковая» схема (вариант 1) подвески силового агрегата: правая опора; 2 — центр масс силового агрегата; 3 — левая опора; 4 — задняя опора; 5 — передняя опора; 6 — задняя поперечная подmotorная балка; 7 — передняя поперечная подmotorная балка**

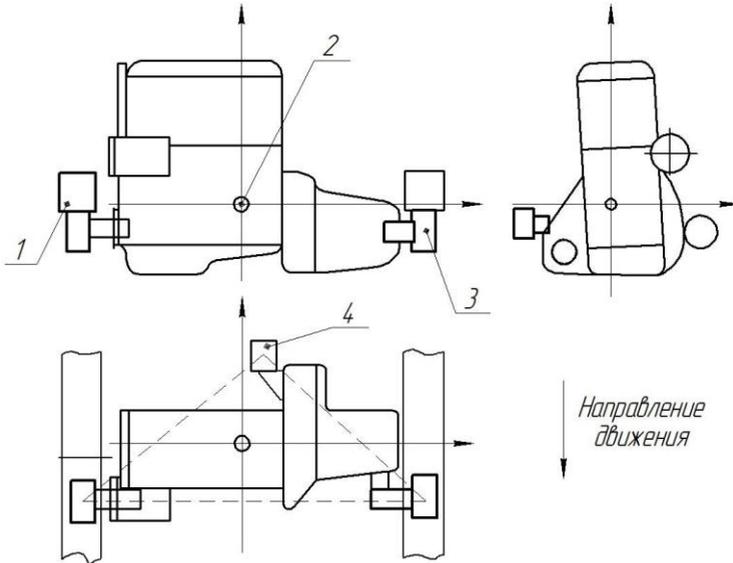
«Треугольную» схему подвески зарубежные фирмы применяют гораздо реже (в среднем в 23 % общего числа исследованных моделей автомобилей). Причем с каждым годом — все реже. Например, если взять такую востребованную рынком модель, как «Opel Corsa», то до 2000 г. («Opel Corsa A, B» на ней использовали именно «треугольную» схему, а затем перешли только на «маятниковую». И сейчас лишь три автопроизводителя из рассмотренных 10 продолжают держаться за «треугольную» подвеску силового агрегата.

Такая тенденция объясняется, главным образом, конструктивными трудностями обеспечения высокого виброакустического комфорта автомобиля с двигателем, имеющим «треугольную» схему подвески [2].



**Рисунок 3. Четырехточечная «маятниковая» схема (вариант 2) подвески силового агрегата: 1 — правая опора; 2 — центр масс силового агрегата; 3 — левая опора; 4 — задняя опора; 5 — передняя опора; 6 — продольная подмоторная балка**

«Маятниковая» подвеска в определенном смысле универсальна. Она хорошо отвечает своему назначению — качественной виброизоляции на режимах холостого хода ДВС и эффективно гасит динамические нагрузки от реактивного крутящего момента, то есть с ее помощью проще достичь высокий виброакустический комфорт автомобиля. Хотя с точки зрения технологичности она уступает подвеске «треугольной», поскольку на устоявшихся технологических операциях конвейерной сборки автомобилей и при некоторых видах ремонта неизбежен частичный демонтаж силового агрегата сверху, тогда как при «треугольной» он возможен и снизу. Кроме того, «треугольная» подвеска, как правило, имеет большую базу восприятия крутящего (реактивного) момента, что делает ее менее нагруженной в силовом отношении [3].



**Рисунок 4. Треугольная схема (вариант 3) подвески силового агрегата: 1 — правая опора; 2 — центр масс силового агрегата; 3 — левая опора; 4 — задняя опора; 5 — лонжероны кузова**

Сводные результаты выполненного анализа приведены в таблице 1. Шум и виброускорение измерялось шумомером Ассистент SI VI, который позволяет измерять шум, инфразвук и уровень вибрации.

**Таблица 1.**

**Сводные результаты выполненного анализа при движении автомобилей**

Тип подвески	«Треугольная»	«Маятниковая»
Виброускорения рулевого колеса, $\text{м/с}^2$	0,45	0,122 (в 3,7 раза меньше)
Виброускорение панели пола под ногами водителя, при движении $\text{м/с}^2$	0,34	0,126 (в 2,7 раза меньше)
Виброускорение панели пола под ногами заднего пассажира, $\text{м/с}^2$	0,27	0,11 (в 2,6 раза меньше)
Внутренний шум, по ГОСТ Р 51616—2000, в режиме разгона, дБА	69-78	67-77 (в среднем ниже на 1,3 дБА)
Внутренний шум, при движении автомобиля на пятой передаче со скоростью 100 км/ч, дБА	64-72	62-70 (в среднем ниже на 2 дБА)

Проблему внутреннего шума легковых автомобилей зарубежные фирмы решают также и другими техническими направлениями. В частности, для эффективного демпфирования низкочастотных резонансных колебаний силового агрегата, возникающих при проезде АТС по неровной дороге, они применяют комбинированные виброизолирующие опоры, в состав которых входят механизмы гидравлического демпфирования. Прослеживается четкая тенденция: чем выше класс автомобиля, тем такое решение используется чаще.

Так, если в классе В гидроопора входит в состав подвески в 33 % случаев, то в классах С и D — соответственно у 64 и 83 %. Иначе говоря, чем массивнее и престижнее автомобиль, тем чаще фирмы прибегают к опорам с системами гидродемпфирования (гидроопоры и гидровтулки) в подвеске ДВС. Такие системы позволяют получать жесткостные и демпфирующие характеристики с заданными для различных режимов эксплуатации свойствами. В диапазоне частот 10—20 Гц такие системы резко увеличивают динамическую жесткость и демпфирование виброгашения при высоких (1 мм и более) амплитудах перемещений силового агрегата, а также снижают динамическую жесткость в высокочастотной (150—200 Гц) области на малых (~0,1 мм) амплитудах виброперемещений [7]. Иначе говоря, делают то, что крайне необходимо при эксплуатации автомобилей в довольно сложных дорожных условиях России и других стран СНГ. Не все гидроопоры достаточно эффективны с точки зрения ослабления низкочастотного (в диапазоне 150—200 Гц) шума (гула) в салоне легкового автомобиля. Ограниченное применение данных механизмов заключается в относительной их технологической сложности и цене реализации высокоэффективных конструкций гидроопор. Что же касается технических возможностей последних, то они, по существу, безграничны [9].

Как известно, вибрирующий силовой агрегат легкового автомобиля интенсивно генерирует вибрационную энергию и через свои опоры связи передает ее в кузов непосредственно или через промежуточный элемент — подрамник. Причем второй вариант автопроизводители явно предпочитают: 92 % проанализированных европейских и японских моделей имеют в своей конструкции именно несущий подрамник силового агрегата, выполненный либо в виде жесткой замкнутой пространственной балочной структуры, либо одной (редко — двух) жесткой массивной подмоторной балки.

Монтируют подрамник по одной из трех схем: крепя к кузову жестко, через виброизолирующие элемент или применяют комбинированное (смешанное) крепление. Причем на 59 % исследованных

моделей автомобилей использован именно первый вариант. Если сравнить виброкомфорт автомобилей с подрамником и без него, сразу же становится очевидным: у первых виброускорения на рулевом колесе оказываются ниже в среднем 2—5 раз, на панели двери водителя — отличаются незначительно, на панели пола под ногами водителя — в 3—7 раз, а на панели пола под задним пассажиром — в 2—9 раз меньше [8].

Эффективность подрамника зависит от схемы его крепления к кузову [3]. Так, установлено, что самым лучшими показателями виброкомфорта обладают автомобили, двигатели которых имеют виброизолированные схемы крепления. Например, по сравнению с автомобилями с жестким и комбинированным креплениями подрамника к кузову у автомобиля с полностью виброизолированным креплением подрамника виброускорения на панелях пола под ногами водителя в среднем в 1,8—2,1 раза ниже, а под ногами заднего пассажира — в 2,6—4,4 раза.

В целом у автомобилей, оборудованных двигателями с подрамником (независимо от схемы его крепления к кузову), общие уровни внутреннего шума на режиме интенсивного разгона по ГОСТ Р 51616-2000 меньше на 1,1—2,5 дБА, а при движении на пятой передаче со скоростью 100 км/ч — на 2,8—2,9 дБА. Это в среднем, а если взять конкретные модели АТС, то цифры получаются еще контрастнее. Акустические испытания автомобиля «Opel Corsa» выпуска 1998 г., который не имел подрамника и той же модели автомобиля выпуска 2002 г., оборудованного подрамником, показали: внутренний шум в салоне во втором случае на режиме интенсивного разгона оказался на 4 дБА, а при движении на пятой передаче со скоростью 100 км/ч — на 3,4 дБА меньше.

Анализ выявил также, что зарубежные фирмы реализуют и другие пути гашения виброускорений в подвеске силового агрегата. В частности, применяют динамические виброгасители, выполненные в виде колеблющейся металлической массы, которая присоединена к кронштейну опоры через упругодемпфирующий резиновый элемент. Эти устройства снижают передачу высокочастотной вибрации двигателя на кузов путем подавления конкретных вибрационных резонансов [6, 8]. Важным фактором является конструктивная изгибная жесткость кронштейнов подвески силового агрегата [1].

Таким образом, анализ качественных и количественных акустических эффектов, зарегистрированных в исследованных моделях отечественных и зарубежных автомобилей, доказывает: «маятниковая» схема подвески, подрамник, гидроопоры, динамические виброгаси-

тели — те важные конструктивные элементы, которые в основном формируют его хорошую виброакустику.

### **Список литературы:**

1. Грушников В.А. Современные способы повышения вибрационной безопасности и акустического комфорта легкового автомобиля // Автомобильная промышленность. — 2011. — № 5. — С. 37—40
2. Карпов М.А. Оценка влияния переменности инерционных характеристик силового агрегата на параметры колебательной системы двигатель – подвеска. Автореферат дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук, Москва, 2008. — 22 с.
3. Прасолов А.В. Снижение вибронегруженности полноприводного легкового автомобиля на стадии его доводки. Автореферат дисс. На соискание ученой степени кандидата технических наук, Тольятти, 2009. — 24 с.
4. Тольский В.Е. и др. Колебания силового агрегата автомобиля. М.: «Машиностроение», 1976. — 266 с.
5. Тольский В.Е., Воеводенко С.М. Особенности характеристик виброакустики и вибронегруженности некоторых российских автомобилей и автобусов. //Журнал автомобильных инженеров — 2008. — № 2 (49), С. 41—43.
6. Experimental Study of Cabin and Engine Vibration Isolation Elements. Växjö, Spring 2011. Names: Isa Demir. Alireza Izadi. M. Yasar. Thesis no: SE XXX/2011. — 48 p.
7. Experimental study on the vibration isolation characteristics of hydraulic engine mounts. Q. Li, J.-C. Zhao. Experimental Techniques/ January/February 2010/ Volume 34, Issue 1, p. 34—39.
8. Neda Nickmehr. Ride Quality and Drivability of a Typical Passenger Car subject to Engine/Driveline and Road Non-uniformities Excitations, Linköping 2011. — 73 p.
9. Theoretical/Experimental Study on the Vibrations of a Car Engine. SAE World Congress & Exhibition 2008-01-1211, p. 27—31.

## СЕКЦИЯ 6.

### АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

#### УТОЧНЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТА РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ СБРОСОМ СТАТИЧЕСКИХ СИЛ

*Селиверстов Александр Иванович*

*соискатель, «МАТИ» — РГТУ имени К.Э. Циолковского, г. Москва  
E-mail: [tpla@mati.ru](mailto:tpla@mati.ru)*

*Шевченко Игорь Владимирович*

*д-р техн. наук, профессор, «МАТИ» — РГТУ имени К.Э. Циолковского,  
г. Москва.  
E-mail: [mmm@mati.ru](mailto:mmm@mati.ru)*

#### ALIGNMENT OF A DESIGN-BASIS DYNAMIC MODEL OF COMPONENT OF LAUNCH ROCKET ON COMPLETION OF TESTING BY JETTISON OF STATIC FORCES

*Alexander Seliverstov*

*PhD student, 'MATI' — Russian State Technological University, Moscow*

*Igor Shevchenko*

*Doctor of Engineering Science, professor, 'MATI' — Russian State  
Technological University, Moscow*

#### АННОТАЦИЯ

Проведено экспериментальное определение собственных частот, форм и декрементов колебаний бокового блока ракеты-носителя

«Ангара» по переходным процессам, полученным в результате сброса сосредоточенных статических нагрузок, приложенных в характерных точках. По результатам испытаний осуществлена верификация и синтез динамической модели, уточнена расчетная динамическая модель испытываемого бокового блока.

#### ABSTRACT

There was conducted an experimental determination of natural frequency, wave mode and decrements of launch rocket 'Angara' side block oscillations on transient processes derived on completion of jettison of concentrated static loads applied at distinguished point. On completion of testing there was carried out a verification and synthesis of a dynamic model and redetermined a design-basis dynamic model of a tested side block.

**Ключевые слова:** динамическая модель; расчёт нагрузок; динамические испытания; динамические характеристики боковых блоки; топливные баки; моделирование; колебания; верификация.

**Key words:** dynamic model; load analysis; dynamic test; dynamic behavior; side blocks; fuel tanks; modeling; oscillations; verification.

Качество работы системы управления, степень достоверности расчёта нагрузок, а также надёжность конструкции и оптимальность массовых характеристик ракеты-носителя (РН) в значительной мере определяются совершенством расчётной динамической модели изделия [1].

Структура РН «Ангара А5» такова, что основными базовыми элементами её конструкции, принципиально влияющими на её динамические свойства, являются боковые блоки. Поэтому исследованию динамических свойств боковых блоков уделяется значительное внимание.

Необходимо отметить, что исследование динамических характеристик столь массивных и крупногабаритных объектов представляет большие сложности. Они связаны с имитацией условий закрепления, моделирующих жесткостные характеристики узлов связей и реализацией возбуждения конструкции нужного типа и потребного уровня. Наиболее сложной и трудоёмкой является задача верификации параметров динамической модели в диапазоне, который является определяющим для нагрузок и для системы управления. Связано это, в первую очередь, с тем, что размерности матриц жесткостей и масс динамической модели существенно превышают количество измеряемых в эксперименте параметров. Кроме этого, при динамическом нагружении крупногабаритной сборки возбуждается широкий спектр

собственных тонов колебаний, включая высокочастотные колебания сухих частей оболочек при частичном заполнении баков жидкостью. С ростом частоты уровень возбуждаемых перегрузок, как правило, растёт, и это создает серьёзные помехи в выделении низкочастотной части спектра, по которой необходимо вести верификацию динамической модели для расчёта нагрузок и анализа работоспособности системы управления.

Несмотря на указанные выше сложности, были решены основные задачи по синтезу и верификации динамической модели бокового блока (сборка В4).

Частотные испытания сборки В4 были проведены методом сброса статических сил. Динамический отклик конструкции замерялся акселерометрами, сгруппированными по сечениям конструкции (рис. 1). На рис. 1 также указана принятая экспериментальная система координат.

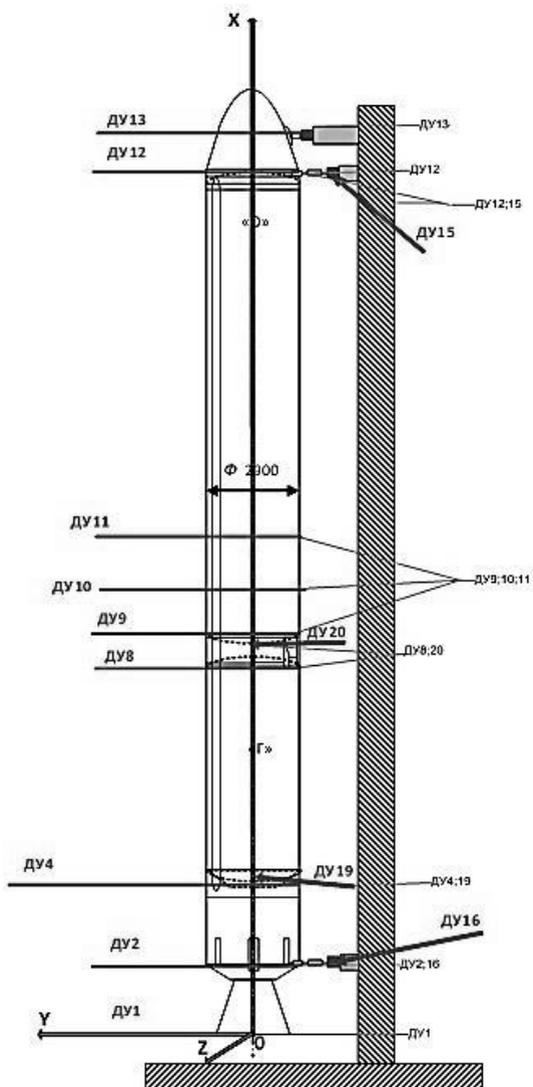
Динамический отклик, фиксируемый акселерометрами при сбросе статически приложенных сил, позволяет выявить информацию о динамических характеристиках конструкции.

Обозначим через  $M, L, H$  матрицу масс, упругий оператор и оператор вязкого демпфирования рассматриваемой конструкции.

Собственные частоты  $\omega_m$  и отвечающие им формы  $\bar{\Phi}_m(\bar{X}), m = 1, 2, \dots$ , колебаний являются нетривиальными решениями характеристического уравнения с соответствующими условиями закрепления.

$$L\bar{\Phi}_m(\bar{X}) = \omega_m^2 M\bar{\Phi}_m(\bar{X})$$

Действие оператора демпфирования вводится по гипотезе вязкого трения  $H\bar{\Phi}_m = \frac{\delta\omega_m}{\pi} \bar{\Phi}_m$ ,  $\delta\omega_m$  — логарифмический декремент колебаний конструкции на соответствующей частоте. Формы колебаний ортогональны с матрицей масс и нормированы по приведенной массе.



*Рисунок 1. Схема сечений для установки акселерометров*

При статическом нагружении конструкции сосредоточенной силой  $\vec{F}$ , приложенной к точке  $\vec{X}_0$ , перемещения точек  $\vec{U}(\vec{X})$

представляют собой решения уравнения с соответствующими граничными условиями.

$$L\vec{U} = \vec{F}\Delta(\vec{X} - \vec{X}_0)$$

Представим решение в форме разложения по тонам собственных колебаний конструкции

$$\vec{U} = \sum_{m=1}^{\infty} c_m \vec{\Phi}_m(\vec{X})$$

В этой ситуации

$$L\vec{U} = \sum_{m=1}^{\infty} c_m L\vec{\Phi}_m = \sum_{m=1}^{\infty} c_m \omega_m^2 M\vec{\Phi}_m = \vec{F}\Delta(\vec{X} - \vec{X}_0)$$

и, поэтому, в силу ортогональности форм по приведенной массе, имеем

$$c_m = \omega_m^{-2} \{ \vec{F}, \vec{\Phi}_m(\vec{X}_0) \}$$

фигурными скобками обозначено скалярное произведение.

При мгновенном снятии нагрузки уравнение, описывающее перемещения при свободных колебаниях с соответствующими условиями закрепления, имеет вид

$$M \frac{\partial^2 \vec{W}}{\partial t^2} + MH \frac{\partial \vec{W}}{\partial t} + L\vec{W} = \vec{0},$$

$$\vec{W}(\vec{X}, 0) = \vec{U}(\vec{X}), \quad \dot{\vec{W}}(\vec{X}, 0) = \vec{0},$$

Акселерометры, измеряющие перегрузки в точках  $\vec{X}_k$  по направлениям  $\vec{e}_k$ , фиксируют временные зависимости

$$\{ \ddot{\vec{W}}(\vec{X}_k, t), \vec{e}_k \} = \sum_{m=1}^{\infty} \ddot{S}_m(t) \{ \vec{\Phi}_m(\vec{X}_k), \vec{e}_k \},$$

где обобщенные координаты  $S_m(t)$  удовлетворяют дифференциальному уравнению

$$\begin{aligned} \ddot{S}_m + \frac{\delta_m \omega_m}{\pi} \dot{S}_m + \omega_m^2 S_m &= 0, \\ S_m(0) = 0, S_m(0) &= \{M\bar{U}, \bar{\Phi}_m\} = c_m, \end{aligned}$$

и, следовательно,

$$\begin{aligned} S_m(t) &= c_m \exp\left(-\frac{\delta_m \omega_m}{2\pi} t\right) \left( \cos \omega_m^* t + \frac{\delta_m \omega_m}{2\pi \omega_m^*} \sin \omega_m^* t \right) \\ \omega_m^* &= \omega_m \sqrt{1 - \frac{\delta_m^2}{4\pi^2}} \end{aligned}$$

При малых декрементах  $\omega_m^* \approx \omega_m$  и, таким образом, спектральный анализ фиксируемых временных зависимостей позволяет выделить собственные частоты конструкции, а на основании непосредственного сравнения расчетных и экспериментальных временных зависимостей перегрузок можно выполнить верификацию параметров используемых расчетных моделей.

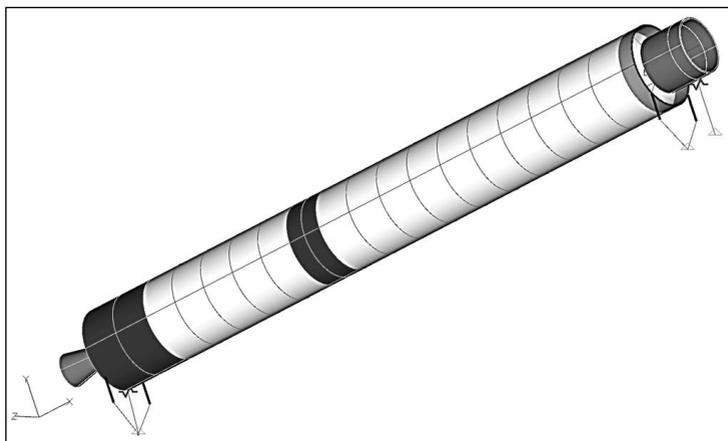
Были проведены испытания сборки со сбросом статических сил по направлениям  $X, Y, Z$ : для пустой конструкции; с половинной заправкой и с полной заправкой баков горючего «Г» и окислителя «О». Статические силы прикладывались за нижний шпангоут бака «О» при сбросах в поперечных направлениях и к узлу подвески двигателя. Было выполнено троекратное повторение каждого испытания. В ходе испытаний обнаружен значительный динамический эффект от акустического воздействия на конструкцию.

В результате сброса сил измерительная система фиксировала временные зависимости по 73 параметрам; таким образом, в общей сложности обработке должны быть подвергнуты 1971 временных зависимостей. Исследование динамического эффекта от акустического воздействия потребовало проведения еще нескольких испытаний (без приложения силовых нагрузок на конструкцию) для каждой из заправок. Для обработки и анализа полученной экспериментальной информации было использовано специальное программное обеспечение. В результате была получена база данных о динамическом

отклике, амплитудных и спектральных характеристиках перегрузок, реализовавшихся в результате сброса сил.

Для разработки расчетной модели сборки В4 применялся метод конечных элементов. Конструкция моделировалась балкой Тимошенко с кусочно-постоянными по длине механическими характеристиками. Балка имела дискретные включения типа сосредоточенных масс и осцилляторов и присоединена к силовой стене несколькими поясами упругих связей. Такой выбор типа модели обоснован сравнительным анализом балочных и оболочечных моделей фрагментов блока. При составлении модели использовались программные комплексы FEMAP и NASTRAN. Общий вид конечно-элементной модели показан на рис. 2. Были созданы несколько моделей, соответствующих пустой сборке и различным вариантам заправки баков водой. Для контроля корректности моделей проводился расчет частот и энергий деформации свободных моделей сборки В4. Величины первых 6 частот, соответствующих тону твердого тела не превышают 0,0001 Гц, что свидетельствует о корректности моделей.

Уточнение расчетной модели бокового блока проводилось для конструкции с пустыми баками и для двух вариантов заправки водой — минимального и максимального. Частоты сборки оценивались с помощью



**Рисунок 2. Расчетная модель бокового блока**

построенных спектров Фурье для переходных затухающих процессов — зависимостей ускорений датчиков. Эти переходные процессы возбуждались с помощью сброса статических усилий, прило-

женных в критическом сечении сопла (в вертикальном направлении) и в нижнем сечении бака «О» (в поперечных направлениях).

Уточнение динамической модели бокового блока осуществлялось путем сопоставления временных зависимостей ускорений, полученных расчетом, с аналогичными процессами, записанными датчиками.

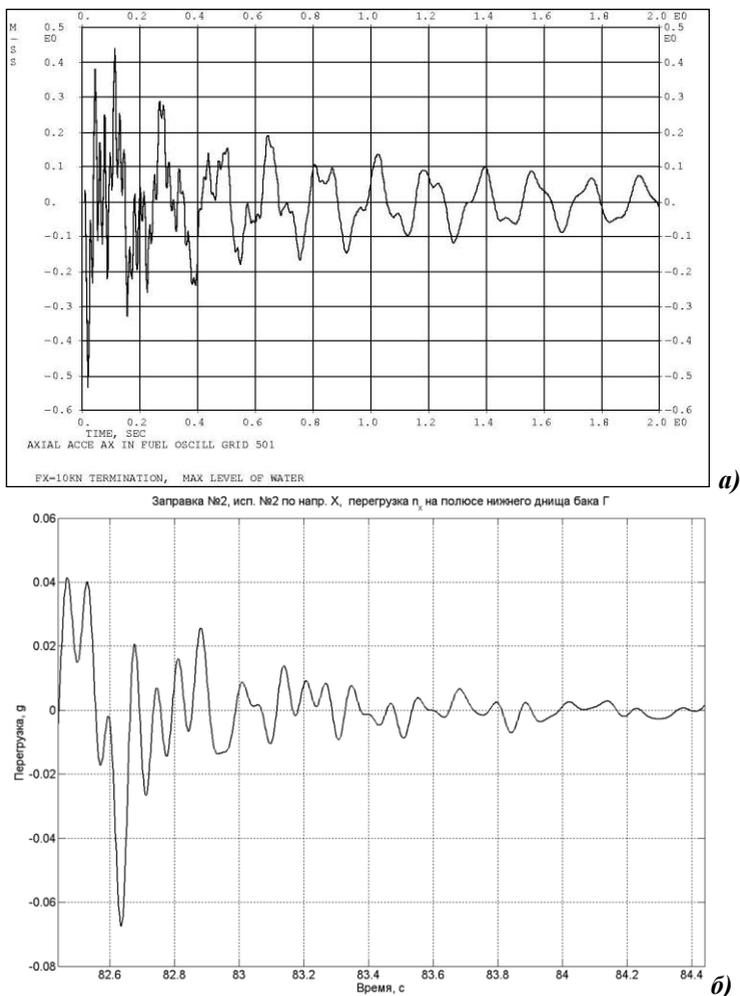
На рис. 3, в качестве примера, представлены временные расчетные и экспериментальные зависимости ускорений узла конструкции (в месте расположения датчика), реализовавшиеся в результате сброса статических сил по направлению X.

Сравнение процессов покало адекватность расчетной модели, что позволило идентифицировать первые тона сборки В4. Величины этих частот составили: 2,2—2,4 Гц в поперечном направлении, 5,5 Гц в продольном.

Помимо частотного состава была проведена оценка диссипативных характеристик конструкции. С помощью варьирования жесткостных характеристик отсеков и элементов подвески блока было достигнуто адекватное совпадение расчетных и отфильтрованных зависимостей ускорений для датчиков, размещенных на основных силовых элементах — шпангоутах, проставке двигательной установки, турбонасосного агрегата, толкателях.

С использованием собственных частот колебаний сборки В4, полученных на основе спектрального анализа результатов испытаний, были скорректированы параметры динамической модели. Осуществлено увеличение жесткостных характеристик хвостового отсека и узлов связи бокового блока с центральным (увеличены жесткости толкателей и сосредоточенных узлов вертикальной и тангенциальной связей). Также были уточнены частотные характеристики двигательной установки.

С использованием доработанной модели проведены расчёты собственных частот колебаний. Получено удовлетворительное согласование между расчётными и замеренными полями упругих перемещений при действии различных нагружающих факторов.



**Рисунок 3.** Сравнение динамических процессов, зафиксированных при сбросе сил по направлению X; а — результаты измерения, б — расчет

### Список литературы:

1. Бахвалов Ю.О., Клейменов Г.Б., Шевченко И.В. Метод идентификации диссипативных и жесткостных характеристик конструкций ракетно-космической техники при вибрационных испытаниях. // Авиационная промышленность, 2009. — № 3. — с. 15—18.

## СЕКЦИЯ 7.

### СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

#### НЕТРАДИЦИОННОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ АВТОКЛАВНЫХ СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Володченко Анатолий Николаевич*

*канд. техн. наук, профессор Белгородского государственного  
технологического университета им В.Г. Шухова, г. Белгород*

*E-mail: [volodchenko@intbel.ru](mailto:volodchenko@intbel.ru)*

#### UNCONVENTIONAL RAW MATERIALS FOR AUTOCLAVE SILICATE MATERIALS

*Volodchenko Anatoly*

*Candidate of Technical Sciences, professor of Belgorod State  
Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod*

#### АННОТАЦИЯ

Показана возможность использования отходов горнодобывающей промышленности для производства автоклавных силикатных материалов.

#### ABSTRACT

The author shows the possibility of using mining industry waste for the production of autoclave silicate materials.

**Ключевые слова:** глинистые породы; известь; автоклавная обработка; силикатные материалы.

**Keywords:** rocks; lime; autoclave processing; silicate materials.

При добыче полезных ископаемых открытым способом в отвалы попадают большие объемы вскрышных пород, которые зачастую представляют не меньшую ценность, чем добываемые ископаемые. Наиболее рациональной областью их применения является произ-

водство строительных материалов. Большая часть вскрышных пород приходится на глинистые породы.

Глины образуются при выветривании алюмосиликатных пород. На заключительной стадии этого процесса образуются преимущественно глины каолинового и монтмориллонитового состава. Промышленность использует лишь небольшую часть глинистых пород, которые в соответствии с нормативно-техническими документами пригодны, например, для производства керамических изделий и цемента. Установлено, что глины можно применять и для получения металлокомпозитов [6—23].

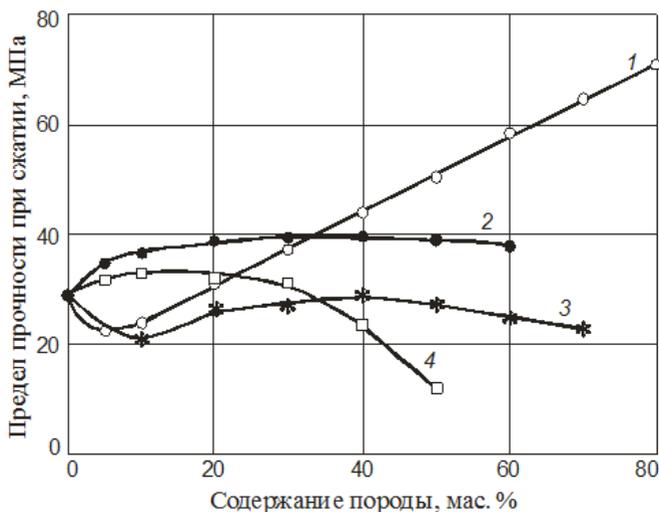
Значительную долю в составе вскрышных пород составляют нетрадиционные для стройиндустрии песчано-глинистые породы, которые отличаются незавершенностью процессов глинообразования. Минералогический состав этих пород представлен термодинамически неустойчивыми соединениями: смешаннослойными образованиями, несовершенной гидрослюдой,  $\text{Ca}^{2+}$  монтмориллонитом, неупорядоченным каолином, тонкодисперсным неокатанным кварцем и др. Эти породы не пригодны для производства керамического кирпича и цемента, но в силу своего вещественного состава их можно использовать для производства автоклавных стеновых силикатных материалов [1—5]. Наличие минералов с низкой степенью структурной упорядоченности кристаллической решетки, непрерывная гранулометрия пород определяют возможность улучшения свойств автоклавных силикатных материалов.

Целью настоящего исследования является изучение возможности использования песчано-глинистых пород в производстве автоклавных силикатных материалов.

Песчано-глинистые породы широко распространены на территории Восточно-Европейской платформы. В экспериментах использовали вскрышные песчано-глинистые породы Курской магнитной аномалии (супесь КМА), Архангельской алмазонасной провинции (песок и супесь ААП) и глина из отсева песка месторождения Новгородской области.

Исследуемые песчано-глинистые породы добавляли в сырьевую смесь в виде вяжущего, которое получали совместным помолом извести и породы. Содержание породы в известково-глино-песчаной смеси составляло 5—80 мас. %. Полученную сырьевую смесь гасили в герметичной чашке. Образцы формовали из сырьевой смеси влажностью 10 % при давлении прессования 20 МПа. Автоклавирование проводили по режиму 1,5+6+1,5 ч при давлении пара 1,0 МПа.

Влияние содержания изучаемых пород на предел прочности при сжатии силикатных материалов представлено на рис. 1.



**Рисунок 1. Предел прочности при сжатии силикатных материалов в зависимости от содержания породы:**  
1 — супесь ААП; 2 — супесь КМА; 3 — отсев песка; 4 — песок ААП

Для образцов, подвергнутых автоклавной обработке, при содержании супеси ААП до 5 мас. % прочность снижается. С дальнейшим увеличением содержания супеси ААП прочность образцов повышается в 3,1 раза и уже при 80 мас. % достигает 72,6 МПа.

С увеличением содержания супеси КМА прочность образцов возрастает с 29,1 до 39,2 МПа (в 1,35 раза).

Прочность образцов с содержанием глины из отсева песка до 10 мас. % снижается. Дальнейшее увеличение содержания породы до 40 мас. % приводит к повышению прочности образцов с 20,8 до 27,6 МПа и далее снижается.

Для образцов с содержанием песка ААП до 10 мас. % прочность возрастает с 29,1 до 33,3 МПа. Увеличение содержания породы до 30 мас. % прочность практически не изменяет. При дальнейшем увеличении содержания породы прочность существенно уменьшается.

Средняя плотность полученных силикатных материалов в зависимости от состава сырья находится в пределах 1800—2060 кг/м<sup>3</sup>. Водопоглощение составляет 12,60—15,49 %. Значения коэффициента

размягчения (0,7—0,96) свидетельствуют о высокой водостойкости изделий.

Образцы на основе песка ААП приобретают красную окраску, на супеси ААП — светло-желтую, на супеси КМА и отсева песка — светло-коричневую. Насыщенность цвета усиливается с увеличением содержания породы до 30—40 % и далее не изменяется.

Морозостойкость образцов с содержанием изучаемых пород в пределах 30—50 мас. %, и в зависимости от активности сырьевой смеси и времени автоклавной обработки составляет 35—50 циклов.

За счет высокой дисперсности песчано-глинистых пород прочность сырца возрастает в 3—4 раза. Это позволит снизить брак в процессе формования и облегчит производство высокопустотных стеновых материалов.

Изучаемые песчано-глинистые породы представляют собой материалы, в которых метастабильные минералы и, в первую очередь глинистые минералы, являются весьма активной составляющей, оказывающей существенное влияние на процессы структурообразования.

В условиях гидротермальной обработки при повышенном давлении при взаимодействии  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  с глинистыми минералами ослабевают связи в кристаллической решетке глинистых минералов. Глинозем и кремнезем при этом приобретают способность вступать в реакцию с гидроксидом кальция. Продуктами взаимодействия являются гидросиликаты кальция переменной основности, которая зависит от содержания извести в растворе и гидрогранаты.

При взаимодействии  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  с глинистыми минералами в автоклавных условиях в кристаллической решетке происходит ослабление связи между кремнекислородными тетраэдрами и атомами алюминия. При этом глинозем и кремнезем приобретают способность вступать в реакцию с гидроксидом кальция. Продуктами реакций являются гидросиликаты кальция переменной основности, зависящей от содержания извести в растворе и гидрогранаты.

Цементирующее соединение известково-песчаных (контрольных) образцов представлено гидросиликатами кальция группы  $\text{CSH}(\text{B})$  (экзотермический эффект при  $835^\circ\text{C}$  на термограмме). Новообразования в образцах с добавками глинистых пород также состоят из низкоосновных гидросиликатов кальция. Вместе с тем фиксируется образование гидрогранатов (эндотермический эффект при  $360^\circ\text{C}$  на термограмме и рефлексы 5,00; 2,74; 2,50 Å на рентгенограмме). В данном случае новообразования возникают в результате взаимодействия  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  с глинистыми минералами и тонкодисперсным кварцем.

В образцах, содержащих 5—10 мас. % супеси ААП и глины из отсева песка, термографическим и рентгенографическим анализами установлено наличие свободного гидроксида кальция. Снижение прочности этих образцов связано, вероятно, с недостатком глинистых минералов для образования цементирующих соединений. Как было установлено ранее проведенными исследованиями [1—3], гидроксид кальция в известково-глинопесчаной смеси взаимодействует преимущественно с глинистыми минералами и частично тонкодисперсным кварцем. С увеличением содержания глинистых минералов количество новообразований увеличивается и прочность повышается. Следовательно, содержание глинистой породы в сырьевой смеси должно составлять не менее 20 мас. %.

Прочность силикатных материалов возрастает за счет образования более прочной микроструктуры цементирующих соединений, что связано с увеличением плотности упаковки материала, а также синтеза крупнокристаллических фаз, являющиеся компонентом, армирующей субмикроструктурную гелевидную фазу, состоящую из низкоосновных гидросиликатов кальция. Это, в свою очередь, оказывает положительное влияние на физико-механические и эксплуатационные характеристики автоклавных силикатных материалов.

Таким образом, отложения незавершенной стадии глинообразования пригодны для использования в качестве сырья для получения эффективных автоклавных стеновых силикатных материалов, превосходящие по своим физико-механическим показателям известково-песчаные изделия. За счет использования подобных пород, которые содержат метастабильные минералы несовершенной структуры и тонкодисперсный кварц, ускоряется разрушение кремнеземистых компонентов сырьевой смеси и, как следствие, ускоряется синтез новообразований. Замена традиционного сырья вскрышными песчано-глинистыми породами позволит не только снизить содержание отходов в отвалах, но и существенно расширить сырьевую базу производства автоклавных силикатных материалов.

### **Список литературы:**

1. Алфимов С.И., Жуков Р.В., Володченко А.Н., Юрчук Д.В. Техногенное сырье для силикатных материалов гидратационного твердения // Современные наукоемкие технологии. — 2006. — № 2. — С. 59—60.
2. Володченко А.Н., Жуков Р.В., Фоменко Ю.В., Алфимов С.И. Силикатный бетон на нетрадиционном сырье // Бетон и железобетон. — 2006. — № 6. — С. 16—18.

3. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Володченко А.А. Регулирование свойств ячеистых силикатных бетонов на основе песчано-глинистых пород // Известия вузов. Строительство. — 2007. — № 10. — С. 4—10.
4. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Реологические свойства газобетонной смеси на основе нетрадиционного сырья // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. — 2012. — № 3. — С. 45—48.
5. Володченко А.Н. Влияние песчано-глинистых пород на оптимизацию микроструктуры автоклавных силикатных материалов // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Т. 47. — № 4. — С. 32—36.
6. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А., Юрьев А.М. Особенности создания композитов строительного назначения на основе металлической матрицы и неметаллического наполнителя // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. — 2003. — № 5. — С. 61—63.
7. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А., Юрьев А.М. Строительные материалы на основе металлической матрицы и неметаллического наполнителя // Успехи современного естествознания. — 2003. — № 12. — С. 79—82.
8. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А., Юрьев А.М. Перспективность использования металло-композитов на предприятиях энергетического профиля // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. — 2004. — № 8. — С. 26—28.
9. Ключникова Н.В., Юрьев А.М., Лымарь Е.А. Перспективные композиционные материалы на основе металлической матрицы и неметаллического наполнителя // Успехи современного естествознания. — 2004. — № 2. — С. 69—69.
10. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А., Приходько А.Ю. Керамические композиционные материалы строительного назначения с использованием металлического наполнителя // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 2005. — № 7. — С. 62—65.
11. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А. Конструкционная металлокерамика — один из перспективных материалов современной техники // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. — 2005. — № 9. — С. 111—114.
12. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А. Влияние металлического наполнителя на стадии структурообразования композиционных материалов на основе керамической матрицы // Стекло и керамика. — 2005. — № 10. — С. 19—22.
13. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А., Юрьев А.М., Проблемы совместимости керамической матрицы и металлического наполнителя при изготовлении композитов строительного назначения // Строительные материалы. — 2005. — № 11. — С. 54—56.

14. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А. Получение металлокомпозиционных материалов // *Стекло и керамика*. — 2006. — № 2. — С. 33—34.
15. Ключникова Н.В. Взаимодействие между компонентами при изготовлении металлокомпозитов // *Фундаментальные исследования*. — 2007. — № 12—1. — С. 95—97.
16. Ключникова Н.В. Керамометаллические композиционные материалы с высоким содержанием алюминия // *Современные проблемы науки и образования*. — 2011. — № 6. — С. 107—107.
17. Ключникова Н.В. Изучение взаимодействия между компонентами при создании керамометаллических композиционных материалов // *Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции*. — 2011. — Т. 10. — № 4. — С. 5—8.
18. Ключникова Н.В. Термомеханическое совмещение компонентов при создании керамометаллических композитов // *Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции*. — 2012. — Т. 6. — № 2. — С. 65—69.
19. Ключникова Н.В. Принципы создания керамометаллического композита на основе глин и металлического алюминия // *Естественные и технические науки*. — 2012. — № 2 (58). — С. 450—452.
20. Ключникова Н.В. Влияние пористости на свойства керамометаллических композитов // *Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции*. — 2012. — Т. 6. — № 3. — С. 41—45.
21. Klyuchnikova N.V., Lumar' E.A. The effect of metal filler on structure formation of composite materials // *Glass and Ceramics*. — 2005. — Т. 62. — № 9—10. — С. 319—320.
22. Klyuchnikova N.V., Lumar' E.A. Production of metal composite materials // *Glass and Ceramics*. — 2006. — Т. 63. — № 1—2. — С. 68—69.
23. Klyuchnikova N.V. Interaction between components at metal composites production // *European Journal of Natural History*. — 2007. — № 6. — С. 110—111.

# ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРИ ОБЖИГЕ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ГЛИН И АЛЮМИНИЯ

*Лымарь Елена Анатольевна*

*научный сотрудник, канд. техн. наук,  
ОАО «Российские космические системы»,  
г. Москва*

*E-mail: [4494.55@mail.ru](mailto:4494.55@mail.ru)*

## PHASE TRANSFORMATIONS DURING BAKING COMPOSITES ON THE BASIS OF CLAYS AND ALUMINUM

*Lymar Elena*

*Scientist, candidate of engineering sciences, OJSC "Russian space  
systems", Moscow*

### АННОТАЦИЯ

Выявлено, что в процессе обжига композита введение алюминия на стадии приготовления сырьевой смеси приводит к образованию алюмосиликатной шпинели состава  $Al_3Si_4O_8$ , которая не образуется при обжиге только глин.

### ABSTRACT

It has been discovered that in the process of baking a composite inclusion of aluminum at the stage of raw mix preparation leads to the formation of  $Al_3Si_4O_8$  aluminosilicate spinel which doesn't form when baking only clays.

**Ключевые слова:** спекание; глины; алюминий; композиты;

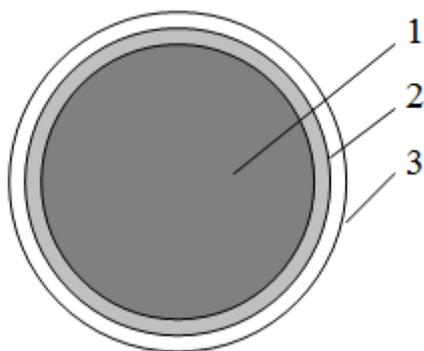
**Keywords:** caking; clays; aluminum; composites.

Актуальность создания композитов, которые сочетают компоненты различной природы, связана с тем, что совмещение разнородных составляющих позволяет получить материалы, обладающие свойствами каждого компонента [1—18].

Нами предложена идея получения керамических композиционных материалов с высоким содержанием металлического напол-

нителя методом полусухого прессования с последующей сушкой и обжигом [19—22].

При создании композитов использовали глуховецкий каолин, красноярскую глину и алюминий. Опытные образцы готовили следующим образом. Алюминий плавил в жаростойких тиглях при температуре 660—700°C, далее в эти тигли добавляли по частям и при непрерывном перемешивании глинистый компонент дисперсностью менее 64 мкм. При этом происходит диспергирование алюминия в глинистой составляющей. В результате образуются частицы алюминия, микрокапсулированного в глине, с размером менее 0,3 мм (рис 1.)



**Рисунок 1.** *строение порошка алюминия, микрокапсулированного в глине: 1 — алюминий; 2 — оболочка окисленного алюминия; 3 — оболочка глинистой составляющей*

Затем полученный порошок алюминия, микрокапсулированного в глинистой составляющей, охлаждали. После исходный глинистый компонент смешивали с приготовленным ранее порошком из расчета, что вся шихта должна содержать 5, 10, 15, 20 и 30 % алюминия. Данные по количественному содержанию компонентов приведены в таблице 1.

Полученные смеси модифицировали водным раствором хлорида алюминия. При этом одновременно происходит увлажнение массы до 9—10 %. В композите протекают химические реакции между компонентами (они же являются фазами) с образованием новой структуры в виде нового соединения, обладающего характерными свойствами, которые не присущи металлу и керамике. Чем лучше происходит смачивание, тем выше качество получаемого композита.

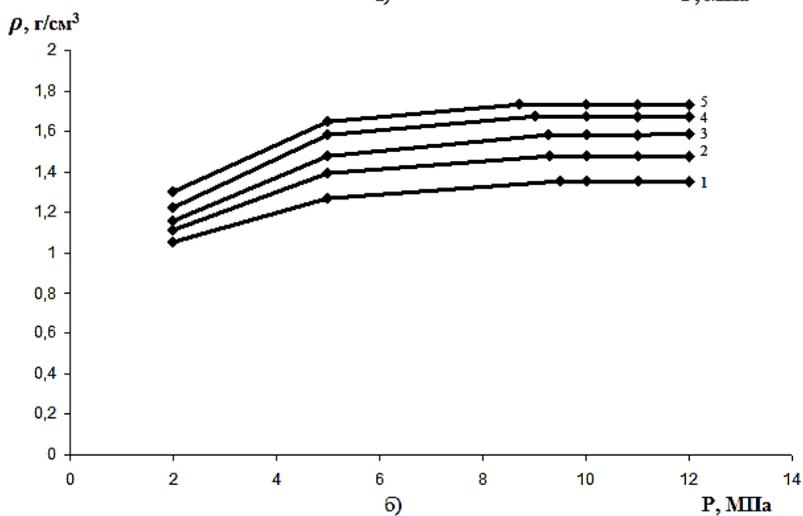
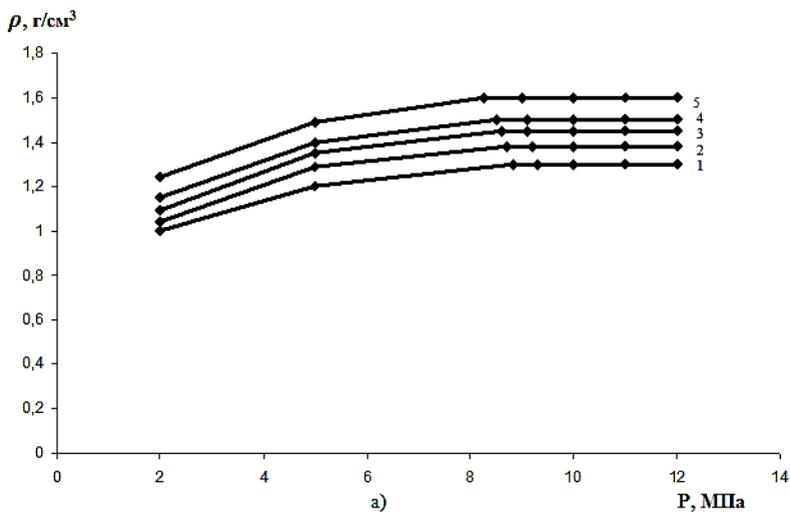
**Таблица 1.**

**Количественное содержание компонентов в материалах**

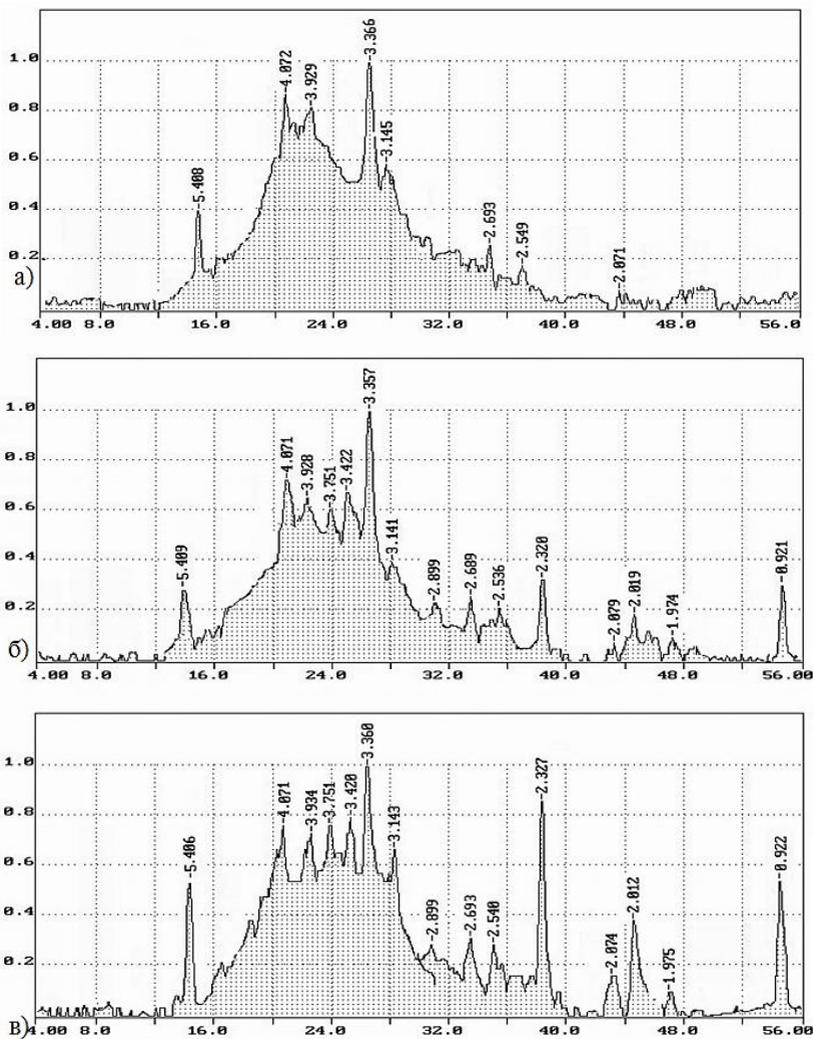
Компонент	Содержание, % мас.									
	Состав шихты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Глуховецкий каолин	90	80	70	60	40	–	–	–	–	–
Краснояржская глина	–	–	–	–	–	90	80	70	60	40
Алюминий, микрокапсулированный в глинистом компоненте	10	20	30	40	60	10	20	30	40	60

Для придания изделиям необходимой плотности и формы, полученная сырьевая масса, состоящая из совмещенных высокодисперсного модифицированного глинистого компонента и алюминия, микрокапсулированного в глинистом компоненте, формовалась методом полусухого прессования. Прочность материала зависит от степени его уплотнения, т. е. она тем выше, чем больше его средняя плотность и меньше пористость. Уплотнение материала увеличивается с возрастанием прессового давления.

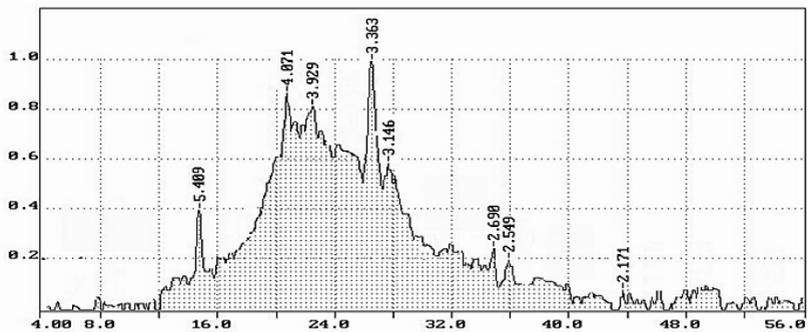
Оптимальное давление прессования было определено по изучению зависимости плотности образцов получаемого металлокерамического материала от величины давления прессования, которая представлена на рисунке 2. Например, наиболее оптимальная плотность (до  $1,51 \text{ г/см}^3$ ) образцов материала, полученного с применением глуховецкого каолина с содержанием 20 % алюминия, достигалась при давлении прессования, соответствующем 8,5 МПа, а для материалов, получаемых с применением краснояржской глины с содержанием 20 % алюминия оптимальная плотность (до  $1,67 \text{ г/см}^3$ ) образцов достигалась при давлении прессования 9 МПа.



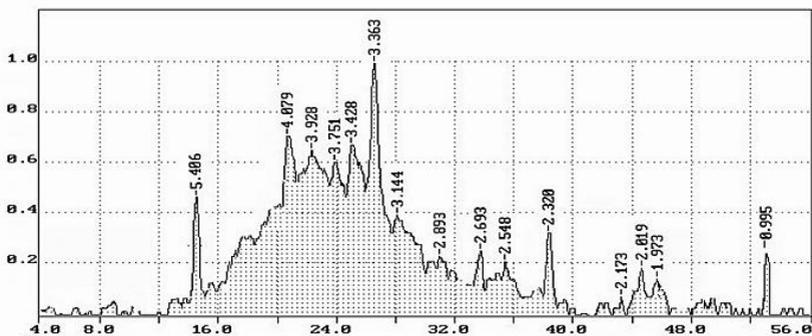
**Рисунок 2. Зависимость плотности образцов металлокерамического материала изготовленного на основе глуховецкого каолина (а) и красноярской глины (б) от величины давления. Содержание алюминия, %: 1) — 0; 2) — 5; 3) — 10; 4) — 20; 5) — 30**



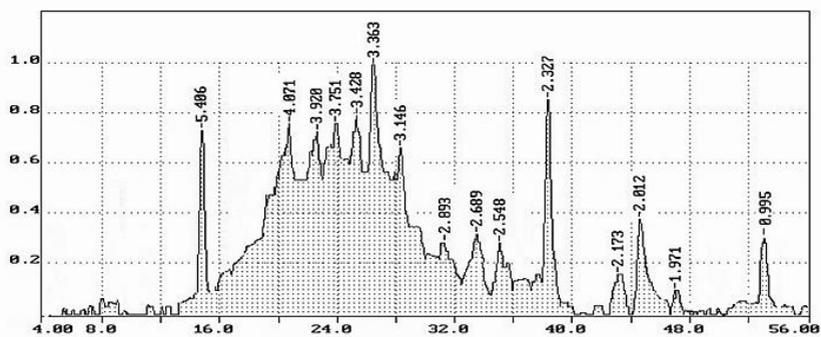
**Рисунок 3. Данные рентгенофазового анализа материалов на основе каолинита при температуре обжига 900°C с содержанием алюминия: а) — 0; б) — 10; в) — 20 %**



a)

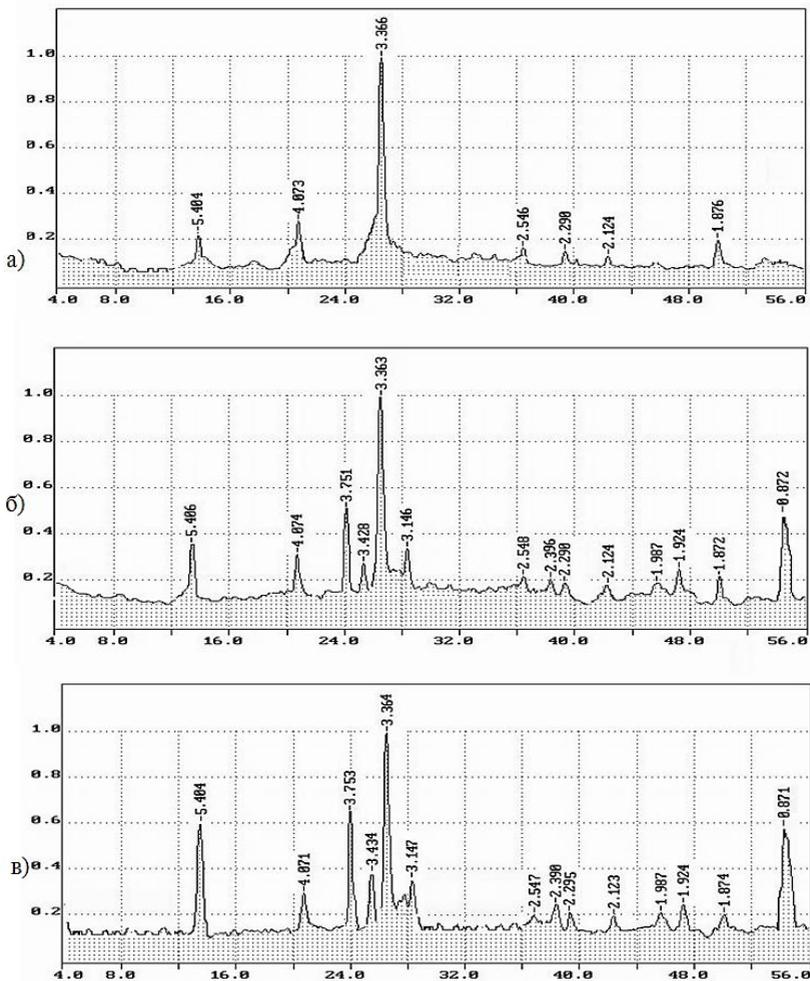


б)

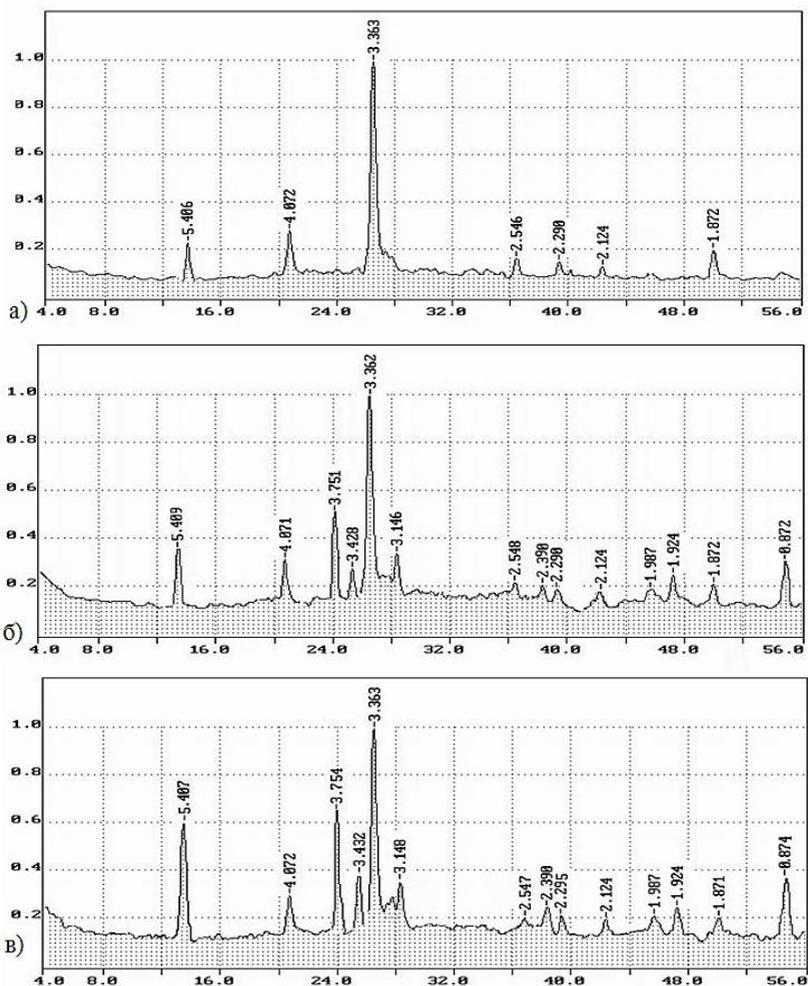


в)

**Рисунок 4. Данные рентгенофазового анализа материала на основе каолинита при температуре обжига 1300°C с содержанием алюминия: а) — 0; б) — 10; в) — 20 %**



**Рисунок 5. Данные рентгенофазового анализа на основе монтмориллонита температуре обжига  $900^\circ\text{C}$  с содержанием алюминия: а) — 0; б) — 10; в) — 20 %**



**Рисунок 6. Данные рентгенофазового анализа на основе монтмориллонита температуры обжига 1000°C содержанием алюминия: а) — 0; б) — 10; в) — 20 %**

После завершения процесса прессования, образцы подвергались сушке до постоянной массы при температуре 120°C. Далее образцы обжигали в силитовой печи при температурах 900—1350°C.

Изучение различных стадий, которые происходят при обжиге материалов на основе как каолинитовых, так и монтмориллонитовых

глин, показали (рис. 3 и 5), что муллит (рефлексы 5.40, 2.69, 2.54, 2.29, 1.87Å) образуется при 900°C. При повышении температуры обжига содержание муллита в металлокомпозите растет (рис. 4 и 6). Также рентгенофазовым анализом обнаружены рефлексы при 4.07, 3.92, 3.63, 3.14, 2.12, 2.07Å, характеризующие фазу кварца. Кроме того, рентгенофазовым анализом зафиксированы рефлексы, соответствующие фазам шпинели алюмосиликатного состава  $Al_4Si_3O_{12}$  (рефлексы 3.75, 3.42, 2.89Å),  $\alpha-Al_2O_3$  полиморфной модификации оксида алюминия (рефлексы 2.32, 2.39, 1.98, 1.92Å) и алюминия (рефлексы 2.01, 0.92, 0.87Å), которые отсутствуют на дифрактограммах композита, изготовленного без алюминиевого наполнителя.

При сравнении кривых рентгенофазового анализа видно, что увеличивается интенсивность вновь образовавшихся пиков алюмосиликатной шпинели, оксида алюминия и алюминия при увеличении содержания алюминиевого компонента.

Таким образом, выявлено, что при введении по предложенной технологии алюминия в глинистый компонент образуются частицы алюминия, покрытого оболочками окисленного алюминия и глинистой составляющей. Также установлено, что при обжиге металлокерамического связующего образуются наиболее устойчивые фазы муллита и кварца.

Следовательно, можно утверждать, что при создании температур исследуемого композита (до 1100°C) не будут происходить изменения в его структуре.

### Список литературы:

1. Алфимов С.И., Жуков Р.В., Володченко А.Н., Юрчук Д.В. Техногенное сырье для силикатных материалов гидратационного твердения // Современные наукоемкие технологии. — 2006. — № 2. — С. 59—60.
2. Володченко А.Н., Жуков Р.В., Фоменко Ю.В., Алфимов С.И. Силикатный бетон на нетрадиционном сырье // Бетон и железобетон. — 2006. — № 6. — С. 16—18.
3. Володченко А.Н., Жуков Р.В., Алфимов С.И. Силикатные материалы на основе вскрышных пород Архангельской алмазосной провинции // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. — 2006. — № 3. — С. 67—70.
4. Володченко А.Н., Жуков Р.В., Лесовик В.С., Дороганов Е.А. Оптимизация свойств силикатных материалов на основе известково-песчано-глинистого вяжущего // Строительные материалы. — 2007. — № 4. — С. 66—69.
5. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Повышение эффективности производства автоклавных материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 2008. — № 9. — С. 10—16.

6. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Силикатные автоклавные материалы с использованием нанодисперсного сырья // Строительные материалы. — 2008. — № 11. — С. 42—44.
7. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Володченко А.А. Регулирование свойств ячеистых силикатных бетонов на основе песчано-глинистых пород // Известия вузов. Строительство. — 2007. — № 10. — С. 4—10.
8. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Жуков Р.В. Попутные продукты горнодобывающей промышленности в производстве строительных материалов // Современные наукоемкие технологии. — 2005. — № 10. — С. 79.
9. Володченко А.Н. Влияние механоактивации известково-сапонитового вяжущего на свойства автоклавных силикатных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. — 2011. — № 3. — С. 13—16.
10. Володченко А.Н. Особенности взаимодействия магниезальной глины с гидроксидом кальция при синтезе новообразований и формирование микроструктуры // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. — 2011. — № 2. — С. 51—55.
11. Володченко А.Н. Глинистые породы в производстве силикатного кирпича // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Т. 26. — № 2. — С. 8—10.
12. Володченко А.Н. Глинистые породы — сырье для производства автоклавных ячеистых бетонов // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Т. 26. — № 2. — С. 11—14.
13. Володченко А.Н. Взаимодействие мономинеральных глин с гидроксидом кальция в гидротермальных условиях // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Т. 30. — № 3. — С. 35—37.
14. Володченко А.Н. Вяжущее на основе магниезальных глин для автоклавных силикатных материалов // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Т. 30. — № 3. — С. 38—41.
15. Володченко А.Н. Автоклавные силикатные материалы на основе отходов горнодобывающей промышленности // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Т. 47. — № 4. — С. 29—32.
16. Володченко А.Н. Влияние песчано-глинистых пород на оптимизацию микроструктуры автоклавных силикатных материалов // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Т. 47. — № 4. — С. 32—36.

17. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Реологические свойства газобетонной смеси на основе нетрадиционного сырья // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. — 2012. — № 3. — С. 45—48.
18. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Автоклавные ячеистые бетоны на основе магнезиальных глин // Известия вузов. Строительство. — 2012. — № 5. — С. 14—21.
19. Ключникова Н.В. Принципы создания керамометаллического композита на основе глин и металлического алюминия // Естественные и технические науки. — 2012. — № 2 (58). — С. 450—452.
20. Klyuchnikova N.V. Interaction between components at metal composites production // European Journal of Natural History. — 2007. — № 6. — С. 110— 111.
21. Klyuchnikova N.V., Lumar' E.A. Production of metal composite materials // Glass and Ceramics. — 2006. — Т. 63. — № 1—2. — С. 68—69.
22. Klyuchnikova N.V., Lumar' E.A. The effect of metal filler on structure formation of composite materials // Glass and Ceramics. — 2012. — Т. 62. — № 3—4. — С. 319—320.

**ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ОКСИДОВ И ГИДРОКСИДОВ  
МЕТАЛЛОВ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ  
ФОСФАТНЫХ СВЯЗУЮЩИХ  
ДЛЯ ЖАРОСТОЙКИХ БЕТОНОВ**

*Соколова Светлана Владимировна*  
канд. техн. наук, доцент САМГУПС,  
г. Самара  
E-mail: [sokolova9967@mail.ru](mailto:sokolova9967@mail.ru)

**STUDYING OF STRUCTURALLY-POWER  
CHARACTERISTICS OXIDES  
AND HYDROOXIDES METALS  
FOR THE PURPOSE OF RECEPTION  
PHOSPHATIC BINDING  
FOR HEAT RESISTING CONCRETE**

*Svetlana Sokolova*

*Cand. Tech. Sci., the senior lecturer the Samara state University of means  
of communication, Samara*

**АННОТАЦИЯ**

Предлагается новая классификация техногенного сырья как компонентов фосфатных жаростойких связующих, позволяющая комбинировать их для получения огнеупоров с заданными свойствами.

**ABSTRACT**

It is offered the new classification of raw material, as components phosphatic heat resisting binders allowing to combine them for reception fire-resistant materials with the given properties.

**Ключевые слова:** пиритные огарки; отработанные катализаторы алюмохромистого состава; железофосфатное связующее; жаростойкий бетон.

**Keywords:** pyrite ashes; dead catalysts having alumina-chromic composition; iron-phosphatic; heat resisting concrete

В районах, где развиты химическое и нефтехимическое производство, металлургия и машиностроение, имеется довольно значительное количество минеральных тонкодисперсных отходов, которые до сего времени не используются и выбрасываются в отвалы, где они накапливаются в больших количествах. В настоящее время в производстве безобжиговых огнеупоров наметилась тенденция замены традиционных сырьевых материалов на промышленные отходы и попутные продукты. Такая замена не только снижает потребность в дефицитном сырье, но и позволяет расширить ассортимент и улучшить качество продукции. К числу наиболее ценного техногенного сырья, пригодного для применения в составах жаростойких бетонов, относятся неорганические тонкодисперсные отходы предприятий химии и нефтехимии, энергетики, металлургии и машиностроения. К ним относятся железосодержащие отходы сернокислотного производства — пиритные огарки, отработанные катализаторы нефтехимии алюмохромистого состава, глиноземсодержащие минеральные шламовые отходы и другие. Данные отходы образуются в производстве неорганических кислот, в технологиях органического синтеза, в процессе металлообработки в машиностроении и цветной металлургии. По степени дисперсности отработанные катализаторы и глиноземсодержащие шламы не имеют себе равных среди порошкообразных материалов, получаемых механическим измельчением. «Вещественный состав большинства отходов представлен в основном тугоплавкими оксидами алюминия, кремния, железа, хрома и других элементов. Химический состав отходов и высокая дисперсность позволили считать их полноценными заменителями дефицитных тонкомолотых добавок в составах фосфатных связующих, применяемых для изготовления высокотермостойких бетонов. Принятый в настоящее время метод оценки оксидов металлов, как компонента фосфатных связующих (ФС), имеет сугубо качественный характер. Различают оксиды, бурно реагирующие с ортофосфорной кислотой и поэтому непригодные для изготовления ФС; оксиды, пассивированные обжигом, твердеющие с пригодной для практики скоростью; оксиды, твердеющие с ортофосфорной кислотой при нормальной температуре, и оксиды, взаимодействующие с ортофосфорной кислотой только при температурах выше 200°С» [3, с. 27]. Приведенная классификация не создает возможности комбинирования оксидов различных групп для получения ФС с заданными свойствами. Прогрессивной является попытка характеризовать оксиды металлов по величине теплового эффекта при реакции с ортофосфорной кислотой и значению произведения ионной плотности ( $P_i$ ) на энергию единичной связи

катион-кислород. «Совершенствование классификации ФС, возможно путем определения простых количественных показателей, характеризующих активность оксидов металлов. В качестве такого характеристического показателя предлагается рассматривать коэффициент активности  $K_a$ . По его величине все оксиды металлов делятся на три группы.

Первая —  $K_a < 0,85$ ; ФС в естественных условиях не твердеет. Цементный камень образуется только при нагревании выше температуры дегидратации ортофосфорной кислоты ( $t > 213^\circ\text{C}$ ).

Вторая —  $0,85 < K_a < 2,41$ ; ФС схватывается и твердеет в естественных условиях со скоростью, соответствующей обычно применяемым в строительстве минеральным вяжущим.

Третья —  $K_a > 2,42$ ; реакция протекает бурно, выделяющееся тепло разогревает массу выше температуры кипения водного раствора ортофосфорной кислоты, вследствие чего выделяющиеся пары воды разрушают структуру цементного камня. Так, 70 %-ный раствор ортофосфорной кислоты кипит при  $110^\circ\text{C}$ » [4, с. 30].

Наиболее пригодными для практических целей являются оксиды второй группы. ФС на их основе позволяют получать бетонные смеси, из которых можно изготавливать крупноразмерные сборные детали, не требующие предварительной термообработки, и также использовать в монолитных конструкциях и при ремонтных работах. К этой группе относятся оксиды железа, входящие в состав многих промышленных отходов; в частности, они составляют основную массу пиритных огарков (отход сернокислотного производства), имеющих в неограниченных количествах почти повсеместно.

Известно, что гидроксиды металлов являются более химически активными по сравнению с оксидами. Они присутствуют в большом количестве во многих промышленных отходах (пиритные огарки, шлам щелочного травления алюминия и др.). В связи с этим были произведены расчеты энергии кристаллической решетки ряда гидроксидов некоторых металлов на основе теории Новопашина А.А. [1, с. 70]. Была предпринята попытка классифицировать гидроксиды по степени взаимодействия их с ортофосфорной кислотой. «Результаты расчетов энергии структуры к наиболее часто используемым для синтеза фосфатных связующих гидроксидов представлены в табл. 1» [2, с. 30].

Таблица 1.

**Энергия кристаллической решетки гидроксидов  
некоторых металлов**

Гидроксиды некоторых металлов	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Ионная плотность, Р <sub>i</sub>	$\Sigma nE^{2,15}$	Энергия кристаллич. решетки, Дж /г
Al (OH) <sub>3</sub>	2,424	0,603	21,22	246,58
Fe (OH) <sub>3</sub>	3,4—3,9	0,741	21,22	221,75
Be (OH) <sub>2</sub>	1,9—2,4	0,471	4,44	72,40
Mg (OH) <sub>2</sub>	2,35—2,46	0,554	4,44	63,45
Ca (OH) <sub>2</sub>	2,24	0,510	4,44	46,02
Fe (OH) <sub>2</sub>	3,4	0,526	4,44	39,17
Li OH	1,43	0,356	1,0	22,36
Ba (OH) <sub>2</sub>	4,5	0,551	4,44	21,53
Na OH	2,130	0,463	1,0	17,43
Pb (OH) <sub>2</sub>	7,592	0,572	4,43	15,84
Cs OH	3,675	0,608	1,0	6,10

Исходя из величин энергии кристаллической решетки гидроксиды металлов по их взаимодействию можно подразделить на бурновзаимодействующие, нормальнотвердеющие и активные (табл. 2.)

Таблица 2.

**Классификация гидроксидов металлов  
по их взаимодействию с Н<sub>3</sub>РO<sub>4</sub>**

№ группы	Характер взаимодействия гидроксидов с ортофосфорной кислотой	Энергия структуры кристаллической решетки, Дж/г
I	Бурновзаимодействующие	221,75—246,58
II	Нормальнотвердеющие	39,17—72,40
III	Активные	6,10—22,36

Согласно полученным данным можно выбирать и синтезировать соответствующие фосфатные связующие для жаростойких и огнеупорных бетонов, в которых тонкомолотые добавки могут быть взяты их промышленных отходов.

Химические связующие позволяют широко использовать многие неорганические отходы промышленности, в том числе нанотехнологическое сырье — глиноземсодержащие шламы. Были исследованы

бетоны на смешанных алюмофосфатных связующих (АФС), для получения которых в качестве глиноземсодержащего компонента использовали шлам щелочного травления алюминия и ортофосфорную кислоту. Жаростойкие бетоны на данных АФС имеют температуру применения 1500—1550<sup>0</sup>С и термостойкость до 35 воздушных теплосмен.

### **Список литературы:**

1. Новопашин А.А. Минеральная часть поволжских сланцев.- Куйбышевское книжное изд-во, 1973. — 105 с.
2. Соколова С.В. Влияние структурно-энергетических характеристик гидрооксидов металлов на их химическое связывание с ортофосфорной кислотой с целью получения фосфатных связующих для жаростойких бетонов // Огнеупоры и техническая керамика. — 2004. — № 9. — С. 29—31.
3. Хлыстов А.И., Соколова С.В. Термодинамический принцип оценки пригодности техногенного сырья для синтеза фосфатных связующих // Башкирский химический журнал. — 2004. — № 2. — С. 27—29.
4. Хлыстов А.И., Соколова С.В., Власов А.В. Повышение эффективности жаростойких композитов за счет применения химических связующих // Технология бетонов. М., — 2010. — № 9—10. — С. 30—33.

## СЕКЦИЯ 8.

### ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

#### АНТИКОРРОЗИОННЫЙ СОСТАВ ДЛЯ УСКОРЕННОГО ФОСФАТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ

*Жуманиязов Максуд Жаббиевич*

*д-р техн. наук, профессор, Ургенчский государственный университет,  
Узбекистан, г. Ургенч  
E-mail: [ximtex@rambler.ru](mailto:ximtex@rambler.ru)*

*Курамбаев Шерзод Раимбергенович*

*канд. техн. наук, доцент, Ургенчский государственный университет,  
Узбекистан, г. Ургенч  
E-mail: [bitum\\_2012@mail.ru](mailto:bitum_2012@mail.ru)*

#### ANTICORRISION COMPOSITION FOR ACCELERATED PHOSPHATIZATION OF METALS

*Jumaniyazov Maksud*

*Doctor of sciences technics, prof., Urgench state universite, Uzbekistan,  
Urgench*

*Kurambaev Sherzod*

*Candidate of sciences tech., docent, Urgench state universite,  
Uzbekistan, Urgench*

#### АННОТАЦИЯ

Антикоррозионный состав для ускоренного фосфатирования и высыхания, включающий госсиполовую смолу и фосфорную кислоту, отличающийся от аналогов тем, что дополнительно содержит негашеную известь, гексаметиленetetрамин, а в качестве фосфорной

кислоты применяется 22 %-ная экстракционная фосфорная кислота. Этот состав применяется для ускоренного фосфатирования металлов, имеет высокую коррозионную стойкость, позволяет ускорить процесс фосфатирования и высыхания, и он приводит к растворению ржавчины и окалины, при этом не разрушается структура исходного металла.

#### ABSTRACT

Anticorrosion composition for accelerated phosphatization of metals and dryout including gossypol resin and phosphoric acid and differing from the apologues with that in addition contains quick lime, hexamethylenetetramine , but as phosphoric acid is used 22 % extracted phosphoric acid.

This composition is used for accelerated phosphatization of metals, and has high resistance to corrosion, lets accelerate the process of phosphatization and dryout and it leads to dissolution as rust and dross, herewith does not decay the structure of the source metal.

**Ключевые слова:** коррозия; антикоррозионный состав; фосфатирование; гексаметиленetetрамин; экстракционная фосфорная кислота; ржавчина; металл.

**Keywords:** corrosion; anticorrosion composition; phosphatization; hexame-thylenetetramine; extracted phosphoric acid; rust; metal.

Данное исследование относится к прикладной химии, точнее к защите металлов от коррозии, может быть использовано в металло-обрабатывающей, нефтегазоперерабатывающей, химической и других отраслях промышленности, а также при строительстве, производстве и эксплуатации трубопроводов и металлоконструкций различных типов.

Задачей исследования является создание состава, обладающего высокой антикоррозионной способностью, а также с улучшенными физико-механическими и технологическими показателями, обеспечивающего ускоренное фосфатирование и высыхание, на основе госсиполовой смолы.

Поставленная задача решается тем, что антикоррозионный состав для ускоренного фосфатирования и высыхания, включающий госсиполовую смолу и 22 % ную экстракционную фосфорную кислоту (ЭФК), согласно изобретению дополнительно содержит негашеную известь и в качестве третичного амина — гексаметиленetetрамин, при следующем соотношении компонентов, масс. %:

госсиполовая смола — 89,5—93,0

ЭФК — 5,7—8,9

негашеная известь — 1,0—1,5

гексаметиленetetрамин — 0,1—0,3

Заявляемое техническое решение отличается от известного тем, что оно в составе основы покрытия дополнительно содержит гексаметилентетрамин и негашеную известь.

Гексаметилентетрамин (ГМТА) обладает всеми характерными свойствами третичного амина, образует бесчисленное количество солей, продуктов присоединения и различного рода комплексов, в которых атомы углерода и азота равноценны между собой, что позволяет объяснить поведение ГМТА как одноосновного амина. ГМТА представляет собой бесцветное, не имеющее запаха кристаллическое вещество со сладковатым привкусом. Хорошо кристаллизуется в форме ромбических додекаэдров, обладающих пьезоэлектрическими свойствами. При охлаждении насыщенного водного раствора кристаллизуется в виде гексагидрата гексаметилентетрамина  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , устойчивого до 13,5°C. При 50°C в 100 г воды растворяется 81,3 г ГМТА. Гексаметилентетрамин при взаимодействии с другими компонентами основы во время термической обработки способствует созданию непроницаемых для агрессивных ионов плотных быстросохнущих покрытий с хорошими адгезионными свойствами, удовлетворительной твердостью пленки и высокой коррозионной стойкостью. В данном антикоррозионном составе используют госсиполовую смолу — кубовый остаток, получающийся при дистилляции жирных кислот хлопковых соапстоков (ТУ-18-УзССР-50-85), при температуре 220—230°C. Это вязкотекучая масса от темно-коричневого до черного цвета, с кислотным числом 70—80 мг КОН состава, масс. %: жирные и оксигирные кислоты — 52,0; продукты превращения — 36,0; азотсодержащие соединения — 12,0; число омыления, мг КОН — 80—130; содержание золы, — 1,0—1,2; содержание влаги и летучих веществ — до 4; растворимость в ацетоне — 70—80. Удельная масса составляет, г/см<sup>3</sup> — 0,98—0,99.

Использование антикоррозионного состава для ускоренного фосфатирования и высыхания имеет высокую коррозионную стойкость, позволяет ускорить процесс фосфатирования и высыхания, и он приводит к растворению ржавчины и окалины, при этом не разрушается структура исходного металла.

Рассматривая результаты физико-механических свойств (таблице) можно утверждать, что полученные покрытия по основным показателям соответствуют требованиям, предъявляемым антикоррозионным покрытиям. Так, например, быстрое время высыхания, прочность при ударе,

эластичность при изгибе, отличная адгезия, а также возможность нанесения по этим покрытиям любого лакокрасочного материала.

Характерным для всех покрытий на основе госсиполовой смолы является барьерный тип защиты, но в зависимости от добавляемых компонентов могут образоваться различные виды химических соединений, которые способствуют процессу ингибирования коррозии.

**Таблица 1.**

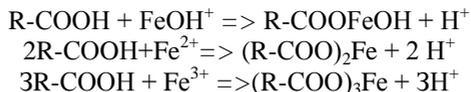
**Физико-механические свойства покрытий**

№	Наименование показателя	1	2	3	4
1	Условная вязкость при 20,5 ± 0,5 (°C) по вискозиметру ВЗ-4, сек	30—40	30—40	30—40	50—60
2	Массовая доля нелетучих веществ, %	35—40	35—40	35—40	55—60
3	Время высыхания до степени 3, не более чем при 20 ± 2 (°C), час при 100 ± 2 (°C), мин.	24 20	24 20	24 20	24 30
4	Эластичность при изгибе	1	1	1	1
5	Прочность пленки при ударе на приборе У-1А, Дж	5,0	5,0	5,0	5,2
6	Адгезия пленки, баллы, не более	1	1	1	1

Известно, что карбоновые кислоты и соединения, имеющие общие ОН-группы, присутствующие в составе госсиполовой смолы, вступают в реакцию этерификации между собой или с фосфорной кислотой. В результате этого образуются вещества с большей молекулярной массой, чем исходные и которые, очевидно, способствуют образованию защитной пленки.

Образовавшиеся ионы железа и FeOH<sup>+</sup>, обмениваясь с ионами жирных кислот в составе госсиполовой смолы, могут образовать соли железа:

I. Образование солей жирных кислот:



Такие соединения водонерастворимы и имеют длинные радикалы олеиновой, стеариновой и других кислот. Это способствует усилению барьерного типа защиты от коррозии с одновременной гидрофо-

бизацией поверхности металла и предотвращению проникновения агрессивных ионов.

По мере расходования фосфорной кислоты рН раствора увеличивается, что приводит к усилению гидролиза однозамещенных фосфатов и повышению содержания двух- и трехзамещенных солей, в то же время нерастворимые фосфаты образуют на металле стойкую пленку.

Органические производные фосфорной кислоты, полученные на основе госсиполовой смолы, благодаря наличию гидроксильной, карбоксильной и карбонильной группы, а также донорных атомов фосфора и кислорода, являются хорошими комплексообразователями с ионами металлов. Высказано мнение, что анион кислоты или соли будет ориентироваться около атома фосфора, тем самым, способствуя большей поляризации фосфорильной группы и, следовательно, упрочняя связь кислород-водород (металл). В свою очередь упрочнение связи кислород-водород (металл) приведет к более сильному взаимодействию аниона с положительной областью фосфорита и быстрому высыханию.

Таким образом, из полученных экспериментальных данных можно выделить составы на основе госсиполовой и ортофосфорной кислоты, дающие наибольший антикоррозионный эффект в различных средах.

**РАЗРАБОТКА НОВОГО СОСТАВА  
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ  
МОДИФИКАТОРА РЖАВЧИНЫ**

***Жуманиязов Максуд Жаббиевич***

*д-р техн. наук, профессор, Ургенчский государственный университет,  
Узбекистан, г. Ургенч  
E-mail: [ximtex@rambler.ru](mailto:ximtex@rambler.ru)*

***Курамбаев Шерзод Раимберганиевич***

*канд. техн. наук, доцент, Ургенчский государственный университет,  
Узбекистан, г. Ургенч  
E-mail: [bitum\\_2012@mail.ru](mailto:bitum_2012@mail.ru)*

***Жуманиязова Дилноза Максудовна***

*ассистент кафедры общей химии, Ургенчский государственный  
университет, Узбекистан, г. Ургенч  
E-mail: [ximtex@rambler.ru](mailto:ximtex@rambler.ru)*

**DEVELOPMENT OF THE NEW COMPOSITION  
OF THE CONVERTER OF THE RUST MODIFIER**

***Jumaniyazov Maksud***

*Doctor of technical sciences, prof., Urgench State University, Uzbekistan,  
Urgench*

***Kurambaev Sherzod***

*Candidate of technical sciences, docent, Urgench State University,  
Uzbekistan, Urgench*

***Jumaniyazova Dilnoza***

*Assistant, Urgench State University, Uzbekistan, Urgench*

**АННОТАЦИЯ**

Целью данного исследования является создание состава преобразователя модификатора ржавчины с улучшенными физико-механическими и технологическими показателями, высокими адгезион-

ными и антикоррозионными свойствами, большей устойчивостью фосфатных слоев.

Поставленная задача решилась тем, что в составе преобразователя модификатора ржавчины, включающий 22 %-ный водный раствор ортофосфорной кислоты, фурфуриловый спирт и добавку аминной группы, отличающийся содержанием дополнительно нитролигнина и в качестве добавки аминной группой — гексаметиленetetрамин

#### ABSTRACT

The aim of this research is creation of the composition of the converter of the rust modifier with improved physical-mechanical and technical indicators, with high adhesion and anticorrosion properties, with more stability of phosphate layers.

The objective is solved with that in the composition of the coveter of rust modifier, including 22 % aqueous solution of orthophosphoric acid, furfuryl alcohol and addition of amine group, differing with that in addition includes nitro lignin and as addition of amine group-hexamethylenetetramine.

**Ключевые слова:** модификатор; нитролигнин; гексаметилентетрамин; фурфуриловый спирт; кислотная коррозия; химическая устойчивость; фосфатный слой.

**Keywords:** modifier; nitro lignin; hexamethylenetetramine; furfuryl alcohol; acidic corrosion; chemical stability; phosphates layer.

Данное исследование относится к металлообрабатывающей промышленности, для химической очистки и защиты от различного рода продуктов коррозии и отложений на поверхности прокорродированных металлов. В результате на поверхности металла преобразуется и модифицируется ржавчина, вследствие чего образуется антикоррозионное покрытие, стойкое к длительному воздействию сероводородной, кислотной, щелочной, водно-солевой и других видов агрессивных сред.

Задачей данного исследования является создание состава преобразователя модификатора ржавчины с улучшенными физико-механическими и технологическими показателями, с высокими адгезионными и антикоррозионными свойствами, с большей устойчивостью фосфатных слоев.

Поставленная задача решается тем, что состав преобразователя модификатора ржавчины включает 22 %-ный водный раствор ортофосфорной кислоты, фурфуриловый спирт и добавку аминной группы и отличается тем, что дополнительно содержит нитролигнин

и в качестве добавки аминной группы — гексаметиленetetрамин при следующем соотношении компонентов, мас. %:

- 22%-ная ортофосфорная кислота — 91,40—93,30
- фурфуроловый спирт — 2,50—3,50
- гексаметиленetetрамин — 0,10—0,20
- нитролигнин — 4,00—5,00

Выбор 22 %-ной ортофосфорной кислоты обуславливается наличием её в производстве ЭФК (экстракционной фосфорной кислоты) из природных фосфоритов сернокислотным способом. Однако для получения фосфатных пленок пригодны растворы, в которых концентрация фосфорной кислоты должна быть невысокой. При высоком содержании фосфорной кислоты происходит растворение как ржавчины и окалины, так и металла.

Использование технического гидролизного лигнина и его модификаций в качестве основы преобразователя ржавчины связано с тем, что в его составе присутствуют фенольные, гидроксильные и карбоксильные группы, взаимодействующие с продуктами коррозии и связывающие ионы железа в комплексные соединения хелатного строения.

В процессе высыхания и пленкообразования при применении преобразователя модификатора ржавчины образуются соединения, состав которых отвечает не только простому смешиванию элементов, а именно необходимой структурной химической устойчивой связи элементов:  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 \cdot \text{H}_3\text{PO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 \cdot \text{H}_3\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 \cdot \text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 \cdot 6\text{C}_5\text{H}_6\text{O}_2$ . Предложенный состав и его компоненты способствуют усилению антикоррозионных свойств и увеличению стабильности, стойкости и прочности полученного фосфатного покрытия в течение длительного времени.

Благодаря образованию в кислой среде из фурфуролового спирта поликонденсированного клееподобного продукта, осаждаемого непосредственно на поверхности фосфатной пленки, усиливается адгезия фосфатного слоя к основе металла и покрывается вся поверхность, в том числе и дефектные части металла, в результате чего она становится беспористой. Это приводит к улучшению антикоррозионных свойств покрытий.

Участие гексаметиленetetрамина в предлагаемом составе антикоррозионных покрытий на основе фосфорной кислоты может служить в качестве ингибитора кислотной коррозии, предотвращающей растворение образца.

Многokратными испытаниями с целью одновременного осуществления процессов обезжиривания, растворения ржавчины и получения

коррозионностойких фосфатных покрытий на поверхности стальных трубопроводов и продуктов при межоперационном хранении, доказана пригодность разработанного состава в качестве антикоррозионного покрытия. Предложенный состав и его компоненты способствуют усилению антикоррозионных свойств полученного фосфатного покрытия.

Кроме того, вследствие применения ортофосфорной кислоты и продуктов её взаимодействия с гексаметиленetetрамином, фурфуроловым спиртом и нитролигнина на поверхности металлов, образуется фосфатный слой, не требующий пассивации. Это позволяет проводить процесс обработки в одну стадию и в одной ванне.

В таблице приводится сравнительный анализ физико-механических показателей испытания предлагаемого преобразователя модификатора ржавчины на основе фосфорной кислоты.

*Таблица 1.*

**Физико-механические показатели разработанного преобразователя модификатора ржавчины**

№	Состав, мас. %				Скорость растворения образца, г/м <sup>2</sup> ·ч	Вес фосфатного слоя, г/м <sup>2</sup>	Визуальное наблюдение за появлением ржавчины	Эффективность защиты от коррозии, %
	22%-ная ЭФК	C <sub>5</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> N <sub>4</sub>	нитролигнин				
1	91,4	3,5	0,1	5	0,0014	1,09	ржавчина не обнаружена	97,90
2	91,87	3,25	0,13	4,75	0,0012	1,16	ржавчина не обнаружена	98,10
3	92,35	3	0,15	4,5	0,0009	1,36	ржавчина не обнаружена	98,80
4	92,83	2,75	0,17	4,25	0,0008	1,41	ржавчина не обнаружена	99,10
5	93,3	2,5	0,2	4	0,0034	0,85	ржавчина не обнаружена	99,05

Предложенный состав обеспечивает практически 100 %-ное преобразование ржавчины на поверхности металлов. Он обладает одновременно обезжиривающим и моющим свойством. При межоперационном хранении в течение 9 и более месяцев на обработанных деталях следы коррозии не обнаруживаются.

Таким образом, разработанный состав защитного покрытия может также широко применяться для химической очистки от различного рода продуктов коррозии и отложений. При этом очищенные поверхности металлов остаются чистыми без ржавчины при хранении, благодаря образованию стабильного фосфатного антикоррозионного покрытия.

# НОВОЕ БИТУМНО-РЕЗИНОВОЕ ПОКРЫТИЕ НА ОСНОВЕ ГОССИПОЛОВОЙ СМОЛЫ И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ

*Жуманиязов Максуд Жаббиевич*

*д-р техн. наук, профессор, Ургенчский государственный университет,  
Узбекистан, г. Ургенч  
E-mail: [ximtex@rambler.ru](mailto:ximtex@rambler.ru)*

*Курамбаев Шерзод Раимберганович*

*канд. техн. наук, доцент, Ургенчский государственный университет,  
Узбекистан, г. Ургенч  
E-mail: [bitum\\_2012@mail.ru](mailto:bitum_2012@mail.ru)*

# THE NEW BITUMINOUS-RUBBER COVERING BASED ON GOSSYPOL RESIN AND METHOD OF ITS PREPARATION

*Jumaniyazov Maksud Jabbiyevich*

*Doctor of technical sciences, prof., Urgench State University,  
Uzbekistan, Urgench*

*Kurambaev SHerzod Raimberganovich*

*Candidate of technical sciences, docent, Urgench State University,  
Uzbekistan, Urgench*

## АННОТАЦИЯ

Целью данной работы является разработка битумно-резиновой композиции на основе госсиполовой смолы и способа ее получения с улучшенными физико-механическими и технологическими показателями.

Получен состав с высокими адгезионными, антикоррозионными свойствами, с устойчивостью к старению, широким температурным интервалом пластичности, повышенной тепло- и морозостойкостью.

## ABSTRACT

The aim of given work is the development of bituminous-rubber composition of gossypol resin and method of its preparation with improved physical-mechanical and technical indicators.

Composition is obtained with high adhesion, anticorrosion properties with resistance to dilution, with broad warm-up plasticity interval, raised resistance to heat and cold.

**Ключевые слова:** заменитель нефтяного битума; госсиполовая смола; кровельный материал; изоляционный материал; морозостойкость; агрессивная среда; уротропин.

**Keywords:** oil bitumen substitute; gossypol resin; roofing material; insulation material; cold resistance; hostile environment; hexamethylenetetramine.

Исследование относится к производству битумополимерных материалов на основе госсиполовой смолы, предназначенных для гидроизоляции различных строительных конструкций, изоляции подземных стальных трубопроводов с целью защиты их от агрессивных сред, а также для кровельных и асфальтобетонных покрытий.

Госсиполовая смола состоит из полифенола, жирных кислот, углеводов, азот- и фосфорсодержащих соединений, а также продуктов превращения госсипола. Наличие в составе также соединений нафталинового ядра делает продукты модификации госсиполовой смолы термо-, хемо- и радиационно устойчивыми, а фенольной, гидроксильной, карбоксильной и альдегидной группы — реакционно-способными с высокими комплексообразующими свойствами. Она во многих отношениях с успехом может заменить дорогостоящие нефтяные битумы, дефицит которых ощущается с каждым годом. Однако госсиполовая смола по составу в корне отличается от традиционных нефтяных битумов, поэтому получение на основе госсиполовой смолы заменителя нефтяного битума имеет свою специфическую особенность и требует поиска определенных условий, с использованием нетрадиционных добавок модификаторов.

До сегодняшнего дня известны несколько разновидностей битумов на основе госсиполовой смолы, большинство которых, проработаны лишь на теоретическом и лабораторном уровнях. Многочисленные попытки организовать широкомасштабное производство битума на основе госсиполовой смолы до сих пор не увенчались успехом, связанные с тем, что полученные битумы не имеют стандартных физико-механических свойств, им присущи низкая адгезия к объектам, неустойчивость к старению, низкий температурный интервал пластичности, пониженная морозостойкость, низкий защитный уровень от коррозии металлов, короткий срок службы, удорожание из-за добавления дорогостоящих компонентов.

Однако, битумно-резиновая композиция, полученная на основе близкого технического решения, по физико-механическим свойствам не в полной мере соответствуют всем необходимым требованиям строительных и дорожных битумов (по растяжимости, температурному размягчению, глубине проникания иглы), они слишком хрупкие, имеют низко адгезионные свойства и не устойчивы к старению, а также при добавлении крошки с размерами частиц 5—10 мм без дополнительной термической и химической обработки не обеспечивается появление тонких пленок битума вокруг частиц резины и газовых микровключений, т. к. при механическом продавливании массы с помощью шнека не обеспечивается однородность продукции. Этот состав не может использоваться в качестве изоляционный антикоррозионный материал.

Задачей данной работы является разработка битумно-резиновой композиции на основе госсиполовой смолы и способа ее получения с улучшенными физико-механическими и технологическими показателями, с высокими адгезионными, антикоррозионными свойствами, с устойчивостью к старению, широким температурным интервалом пластичности, повышенной тепло- и морозостойкостью.

Получение высококачественного заменителя нефтяного битума на основе госсиполовой смолы имеет свою специфическую особенность и требует поиска определенных условий, а также использования нетрадиционных добавок модификаторов, пластификаторов и структурообразователей.

Многолетнее экспериментальное исследование дали положительные результаты. Для получения заданных марок битумов, т. е. битумно-резиновая композиция на основе госсиполовой смолы используется в качестве вяжущего термоокисленной госсиполовую смолу — отход масложировых комбинатов, резиновую крошку (пластификатор) — отходы изношенных покрышек (КРО). Согласно предлагаемой композиции в качестве активного модификатора применяется кубовый остаток моноэтаноламиновой очистки (КОМ), уротропин и мочевины. В качестве структурообразователя применяли строительную негашеную известь, при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Термоокисленная госсиполовая смола — 88,0—90,0

КРО — 4,0—5,0

КОМ — 3,5—4,0

мочевина — 0,45—0,50

негашеная известь — 0,5—1,0

уротропин — 0,04—0,05

Основным сырьем, входящим в состав для получения строительных битумов, является госсиполовая смола — кубовый остаток от дистилляции жирных хлопковых соапстоков (ТУ 18-УзССР-50-83). В госсиполовой смоле обнаружено 12 % азотосодержащих соединений, 36 % продуктов превращения госсипола, сохранившего нафтольные гидроксилы и 52% жирных и оксигирных кислот в виде лактонов. Госсипол химически активен и проявляет ярко выраженные кислотные свойства, способен реагировать и как фенольное, и как альдегидное соединение. Альдегидные группы сообщают ему свойства, характерные для этого класса соединений. Однако, одновременное присутствие -ОН и -С(О)Н-групп и их взаимное влияние несколько изменяют свойства госсипола как фенола и альдегида. Как сильная двухосновная кислота госсипол образует нейтральные соли в разбавленных водных растворах щелочей.

Для получения термоокисленную смолу, госсиполовую смолу термоокисляли кислородом воздуха при температуре 250—260<sup>0</sup>С в течение 120 мин, при постоянном перемешивании загружали пластификатора — резиновую крошку — отхода изношенных покрышек (размером до 1 мм) и дали выдержку 30 мин для набухания деструкции крошки в госсиполовой среде, затем постепенно добавляли кубовый осадок моноэтаноламиновой очистки, после его равномерного распределения по объему добавляли — строительную негашеную известь и перемешивают до момента окончания газовойделения, затем в процессе охлаждения массы кислородом воздуха до 135<sup>0</sup>С добавляли остальное количество модификатора, а именно мочевины и уротропин, выдерживали массу до завершения газовойделения.

В составе госсиполовой смолы присутствуют также полифенолы, углеводороды, азот- и фосфорсодержащие соединения — реакционно-способными с высокими комплексообразующими свойствами, а также продукты превращения госсипола. Добавление к составу мочевины и уротропина делает продукты модификации госсиполовой смолы термо-, хемо- и коррозионно-устойчивыми. Она во многих отношениях с успехом может заменить дорогостоящие нефтяные битумы, дефицит которых ощущается с каждым годом. При этом введение уротропина и мочевины, проявляющее в предлагаемом составе комплексообразующие свойства позволяет упорядочить и упрочнить структуру поликонденсированных молекул. В результате такого взаимодействия всех составляющих ингредиентов, полученный из этого состава продукт приобретает свойства необходимые для строительных битумов: уменьшение глубины проникания иглы,

водонасыщенности, увеличение температуры размягчения и вспышки, что приводит к достижению поставленной задачи — повышению пожаробезопасности, водостойкости, коррозионостойкостью и твердости покрытия.

Таким образом, повышаются физико-механические характеристики битумно-резиновой композиций на основе госсиполовой смолы — расширяется температурный интервал пластичности, увеличивается морозостойкости, устойчивость к циклическим деформациям при отрицательных температурах, повышается срок их службы.

## **СТРУКТУРНО-ТЕКСТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И СВОЙСТВА ТЕПЛОЭФФЕКТИВНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА**

*Ивлева Ирина Анатольевна*

*канд. техн. наук, доцент БГТУ им В.Г. Шухова,  
г. Белгород*

*E-mail: [4494.55@mail.ru](mailto:4494.55@mail.ru)*

## **STRUCTURAL AND TEXTURAL FEATURES AND PROPERTIES OF HEATEFFICIENT COMPOSITE**

*Ivleva Irina*

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of BSTU named after  
V.G. Shukhov, Belgorod*

### **АННОТАЦИЯ**

Введение отходов производства пеностекла в глиносодержащие смеси способствует формированию в композиционном материале прочнопористой фрагментарной структуры. Рассмотрено влияние текстурно-структурных особенностей композитов на их физико-механические свойства.

### **ABSTRACT**

Introduction of waste products of a foaming glass in clay-containing mixes promotes formation in composite of strong and cellular fragmentary

structure. Influence of textural and structural features of composites on their physicomechanical properties is considered.

**Ключевые слова:** стеклопористый компонент; структура; пористость; новообразования; кристаллизация; микроармирование.

**Keywords:** component from foamglass; structure; porosity; new growths; a crystallization; microreinforcing.

Направленный синтез в процессах силикатообразования обеспечивает получение изделий с заданной структурой [7—21, 26—28]. Сложившаяся гетерофазная система определяет прочностные, теплофизические и эксплуатационные свойства композиционных материалов.

Одним из распространенных методов создания теплоэффективных материалов является поризация их структуры. Введение пористых заполнителей в отличие от наиболее распространенных методов поризации повышает прочность изделий до 20 МПа. Весьма эффективный метод повышения прочности материала — микроармирование его структуры [1—5, 24, 25]

В данной работе представлены результаты исследований теплоэффективных композиционных материалов с применением стеклопористого компонента (СПК — отход производства пеностекла), выполняющего роль в глинодержащих смесях порообразующего, отошающего и спекающего компонента [2, с. 96]. Химический состав СПК представлен, мас. %:  $\text{SiO}_2$  — 71,6;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 2,7;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 0,3;  $\text{CaO}$  — 8,2;  $\text{MgO}$  — 1,1;  $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$  — 14,7;  $\text{SO}_3$  — 0,4. Оптимальный размер зерен СПК от 0,1...2,5 мм, насыпная плотность  $260 \text{ кг/м}^3$  [22, с. 8].

Закономерности влияния СПК на структурообразование и свойства композитов рассматривали в системах СПК-мономинеральные и СПК-полиминеральные глины.

Исходные компоненты шихты имеют неодинаковый минералогический и гранулометрический состав. Чибисовская глина — каолин-гидрослюдистая, Шебекинская — монтмориллонит-гидрослюдистая с высоким содержанием мусковита (25 мас.%), Городищенская — монтмориллонит-гидрослюдистая.

Количество СПК в шихте с мономинеральными и полиминеральными глинами варьировалось от 0 до 40 мас. % (табл. 1).

Таблица 1.

## Составы и шифры смесей

Компоненты	Шифр смеси и содержание компонентов, мас. %					
	0 к	4 к	0 м	4 м	0 г. с	4 г. с
Каолин	100	60				
Бентонит			100	60		
Гидрослода					100	60
СПК	0	40	0	40	0	40
	<b>0 ш</b>	<b>4 ш</b>	<b>0 г</b>	<b>4 г</b>	<b>0 ч</b>	<b>4 ч</b>
Шебекинская глина	100	60				
Городищенская глина			100	60		
Чибисовская глина					100	60
СПК	0	40	0	40	0	40

Процессы минералообразования в системах СПК-мономинеральные, СПК-полиминеральные глины исследованы при температуре обжига 950, 1050 и 1150°C. Рентгенофазовым и оптически визуальным методами анализа были установлены температуры кристаллизаций новообразований в системах СПК-мономинеральные и СПК-полиминеральные глины.

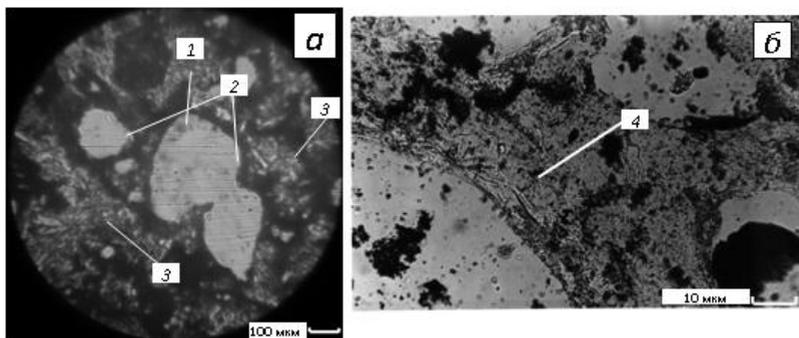
По трехкомпонентной диаграмме состояния  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  теоретически были определены температура начала появления расплава, количества и состав жидкой и кристаллических фаз. Минералогический состав образцов, обожженных при 950 и 1050°C, и данные, полученные по диаграммам состояния, представлены в (табл. 2.)

Таблица 2.

## Новообразования композитов

Глины	Шифр смеси	Температура обжига, °С	Новообразования и их обозначения										Теоретический фазовый состав продукта обжига смесей (определен по диаграмме состояния системы $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ )						
			Кварц (Кв)	$\alpha$ -кристобалит (кр)	$\alpha$ -тридимит (тр)	Анортит (Ап)	$\beta$ -воластонит (вол)	Диопсид (D)	Муллит (Мул)	Гематит (Г)	Каолинит (К)	Иллит (Ил)						Монтмориллонит (м)	Мусковит (Мус)
													Тр	Ап	Вол	Мул			
Мономинеральные	0к	950	+								+				1345	++	+	-	+++
	4к		+		+	+	+		Сл						1345	+	++	-	++
	0м	950	+	+					+			+		1345	++	+	-	++	
	4м		+	+		+		+						1165	+	+	++	-	
	0гс		+									+			1345	+	++	-	++
	4гс		+		+	+						+			1165	++	+++	+	-
Полиминеральные	0ш	1050	+		+								+	1345	++	+	-	+	
	4ш		+		+		+						+	1165	++	++	+	-	
	0г	1050	+						+					1345	++	+	-	+	
	4г		+		+		+		+					1165	++	+	+	-	
	0ч		+						Сл.						1345	++	-	-	+
	4ч		+					+		+					1165	+++	++	+	-
													- отсутствует; + мало, ++ много, +++очень много						

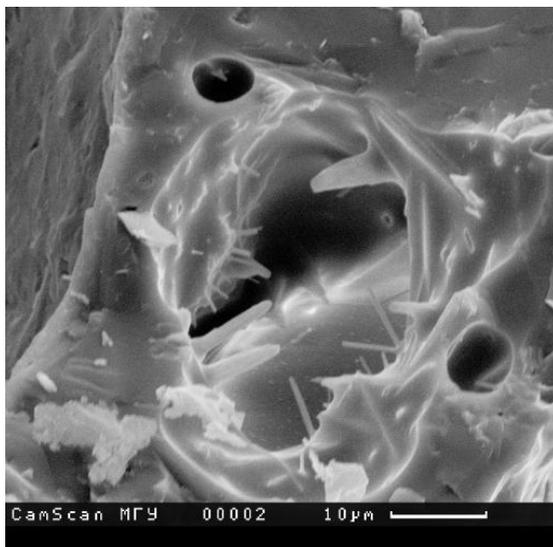
Методом оптической и сканирующей электронной микроскопии в микроструктуре образцов (4 к, 4 м, 4 гс) мономинеральных глин с СПК идентифицированы: стеклофаза высокой изотропности и новообразования в виде игольчатых и призматических кристаллов. Структура композитов представлена фрагментами, состоящих из сферических пор, размером менее 0,1 до 300 мкм, контактного слоя и межфрагментарного пространства (рис. 1).



**Рисунок 1. Микрофотографии фрагментарной микроармированной пористой структуры (Тобж — 1050°C): а — состав (4 гс); б — состав (4 к): 1 — фрагмент структуры; 2 — поры; 3 — кристаллизация межфрагментарного пространства; 4 — контактный слой микроармированный игольчатыми кристаллам**

Новообразования пронизывают стеклофазу и образуют войлоковидную сетку, микроармирующую внутреннюю поверхность пор (рис. 2), контактный слой между стеклопористым компонентом и глинистой матрицей (рис. 1, б), а также межфрагментарное пространство (рис. 1, а, б).

Фрагментарная пористая структура микроармированная новообразованиями анортита, волластонита, диоксида,  $\alpha$ -тридимита улучшает физико-механические свойства керамики по сравнению с контрольными составами (0 к), (0 м), (0 гс).



**Рисунок 2. Микрофотография образца композита ( $T_{\text{обж}}$  — 1050°C):  
рост кристаллов в поре состава (4 м)**

При повышении температуры обжига от 950 до 1150°C в образцах состава (2 к), (4 к), (2 м), (4 м), (2 гс), (4 гс) наблюдается интенсивная кристаллизация анортита при одновременном растворении кварца в расплаве стекла. Анортит способствует уменьшению огневой усадки композитов. Оксиды CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, вносимые стеклопористым компонентом, ослабляют кристаллизацию кристобалита, образующегося из продуктов деструкции монтмориллонита и уменьшают расширение образцов состава (4 м). В образцах гидрослюда с СПК (4 гс) прочность на сжатие составила 70 МПа в результате совместной кристаллизации анортита,  $\alpha$ -тридимита и диопсида. .

Анализируя расположение точек составов (табл. 1) на диаграмме состояния системы CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> можно сделать вывод: введение пеностекла снижает температуру появления расплава на ~180°C, изменяет состав и соотношение кристаллических фаз. Кристаллизация  $\beta$ -волластонита создает условия для увеличения количество анортита. Начало взаимодействия между глинистыми минералами и частицами пеностекла зависит от температуры деструкции кристаллической решетки соответствующего минерала, которая повышается в ряду бентонит-гидрослюда-каолин.

Стеклопористый компонент, в композициях с полиминеральными глинами, способствует растворению кварца и кристобалита в структуре изделий, повышает количество кристаллических фаз, не склонных к полиморфным превращениям при соответствующих температурах обжига. Структура материалов также фрагментарна, микроармирована кристаллами  $\alpha$ -тридимита, анортита,  $\beta$ -волластонита, диопсида, гематита, что улучшает физико-механические свойства композитов. Образцы из Чибисовской глины состава 4ч после обжига при 1050°C показали прочность на сжатие — 32 МПа, прочность на изгиб — 6,3 Мпа [1, с. 24], коэффициент теплопроводности — 0,370 Вт/м·К при плотности 1360 кг/м<sup>3</sup> [4, с. 64].

Согласно минералогическому расчету, оптимальное соотношение в Шебекинской глине породообразующих минералов, мас. %: монтмориллонит — 20, глауконит — 15, мусковит — 25, кварц — 32, кальцит — 9 [5, с. 38], обеспечивает в композиции с СПК высокие физико-механические свойства композитов состава 4 ш: прочность на сжатие — 44 МПа, прочность на изгиб — 12 МПа, коэффициент теплопроводности — 0,268 Вт/м·К при плотности 1030 кг/м<sup>3</sup>, вследствие интенсивной кристаллизации анортита,  $\beta$ -волластонита,  $\alpha$ -тридимита, диопсида.

Таким образом, выявлено активирующее влияние стеклопористого компонента на процессы фазо- и структурообразования при обжиге композиционного материала, состоящего из глин различного минералогического состава и стеклопористого компонента. Показано, что введение стеклопористого компонента в состав глиняных масс способствует формированию прочнопористой фрагментарной структуры. В процессе спекания происходит микроармирование внутренней поверхности пор, контактного слоя и межфрагментарного пространства удлиненными неизометрическими кристаллами анортита, волластонита, альбита, диопсида,  $\alpha$ -тридимита, муллита.

### **Список литературы:**

1. Беседин П.В., Ивлева И.А., Мосьпан В.И. Теплоэффективный стеновой материал // Стекло и керамика. — 2005. — № 6. — С. 24—25.
2. Беседин П.В., Ивлева И.А., Мосьпан В.И. Перспективы использования отходов производства пеностекла в строительной керамике // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. — 2004. — № 8. — Ч. VI. — С. 95—98.
3. Беседин П.В., Ивлева И.А., Мосьпан В.И. Термические исследования сырьевых шихт композиционных стеновых материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2005. — № 10. — С. 31—34.

4. Ивлева И.А. Влияние пеностекольного компонента на пористость и физико-механические свойства теплоэффективной керамики // Сб. науч. трудов Sworld по матер. международ. научно-практич. конф. — Одесса. — 2012. — Т. 6. — С. 60—65.
5. Ивлева И.А. Управление качеством теплоэффективной керамики путем регулирования структурообразования // Сб. науч. трудов Sworld по матер. международ. научно-практич. конф. — Одесса. — 2012. — Т. 6. — С. 37—41.
6. Ивлева И.А., Шиманская М.С., Немец И.И. Технология получения керамзита из слабовспучивающегося глинистого сырья // Стекло и керамика. — 2011. — № 11. — С. 17—18.
7. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А., Приходько А.Ю. Керамические композиционные материалы строительного назначения с использованием металлического наполнителя // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 2005. — № 7. — С. 62—65.
8. Ключникова Н.В. Взаимодействие между компонентами при изготовлении металлокомпозитов // Фундаментальные исследования. — 2007. — № 12-1. — С. 95—97.
9. Ключникова Н.В. Принципы создания керамометаллического композита на основе глин и металлического алюминия // Естественные и технические науки. — 2012. — № 2 (58). — С. 450—452.
10. Ключникова Н.В. Керамометаллические композиционные материалы с высоким содержанием алюминия // Современные проблемы науки и образования. — 2011. — № 6. — С. 107—107.
11. Ключникова Н.В. Изучение взаимодействия между компонентами при создании керамометаллических композиционных материалов // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2011. — Т. 10. — № 4. — С. 5—8.
12. Ключникова Н.В. Термомеханическое совмещение компонентов при создании керамометаллических композитов // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Т. 6. — № 2. — С. 65—69.
13. Ключникова Н.В. Влияние пористости на свойства керамометаллических композитов // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Т. 6. — № 3. — С. 41—45.
14. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А. Получение металлокомпозиционных материалов // Стекло и керамика. — 2006. — № 2. — С. 33—34.
15. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А., Юрьев А.М., Проблемы совместимости керамической матрицы и металлического наполнителя при изготовлении композитов строительного назначения // Строительные материалы. — 2005. — № 11. — С. 54—56.

16. Ключникова Н.В., Юрьев А.М., Лымарь Е.А. Перспективные композиционные материалы на основе металлической матрицы и неметаллического наполнителя // *Успехи современного естествознания*. — 2004. — № 2. — С. 69—69.
17. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А., Юрьев А.М. Строительные материалы на основе металлической матрицы и неметаллического наполнителя // *Успехи современного естествознания*. — 2003. — № 12. — С. 79—82.
18. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А., Юрьев А.М. Особенности создания композитов строительного назначения на основе металлической матрицы и неметаллического наполнителя // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2003. — № 5. — С. 61—63.
19. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А., Юрьев А.М. Перспективность использования металло-композитов на предприятиях энергетического профиля // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2004. — № 8. — С. 26—28.
20. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А. Конструкционная металлокерамика – один из перспективных материалов современной техники // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2005. — № 9. — С. 111—114.
21. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А. Влияние металлического наполнителя на стадии структурообразования композиционных материалов на основе керамической матрицы // *Стекло и керамика*. — 2005. — № 10. — С. 19—22.
22. Немец И.И., Ивлева И.А. Прочнопористая стеновая керамика // *Изв. Вузов. Строительство*. — 2009. — № 8. — С. 37—41.
23. Пат. 2231505 Российская Федерация, МПК7 C04 B 33/02. Способ изготовления стеновых керамических изделий / Беседин П.В., Ивлева И.А., Мосьпан В.И.; заявитель и патентообладатель Беседин П.В., Ивлева И.А., Мосьпан В.И.; заявл. 18.07.2003; опубл. 27.06.2007, Бюл. № 18. — 10 с.
24. Besedin P.V., Ivleva I.A., Mos'pan V.I. Heat-efficient composite wall material // *Glass and Ceramics*. — 2005. — Т. 62. — № 9—10. — С. 87—88.
25. Ivleva I.A., Shimanskaya M.S., Nemets I.I. Technology for producing keramzit from low expandable clay // *Glass and Ceramics*. — 2012. — С. 1—3
26. Klyuchnikova N.V. Interaction between components at metal composites production // *European Journal of Natural History*. — 2007. № 6. — С. 110—111.
27. Klyuchnikova N.V., Lumar' E.A. Production of metal composite materials // *Glass and Ceramics*. — 2006. — Т. 63. — № 1—2. — С. 68—69.
28. Klyuchnikova N.V., Lumar' E.A. The effect of metal filler on structure formation of composite materials // *Glass and Ceramics*. — 2012. — Т. 62. — № 3—4. — С. 319—320.

## **СЕКЦИЯ 9.**

### **ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА**

#### **МЕТОДИКИ ИОННО-ЛУЧЕВОЙ ЗАЩИТЫ ПОВЕРХНОСТИ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ОТ ВНЕШНИХ И ХИМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, КОРРОЗИИ И ЛОКАЛИЗАЦИИ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ОСАДКА**

***Перинский Владимир Владимирович***

*д-р техн. наук, профессор СГТУ имени Гагарина Ю.А.,  
г. Саратов*

***Перинская Ирина Владимировна***

*канд. техн. наук, доцент СГТУ имени Гагарина Ю.А.,  
г. Саратов*

*E-mail: [perinskaiaiv@rambler.ru](mailto:perinskaiaiv@rambler.ru)*

***Петрова Наталья Александровна***

*студентка СГТУ имени Гагарина Ю.А.,  
г. Саратов*

**TECHNIQUES OF ION-BEAM PROTECTION  
OF THE SURFACE MICROELECTRONIC  
PRODUCTS FROM EXTERNAL  
AND CHEMICAL INFLUENCES, CORROSION  
AND LOCALIZATION  
OF THE GALVANIC DEPOSIT**

*Perinsky Vladimir*

*Doctor of Engineering, professor of SSTU Gagarin Yu.A.name,  
Saratov*

*Perinskaya Irina*

*Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of SSTU Gagarin Yu.A.name,  
Saratov*

*Petrova Natalia*

*Student of SSTU Gagarin Yu.A.name,  
Saratov*

**АННОТАЦИЯ**

Цель настоящего исследования — анализ возможностей, возникающих при использовании ионно-лучевых методов обработки материалов, в процессе создания металлических элементов СВЧ устройств.

**ABSTRACT**

The purpose of the real research — the analysis of the opportunities arising at use of ion-beam methods of processing of materials, in the course of creation of the microwave ovens metal elements of devices.

**Ключевые слова:** ионно-лучевая обработка; локализация гальванического осадка; пассивация металла.

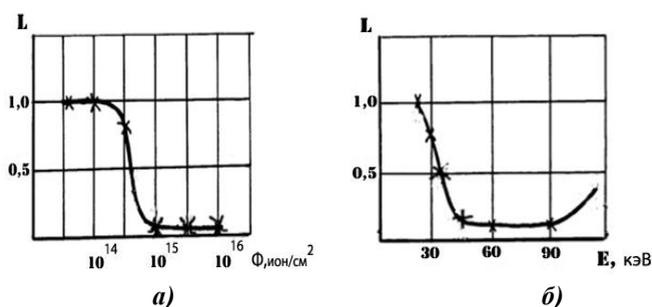
**Keywords:** ion-beam processing; localization of a galvanic deposit; metal passivation.

Повышение требований к аппаратуре, особенно морского или космического базирования, таких как повторяемость электрических параметров элементов и их стабильность в различных условиях эксплуатации, надежность и воспроизводимость сигналов, снимаемых с датчиков, приводит к необходимости внедрения в технологию

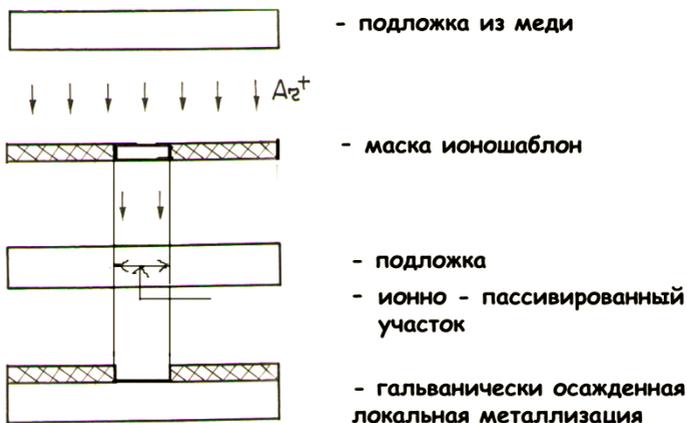
пассивных и активных элементов новых технологических решений, обеспечивающих воспроизводимость, точность, простоту аппаратной реализации и контроля, производительность, высокую локальность операций и их совместимость между собой. Реализация данных требований возможна, если различные технологические операции будут основываться на технологических процессах, имеющих единую физико-химическую природу [1, с. 195].

Предложенный в работе [2, с. 390] эффективный метод ионно-лучевой пассивации тонких металлических покрытий применен для локализации гальванического осадка при формировании топологии металлических контактов изделий микроэлектроники.

На деталь из меди наносили фоторезистивную маску общепринятым маршрутом; маска является ионошаблоном. Затем проводили операцию локальной пассивации потоком ионов электрически неактивных примесей (ионов аргона) в следующем режиме:  $E=40 \div 90$  кэВ,  $\Phi \geq 6,0 \cdot 10^{14}$  ион/см<sup>2</sup>. После этого удалялась фоторезистивная маска на установке плазмохимической очистки. Затем проводили операцию гальванического осаждения контактного материала на площадке детали. Осаждение происходит только на непассивированные участки (те, которые были закрыты фоторезистивной маской) детали. Это явление основано на экспериментально обнаруженной авторами зависимости скорости (L) гальванического осаждения контактной металлизации от дозы (рис. 1 а) и энергии (рис. 1 б) ионов.



**Рисунок 1. Зависимость нормированной скорости гальванического осаждения контактной металлизации от энергии и дозы ионов аргона: а —  $E=50$  кэВ;  $\Phi$ , ион/см<sup>2</sup>; б —  $\Phi=6,0 \cdot 10^{15}$ , ион/см<sup>2</sup>;  $E$ , кэВ;**



**Рисунок 2. Схема метода реализации гальванического осаждения при формировании СВЧ-узлов**

Как видно из зависимости  $L(\Phi)$  и  $L(E)$  (рис. 1) при  $\Phi > 6,0 \cdot 10^{14}$  ион/см<sup>2</sup> и  $E = 40 \div 90$  кэВ скорость  $L$  практически равна нулю. В результате проведенных операций получается заданная топология металлических контактов, повторяющая контуры фоторезистивной маски.

Использование предлагаемого способа формирования топологии металлических контактов обеспечивает по сравнению с существующими способами следующие преимущества:

- отпадает необходимость нанесения покрытия гальваническим способом на всю металлическую поверхность и последующего его удаления с неконтактных областей;
- улучшается качество формируемых элементов;
- увеличивается выход годных в производстве; снижается трудоемкость вследствие уменьшения количества операций в предлагаемом маршруте.

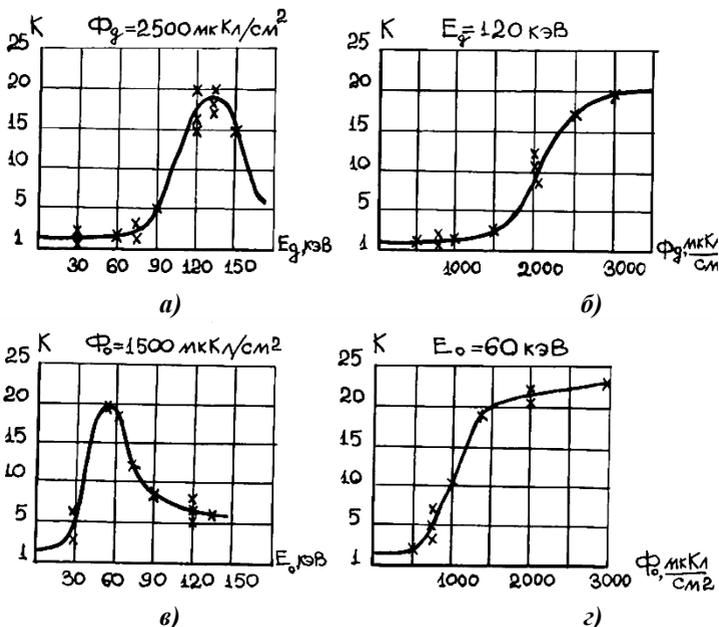
Коэффициент коррозионной стойкости  $K$ , характеризующий увеличение времени до появления первых очагов коррозии в результате ионно-лучевой пассивации, можно определить из отношения:

$$K = t_{и} / t_{н},$$

где:  $t_{и}$  — время до появления первых очагов коррозии материала, подвергнутого ионно-лучевой пассивации,

$t_{н}$  — время до появления первых очагов коррозии неактивированного исходного материала.

На графиках рис. 3 приведены экспериментально полученные зависимости коэффициента коррозионной стойкости  $K$  от дозы и энергии ионно-лучевой пассивации деталей из бериллиевой бронзы.



**Рисунок 3. Экспериментальные зависимости коэффициента коррозионной стойкости ( $K$ ) от энергии и дозы ионов**

Пример реализации способа. Заготовку детали из бериллиевой бронзы марки БрБ2 ГОСТ1789-70 изготавливают их фольги толщиной  $d=100 \mu\text{м}$  с чистой обработкой поверхности по 13 классу шероховатости ( $R_a \leq 0,02$ ). Химическую обработку в полирующем травителе проводят в следующем режиме: температура травителя  $+80^\circ\text{C}$ , время обработки 10—15 секунд. Ионно-лучевую пассивацию ионами аргона проводят в два этапа со следующими режимами:

- основной этап  $E_0=50 \text{ кэВ}$ ,  $\Phi_0 = 1500 \mu\text{Kl}/\text{cm}^2$ ;
- дополнительный этап  $E_d=130 \text{ кэВ}$ ,  $\Phi_d=2500 \mu\text{Kl}/\text{cm}^2$ .

В результате проведения этих операций коррозионная стойкость ионно-пассивированной поверхности детали, оцениваемая по времени

до появления первых точечных очагов коррозии, возрастает в 17 раз [3, с. 24]; на локально ионно-пассивированной поверхности детали получены защищенные от коррозии области.

### **Список литературы:**

1. Лабунов В.А. Развитие микро- и нанoeлектроники / В.А. Лабунов // Оборудование, технологии и аналитические системы для материаловедения, микро- и нанoeлектроники: сб. науч. ст. V Российско-Японского семинара. Саратов, 18 — 19.06.2007. — Саратов, 2007. — Т. 1. — С. 179—201.
2. Перинская И.В. Наноразмерная пассивирующая кластеризация поверхности металлов ионно-лучевой обработкой / В.Н. Лясников, И.В. Перинская, В.В. Перинский //Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов: сборник докладов 7-й Международной российско-японско-казахстанской научной конференции. — Волгоград: ВолгГТУ, 2009. — С. 383—392.
3. Перинская И.В., Лясников В.Н., Перинский В.В. Механизмы влияния ионной имплантации на химическую активность металлов / И.В. Перинская, В.Н. Лясников, В.В. Перинский // Технология металлов. — 2009. — № 8. — С. 22—25.

**ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА  
ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
С МОДЕЛЮ ПЕРВИЧНОГО  
ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ  
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

*Юрасова Екатерина Валерьевна*

*канд. техн. наук, доцент кафедры информационно-измерительной  
техники, доцент Южно-Уральского государственного университета,  
г. Челябинск*

*E-mail: [urasova2004@gmail.com](mailto:urasova2004@gmail.com)*

**DYNAMIC CHARACTERISTICS MEASURING  
SYSTEM WITH SENSOR MODEL TO ANALYZE  
THE ELECTRICAL INPUT SIGNALS**

*Ekaterina Yurasova*

*PhD, Associate Professor of Information and Measuring equipment  
department, assistant professor of Federal State Funded Educational  
Institution of Higher Professional Education "South Ural State University"  
(National Research University), Chelyabinsk*

**АННОТАЦИЯ**

Рассматривается структура измерительной системы, содержащая модель первичного измерительного преобразователя и реализующая модальное управление динамическими характеристиками. На ее основе разработан метод подстройки динамических параметров измерительного канала под шумовую обстановку на выходе первичного измерительного преобразователя. Предложенную систему можно использовать для анализа входных воздействий электроустановок в рабочем и аварийном режимах.

**ABSTRACT**

The structure of the measuring system that based on a sensor model and implements modal control of dynamic characteristics is examined. On its basis a method of dynamic parameters adjustment depending on the noise level at the output of the sensor is developed. The proposed system can be used to analyze the electrical input signals in operation and emergency operation.

**Ключевые слова:** измерительная система; модальное управление; динамические характеристики.

**Keywords:** measurement system; modal control; en dynamic measurement.

При проведении контроля входных параметров электрических схем и устройств в рабочем и аварийном (пробой) режимах возникает необходимость восстановить форму неизвестного входного сигнала или пробивающего импульса. Такие измерения всегда проводятся в динамическом режиме, когда основной составляющей погрешности является динамическая погрешность.

Анализ работ по теории динамических измерений показывает, что хорошо разработаны методы коррекции динамической погрешности на основе решения интегрального уравнения свертки [7, с. 32], а также методы на основе использования обратного преобразования Фурье с параметром регуляризации по А.Н. Тихонову [7, с. 33]. За последнее десятилетие в Южно-Уральском государственном университете сложилось направление научных исследований по восстановлению динамически искаженных измерительных сигналов. В рамках этого направления разрабатываются методы, алгоритмы и специализированное программное обеспечение обработки данных динамических измерений [1, 2, 3, 5, 6]. Результаты работ публикуются в России и за рубежом и находят внедрение в компьютерных испытательно-измерительных системах. Активно разрабатываются методы коррекции динамической погрешности на основе теории автоматического управления [3, с. 5], в которых возможно использование структур с моделями первичного измерительного преобразователя [7].

В данной статье представлена базовая измерительная информационная система с моделью первичного измерительного преобразователя

Для минимизации суммарной динамической погрешности воспользуемся моделью измерительной системы с модальным управлением динамическими характеристиками на основе модели датчика [7]. Структура измерительной системы включает в себя полную динамическую модель первичного измерительного преобразователя (ИП), выход которого связан с аналогичной полной динамической моделью, охваченной обратными связями с изменяемыми коэффициентами  $k_0, k_1, \dots, k_{n-1}$  и фильтром с коэффициентами  $d_0, d_1, \dots, d_m$  на  $m$  интеграторах.

Запишем дифференциальное уравнение первичного измерительного преобразователя:

$$p^n y + a_{n-1} p^{n-1} y + \dots + a_0 y = b_m p^m u + b_{m-1} p^{m-1} u + \dots + b_0 u, \quad (1)$$

где:  $y$  — выходной сигнал первичного ИП;

$u$  — входной измеряемый сигнал первичного ИП;

$a_0, a_1, \dots, a_{n-1}, b_0, b_1, \dots, b_m$  — постоянные коэффициенты ( $m < n$ );

$p = d/dt$  — оператор дифференцирования.

Аналогичным образом модель первичного ИП, присутствующая в измерительной системе как реальное звено, описывается уравнением:

$$p^n y_M + a_{n-1} p^{n-1} y_M + \dots + a_0 y_M = b_m p^m u_M + b_{m-1} p^{m-1} u_M + \dots + b_0 u_M, \quad (2)$$

где:  $y_M, u_M$  — выходной и входной сигналы модели датчика.

Наличие полной динамической модели первичного датчика в структуре измерительного преобразователя устанавливает идентичность дифференциальных уравнений, характеризующих динамические свойства первичного датчика и его модели. Поэтому, если их выходные сигналы будут близки друг к другу, то и их входные сигналы будут мало отличаться один от другого, при наличии регуляризующего действия измерительного канала. Следовательно, по входному сигналу модели, который доступен для наблюдения, можно судить о входном сигнале датчика, для наблюдения недоступном. Значит, критерием оптимальной настройки параметров измерительной системы служит близость выходных сигналов первичного ИП и его модели.

Согласно уравнению (1), передаточная функция первичного ИП:

$$W_D(p) = \frac{y(p)}{U(p)} = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_1 p + b_0}{p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0}, \quad (3)$$

где:  $y(p)$  — изображение выходного сигнала датчика;

$U(p)$  — изображение выходного сигнала датчика.

Модель первичного ИП, описываемая уравнением (2), имеет эту же передаточную функцию. Передаточная функция измерительной системы при отсутствии шума, приведенного к выходу датчика, имеет вид:

$$W_{uc}(p) = \frac{U_M(p)}{U(p)} \Big|_{V(p)=0} = \frac{(b_m - d_m)p^m + (b_{m-1} - d_{m-1})p^{m-1} + \dots + (b_1 - d_1)p + (b_0 - d_0)}{p^n + (a_{n-1} - k_{n-1})p^{n-1} + \dots + (a_1 - k_1)p + (a_0 - k_0)}. \quad (4)$$

Анализ выражения (4) показывает, что изменяя настраиваемые параметры  $k_0, k_1, \dots, k_{n-1}, d_0, d_1, \dots, d_m$ , т. е. задавая нули и полюса передаточной функции измерительной системы, можно получить любую желаемую передаточную функцию системы. Причем, каждый из настраиваемых параметров влияет на один коэффициент передаточной функции. При изменении этих параметров изменяется и передаточная функция по приведенной шумовой составляющей, что приводит к усилению шума в выходном сигнале измерительной системы. При этом наличие выходного и входного сигналов модели позволяет оценить динамическую погрешность измерительной системы. Для этого сформируем сигнал ошибки:

$$e_0 = y - y_M \frac{a_0 - k_0}{b_0 - d_0} = W_{uc} \left( u - u_M \frac{a_0 - k_0}{b_0 - d_0} \right) = W_{uc} e_{uc}, \quad (5)$$

где:  $e_{uc}$  — истинная погрешность измерительной системы.

Формирование разности сигналов по выражению (5) дает оценку погрешности измерительной системы, искаженную от истинной оценки точно также, как искажен выходной сигнал первичного ИП относительно входного.

Для минимизации суммарной динамической погрешности, обусловленной инерционностью первичного ИП, шумами и помехами, присутствующими на его выходе, воспользуемся базовой структурой

измерительной системы. Сигнал на выходе датчика в этом случае примет вид:

$$y_{\partial} = y + V, \quad (6)$$

где:  $V$  — высокочастотный шум на выходе датчика.

Рассмотрим случай, когда управление осуществляется только полюсами передаточной функции измерительной системы. Из структурной схемы измерительной системы [\*? с.], с учетом реально действующего на выходе первичного ИП сигнала шума, можно записать:

$$u_M = u \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_0}{p^n + (a_{n-1} - k_{n-1}) p^{n-1} + \dots + (a_0 - k_0)} + V \frac{p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_0}{p^n + (a_{n-1} - k_{n-1}) p^{n-1} + \dots + (a_0 - k_0)}. \quad (7)$$

Тогда передаточная функция системы при отсутствии на выходе первичного ИП сигнала шума имеет вид:

$$W(p) = \frac{u_M(p)}{u(p)} = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_1 p + b_0}{p^n + (a_{n-1} - k_{n-1}) p^{n-1} + \dots + (a_0 - k_0)}, \quad (8)$$

а передаточная функция по шуму:

$$W_e(p) = \frac{u_M(p)}{V(p)} = \frac{p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_0}{p^n + (a_{n-1} - k_{n-1}) p^{n-1} + \dots + (a_0 - k_0)}. \quad (9)$$

Из выражения (9) видно, что изменяя настраиваемые параметры можно получить оптимальную для данного уровня шума передаточную функцию измерительной системы. Оценка суммарной динамической погрешности производилась на основе структуры

дополнительного канала оценителя погрешности [7]. При прохождении шума, присутствующего в выходном сигнале первичного ИП, в выходной сигнал модели происходит его усиление. Сигнал погрешности вида (5) этого усиления не почувствует. Следовательно, формирование ошибки необходимо провести так, чтобы она чувствовала это усиление. Поэтому, за сигнал погрешности примем:

$$e_1 = W(p) \cdot e_{uc} \quad (10)$$

Выражение (10) обеспечивает усиление шума в погрешности в той же степени, что и его усиление в выходном сигнале измерительной системы, т. к.:

$$e_1 = W(p)e_{uc} + V \frac{W(p)}{W_{uc}(p)} \quad (11)$$

Из (11) видно, что динамическое соотношение между уровнями полезного сигнала и сигнала шума в оценителе погрешности полностью аналогично данному соотношению в измерительном преобразователе. Значит, критерием настройки коэффициентов на их оптимальное для данного уровня шума значение можно считать минимум оценки динамической погрешности, получаемой из канала оценителя.

Для подтверждения вышеизложенной теории было произведено математическое моделирование измерительной системы динамических параметров, построенного на основе датчика второго порядка с передаточной функцией:

$$W_D(p) = \frac{1}{p^2 + a_1 p + a_0} \quad (11)$$

где:  $a_0 = b_0$ .

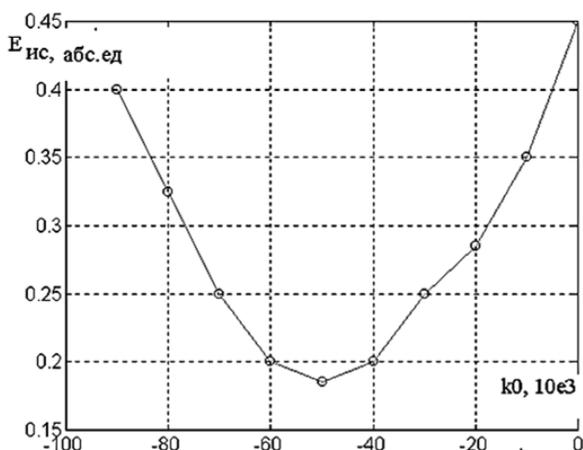
В этом случае передаточная функция системы, приведенная к единичному коэффициенту усиления, примет вид:

$$W_{uc}(P) = \frac{b_0}{p^2 + (a_1 - k_1)p + (a_0 - k_0)} \frac{a_0 - k_0}{b_0} \quad (12)$$

Здесь присутствуют два настраиваемых коэффициента  $k_0$ ,  $k_1$ .

Рассмотрим первый случай, когда измерения проводятся в рабочем режиме. Входной измеряемый сигнал примем:  $u(t) = 1 \cdot \sin(100 \cdot t)$ , а дополнительный сигнал шума на выходе датчика:  $v(t) = 0.05 \cdot \sin(1000 \cdot t)$ .

Результаты математического моделирования приведены на рисунке 1. Оптимальное значение настраиваемых коэффициентов ярко выделяется минимумом динамической погрешности. Настройка параметров на оптимальное значение позволило снизить погрешность измерения на 80 %, по отношению к уровню погрешности датчика.



**Рисунок 1. Влияние коэффициента обратной связи на величину погрешности измерительной системы**

Рассмотрим второй случай, когда измерения проводятся при аварийном режиме электроустановок. В качестве модели этой ситуации на вход первичного датчика подавался прямоугольный импульс достаточной, для окончания переходного процесса, длительности. Сигнал шума на выходе первичного измерительного преобразователя остался неизменным. Результаты математического моделирования показали, что настройка динамических параметров измерительной системы на оптимальные, для данного уровня шума, значения снизила погрешность измерения на 50 % от уровня шума датчика.

Использование модели измерительной системы с модальным управлением динамическими характеристиками на основе модели первичного ИП позволяет восстановить входной сигнал первичного измерительного преобразователя с высокочастотными шумами на выходе с меньшей динамической погрешностью. Представленный измерительный преобразователь может быть использован при анализе входных воздействий электроустановок.

### **Список литературы:**

1. Бизяев М.Н. Динамические модели и алгоритмы восстановления динамически искаженных сигналов измерительных систем в скользящем режиме: Автореф. дис. канд. техн. наук — Челябинск, 2004. — 23 с.
2. Волосников А.С. Нейросетевые модели и алгоритмы восстановления сигналов динамических измерительных систем: Автореф. дис. канд. техн. наук — Челябинск, 2006. — 20 с.
3. Солдаткина Е.В. Алгоритмы адаптации параметров измерительной системы к минимуму оценки динамической погрешности: Автореф. дис. канд. техн. наук — Челябинск, 2000. — 20 с.
4. Солопченко Г.Н. Обратные задачи в измерительных процедурах //Измерения, контроль, автоматизация. — 1983. — № 2. — С. 32—46.
5. Шестаков А.Л. Оптимальное измерение динамически искаженных сигналов / Шестаков А.Л., Свиридюк Г.А. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. — 2011. — № 17 (234). — С. 70—75.
6. Шестаков А.Л. Решение обратной задачи динамики измерений с использованием вектора состояния первичного измерительного преобразователя / Шестаков А.Л., Ибряева О.Л., Иосифов Д.Ю. //Автометрия. — 2012. — Т. 48. — № 5. — С. 74—81.
7. Shestakov A.L. Dynamic error correction method // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. — 1996. — Т. 45. — № 1. — С. 250—255.

## СЕКЦИЯ 10.

### БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ

#### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ В АТМОСФЕРЕ ГАЗОВЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ

*Чернявский Сергей Анатольевич*

*аспирант НИУ МИЭТ,*

*г. Зеленоград*

*E-mail: [spin204@yandex.ru](mailto:spin204@yandex.ru)*

#### MATHEMATICAL MODEL OF PROCESS OF DISTRIBUTION OF GAS POLLUTANTS IN THE ATMOSPHERE UNDER DIFFERENT WEATHER CONDITIONS

*Sergey Chernyavskiy*

*Postgraduate of National Research University of Electronic Technology,  
Zelenograd*

#### АННОТАЦИЯ

В работе проведены аналитические исследования процессов распространения в атмосфере вредных выбросов предприятий. В качестве основного атмосферного загрязнителя рассматривается углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ).

В работе приводится функция Грина для задачи о разовом мгновенном выбросе вредной примеси в стандартном приземном слое атмосферы с заданным ветровым полем и получено выражение для концентрации примесей в стационарном случае и при непрерывно действующем источнике загрязнения. Построены уровни равного

загрязнения атмосферы и проанализирована их трансформация при изменении параметров источника.

#### ABSTRACT

In the work we are conducted analytical research of the processes of propagation in atmosphere of harmful emissions of the enterprises. As the main atmospheric pollutant is considered carbon dioxide (CO<sub>2</sub>).

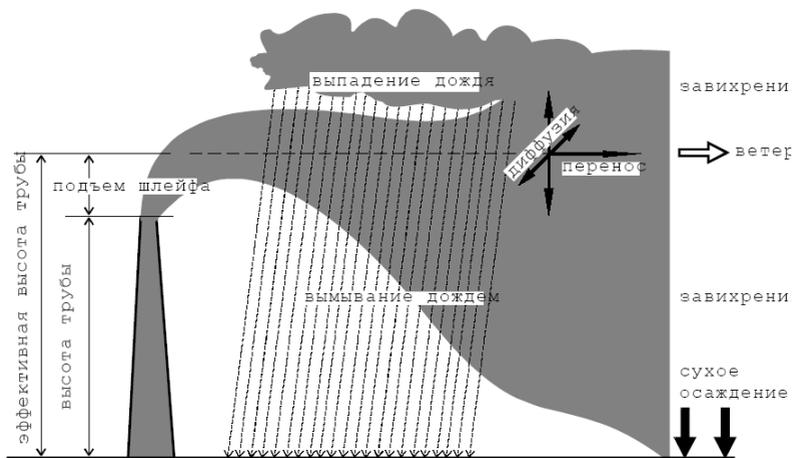
The work gives the Green's function for the problem of a one-time instantaneous release of harmful impurities in the standard surface layer of the atmosphere with a given wind field and the obtained expression for the concentration of impurities in the stationary case, and the continuously active source of pollution. We are built levels equal to the pollution of the atmosphere and analyzed their transformation to change the settings of the source.

**Ключевые слова:** турбулентная диффузия; стационарный источник; газовый загрязнитель; абсорбция.

**Keywords:** eddy diffusion; stationary source; gas pollutant; absorption.

Газообразные вещества, выбрасываемые в атмосферу функционирующими предприятиями, представляют серьёзную угрозу для стабильности атмосферы и климата. Например, накопление парниковых газов нарушает естественный температурный баланс, ведет к потеплению поверхности Земли и, как следствие, глобальному изменению климата. Другие газы, такие, как аммиак, оксиды азота и серы приводят к химическому загрязнению атмосферы, кислотным дождям и фотохимическому смогу. Работы, посвящённые исследованию загрязнения атмосферы, ведутся уже много лет и сохраняют свою актуальность.

Современные математические и компьютерные методы расчётов концентраций газовых загрязнителей в атмосфере позволяют точнее предсказывать загрязнение атмосферы и, в частности, более детально изучать их воздействие на климат Земли.



**Рисунок 1. Распространение газовых загрязнителей в атмосфере и воздействие на них атмосферных осадков**

Рассматривается задача о распространение в приземном слое атмосферы газовых загрязнителей, выбрасываемых промышленным предприятием. Относительно источника выбросов экологического загрязнения, моделируемого точечным источником, будем считать известными его «производительность» —  $I$  и его пространственное расположение. Ветровое поле  $\vec{v} = \vec{v}(\vec{r})$  будем считать плоскостойким, постоянным на каждой высоте и не меняющемся во времени.

В задаче требуется определить распределение концентрации газов в атмосфере.

В основу математической модели положена Гауссова модель. Основным уравнением, характеризующим распространение газов в атмосфере, является локальный закон сохранения вещества, который представлен в виде:

$$\frac{\partial n}{\partial t} + \text{div}(\vec{J}) + \lambda n = 0 \quad (1)$$

Здесь  $n$  — концентрация газового загрязнителя;

$\lambda$  — коэффициент, описывающий уменьшение концентрации газового загрязнителя за счёт абсорбции;

$\vec{J}$  — плотность потока диффундирующего вещества, представляющего собой сумму потоков диффузии:

$$\vec{J} = \vec{J}_1 + \vec{J}_2, \quad (2)$$

$$\vec{J}_1 = n(x, y, z, t) \cdot \vec{v}(x, y, z), \quad (3)$$

$$\vec{J}_2 = -(K_1 + K_2) \text{grad}(n(x, y, z, t)) \quad (4)$$

$\vec{J}_1$  — поток молекулярной диффузии;

$\vec{J}_2$  — поток турбулентной диффузии;

$K_1$  — коэффициент молекулярной диффузии, который отражает перенос газа в нижний слой атмосферы;

$K_2$  — коэффициент турбулентной диффузии, который отражает перенос газа в верхние слои атмосферы в случае анизотропной среды.

Перенос газового загрязнителя в нижний слой незначителен в отличие от переноса в верхние слои атмосферы, поэтому  $K_1 \approx 0$ .

С учётом подстановок в уравнение (1) соотношений (2)—(4) и сделанных математических преобразований имеем следующее дифференциальное уравнение [1]:

$$\frac{\partial n}{\partial t} + v_x \frac{\partial n}{\partial x} + v_y \frac{\partial n}{\partial y} + v_z \frac{\partial n}{\partial z} = k_x \frac{\partial^2 n}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 n}{\partial y^2} + k_z \frac{\partial^2 n}{\partial z^2} - \lambda n \quad (5)$$

Уравнение (5) представляет собой уравнение турбулентной диффузии. Его решение получим при следующих приближениях.

Ветровое поле стационарно, вектор  $\vec{v} = \vec{v}(z)$  параллелен поверхности земли и направлен вдоль оси  $x$ , в выбранной нами системе координат. На первом этапе будем полагать, что осадки отсутствуют ( $\lambda = 0$ ). Относительно турбулентности атмосферы, предположим её изотропность и однородность, т. е.  $k_x \approx k_y \approx k_z = k$ .

Смоделируем источник экологического загрязнения точечным источником мощности  $M$ , расположенного в точке с координатами

$(0,0,H)$ , через которую в атмосферу выбрасывается газовый загрязнитель [2], [3].

С учётом сделанных допущений уравнение (5), описывающее появление и распространение парниковых газов, имеет вид:

$$\frac{\partial n}{\partial t} + v_x \frac{\partial n}{\partial x} - k \Delta n = M \delta(y) \delta(z - H) \delta(t) \quad (6)$$

Естественно предположить, что на бесконечном удалении от источника, концентрация выброшенных парниковых газов стремится к нулю, т. е.  $n \rightarrow 0$  при  $|\vec{r}| \rightarrow \infty$ .

Решения уравнения (6), описывающего эволюцию распространения парникового газа при разовом выбросе имеют вид [4]:

$$n_1(x, y, z, t) = \frac{M}{8(k\pi t)^{\frac{3}{2}}} e^{-\frac{(x-v_x t)^2}{4kt} - \frac{y^2}{4kt}} \left( e^{-\frac{(z-H)^2}{4kt}} + e^{-\frac{(z+H)^2}{4kt}} \right) \quad (7)$$

$$n_2(x, y, z, t) = \frac{M}{8(k\pi t)^{\frac{3}{2}}} e^{-\frac{(x-v_x t)^2}{4kt} - \frac{y^2}{4kt}} \left( e^{-\frac{(z-H)^2}{4kt}} - e^{-\frac{(z+H)^2}{4kt}} \right) \quad (8)$$

где:  $t$  — время, прошедшее после выброса, с;

$M$  — мощность непрерывного точечного источника (выбросы вещества в единицу времени), г/с;

$k$  — коэффициент турбулентной диффузии,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$v_x$  — средняя по высоте скорость ветра, м/с;

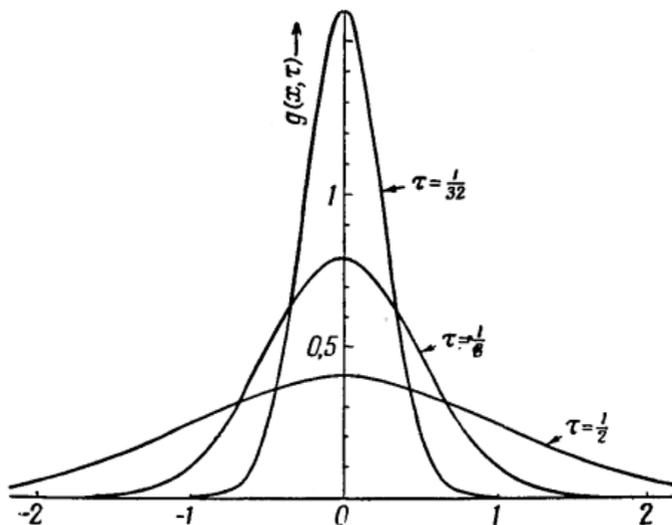
$H$  — высота трубы, м.

Решение (7) имеет место при распространении газового загрязнителя над земной, а (8) — над водной поверхностями.

В основу (7) и (8) входит функция Грина для одномерного случая распространения газов в атмосфере, которая представлена формулой:

$$Q(t, x) = \frac{M}{2\sqrt{\pi k_0 t v_x}} e^{-\frac{(x-v_x t)^2}{4k_0 x}}$$

График функции Грина представлен на рисунке 2.



**Рисунок 2. График функции Грина для уравнения турбулентной диффузии в одном измерении для единичного источника, введённого при  $x = 0$ ,  $t = 0$  для различных моментов времени**

Для исследования процесса распространения концентрации  $\text{CO}_2$  зададим числовые параметры (7) и (8):

$$M = 1000 \text{ г/с}, \quad z = H = 20 \text{ м}, \quad k = 1,55 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{с}, \quad v_x = 7 \text{ м/с}$$

Для уравнений (7) и (8) составим таблицу уравнений окружностей при заданном времени для иллюстрации распространения  $\text{CO}_2$  в атмосфере, также численно зададим значения функции распространения концентрации  $n_1(x, y, z, t)$  и  $n_2(x, y, z, t)$  в соответствующие моменты времени.

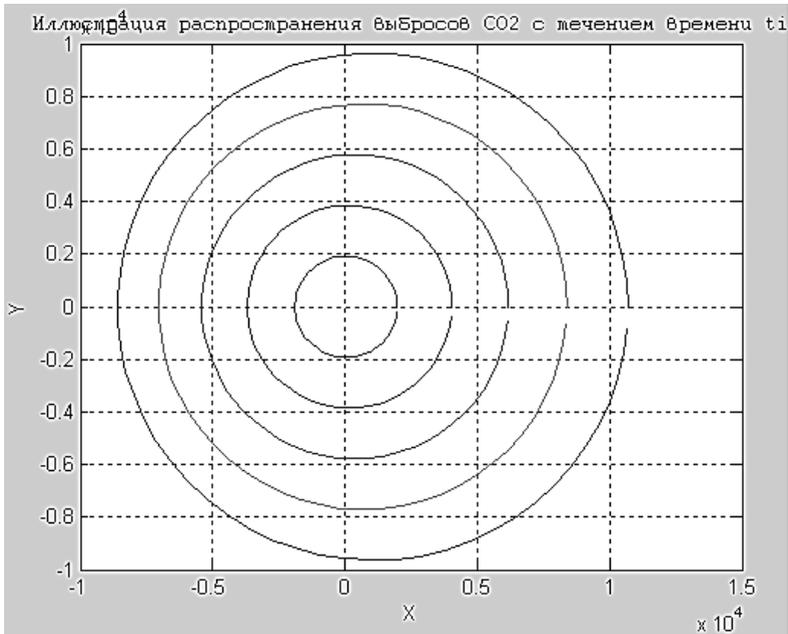
Таблица 1.

**Численные значения функций распространений концентраций над земной и водной поверхностями в соответствующий момент времени, и уравнения, определяющие линии уровня распространения газового загрязнителя**

Время (t, с)	Значение функции $n_1(t, x, y, z)$ , г/с×м <sup>3</sup>	Значение функции $n_2(t, x, y, z)$ , г/с×м <sup>3</sup>	Уравнение
6	$1,841 \cdot 10^{-8}$	$3,96 \cdot 10^{-12}$	$\left(\frac{x-42}{1928}\right)^2 + \left(\frac{y}{1928}\right)^2 = 1$
24	$2,302 \cdot 10^{-9}$	$1,237 \cdot 10^{-13}$	$\left(\frac{x-168}{3857}\right)^2 + \left(\frac{y}{3857}\right)^2 = 1$
54	$6,821 \cdot 10^{-10}$	$1,63 \cdot 10^{-14}$	$\left(\frac{x-378}{5786}\right)^2 + \left(\frac{y}{5786}\right)^2 = 1$
96	$2,877 \cdot 10^{-10}$	$3,868 \cdot 10^{-15}$	$\left(\frac{x-672}{7715}\right)^2 + \left(\frac{y}{7715}\right)^2 = 1$
150	$1,473 \cdot 10^{-10}$	$1,267 \cdot 10^{-15}$	$\left(\frac{x-1050}{9644}\right)^2 + \left(\frac{y}{9644}\right)^2 = 1$

По таблице 1 построен график распространения концентрации газа над подстилающей поверхностью. По структуре график распространения концентрации CO<sub>2</sub> над земной поверхностью подобен график распространения концентрации CO<sub>2</sub> над водной поверхностью. Численно различаются только значения  $n_1(t, x, y, z)$  и  $n_2(t, x, y, z)$ .

Таблица 1 и рисунок 3 подтверждают факт естественных условий, согласно которым с большим течением времени концентрация CO<sub>2</sub> уменьшается.



**Рисунок 3. Распространение выбросов CO<sub>2</sub> в атмосфере при разных значениях функции (28) и (29) в разные моменты времени**

Проанализировав (8) очевидно, что водная поверхность хорошо абсорбирует газовый загрязнитель, т. е. [1]:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \iiint_{V'} n_2(x, y, z, t) dx dy dz =$$

$$= \iiint_{V'} M \left[ \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{8(k\pi t)^{\frac{3}{2}}} e^{-\frac{(x-v_x t)^2}{4kt} - \frac{y^2}{4kt}} \cdot \left( e^{-\frac{(z-H)^2}{4kt}} + e^{-\frac{(z+H)^2}{4kt}} \right) \right] dx dy dz = 0$$

В частности, водная поверхность, особенно холодная вода, хорошо поглощает CO<sub>2</sub>.

В случае непрерывного действия источников, функцию стационарного распределения концентрации газовых загрязнителей в атмосфере можно получить, используя соотношения (7) или (8).

В качестве примера, рассмотрим вывод выражения для стационарной концентрации газового загрязнителя над земной поверхностью.

Нетрудно видеть, что:

$$n_s(x, y, z) = \int_{-\infty}^t I(t') n(x, y, z, t - t') dt' = \int_0^{\infty} n_1(x, y, z, \tau) d\tau$$

Значение интеграла дающего функцию распределения концентрации газового загрязнителя для случая стационарных выбросов при отсутствии атмосферных осадков, имеет вид:

$$n_s(x, y, z) = \frac{M}{4\pi k} \cdot e^{\frac{xy_x}{2k}} \left( \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 + (z - H)^2}} e^{-\frac{y_x}{2k} \sqrt{x^2 + y^2 + (z - H)^2}} + \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 + (z + H)^2}} e^{-\frac{y_x}{2k} \sqrt{x^2 + y^2 + (z + H)^2}} \right) \quad (9)$$

При наличии атмосферных осадков в нестационарном случае при разовом выбросе, функция распространения концентрации газового загрязнителя может быть представлена в виде:

$$n(x, y, z, t) = n_1(x, y, z, t) e^{-\lambda t},$$

$$n(x, y, z, t) = \frac{M}{8(k\pi t)^{\frac{3}{2}}} \cdot e^{-\frac{(x - v_x t)^2 + y^2}{4kt}} \cdot e^{-\lambda t} \cdot \left( e^{-\frac{(z - H)^2}{4kt}} + e^{-\frac{(z + H)^2}{4kt}} \right)$$

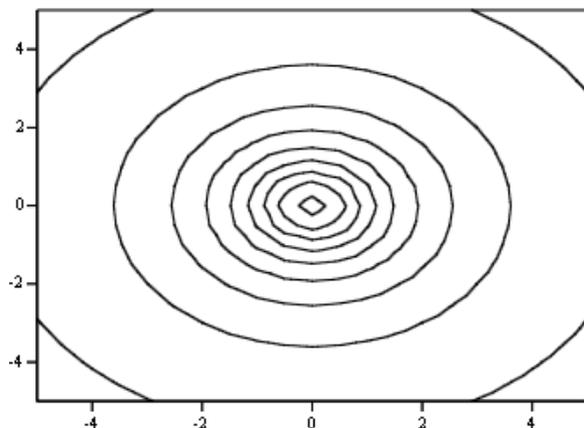
Соответствующее стационарное решение  $n_\lambda$  в случае атмосферных осадков находится по формуле, аналогичной (9):

$$n_\lambda(x, y, z) = \frac{M}{4\pi k} \cdot e^{\frac{xy_x}{2k}} \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 + (z - H)^2}} e^{-\frac{1}{2k} \sqrt{x^2 + y^2 + (z - H)^2} (\sqrt{v_x^2 + 4k\lambda})} + \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 + (z + H)^2}} e^{-\frac{1}{2k} \sqrt{x^2 + y^2 + (z + H)^2} (\sqrt{v_x^2 + 4k\lambda})} \right) \quad (10)$$

Коэффициент абсорбции  $\lambda$  зависит от интенсивности осадков, и влияет на уменьшение газовых загрязнителей из атмосферы.

В работе в качестве примера осадков взята морось, воздействующая на газовый загрязнитель, интенсивность которой  $0,01 \text{ с}^{-1}$ .

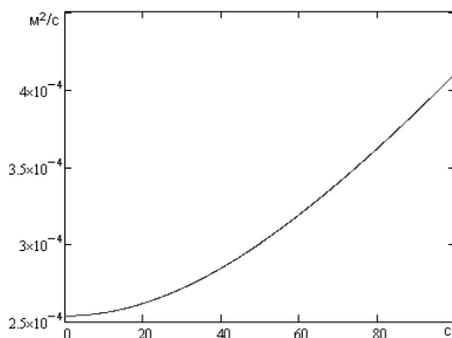
Контурные графики, иллюстрирующие распространение газа в пространстве при отсутствии и наличие атмосферных осадков подобны. Структура рисунка начинает изменяться при очень сильной скорости ветра, т. е. при мощном урагане.



*Рисунок 4. Контурный график распространения  $\text{CO}_2$  в атмосфере*

В формуле (10) присутствует дополнительный множитель, отвечающий за воздействие атмосферных осадков на газовый загрязнитель. Данный множитель называется эффективным коэффициентом диффузии ( $\mu$ ) и в общем случае является функцией скорости ветра:

$$\mu(v_x) = \frac{\sqrt{v_x^2 + 4k\lambda}}{2k}$$



**Рисунок 5. Изменение эффективного коэффициента диффузии с изменением скорости ветра**

Аналитические и численные исследования распространения газовых загрязнителей в атмосфере при наличии и отсутствии атмосферных осадков показали, что с большим течением времени концентрация рассеивается в атмосфере. Кроме того, ветер с большой скоростью может уносить загрязнители на большие расстояния. Используемый математический аппарат удобен для графических иллюстраций процесса распространения вредных веществ в атмосфере. Результаты исследований могут быть использованы при исследовании процесса превращения газообразных веществ в более сложные соединения в атмосфере, такие как кислотные дожди и аэрозоли. Исследования также удобны для проектировании промышленных объектов с целью учёта вредного влияния выбросов на окружающую среду.

### Список литературы:

1. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. — Л.: Гидрометеоздат, 1975. — 449 с.
2. Замай С.С., Якубайлик О.Э. Моделирование оценки и прогноза загрязнения атмосферы промышленными выбросами в информационно-аналитической системе природоохранных служб крупного города: Учебное пособие. — Красноярск: Красноярский Государственный Университет, 1998. — 109 с.
3. Калиткин Н.Н., Карпенко Н.В., Михайлов А.П., В.Ф. Тишкин. Моделирование процессов природы и общества. — М.: Физматлит, 2005. — 360 с.
4. Степаненко С.Н., Волошин В.Г., Типцов С.В.. Решение уравнения турбулентной диффузии для стационарного и точечного источника / Украинский экологический журнал. — О: Одесский государственный экологический университет, 2007. — 24 с.

## СЕКЦИЯ 11.

### ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ НАУКОЕМКИХ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМНОГО И ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА

*Шевченко Михаил Игоревич*

*начальник отдела, МАТИ — Российский государственный  
технологический университет имени К.Э. Циолковского, г. Москва  
E-mail: [mick63f@gmail.com](mailto:mick63f@gmail.com)*

*Черняев Александр Владимирович*

*д-р техн. наук, профессор, МАТИ — Российский государственный  
технологический университет имени К.Э. Циолковского, г. Москва  
E-mail: [alex\\_v\\_ch@bk.ru](mailto:alex_v_ch@bk.ru)*

#### DEVELOPMENT OF PROJECT MANAGEMENT PROCESSES OF HIGH TECHNOLOGY KNOWLEDGE-INTENSIVE PRODUCTS USING SYSTEM AND PROCESS APPROACHES

*Mikhail Shevchenko*

*Division head, 'MATI' — Russian State Technological University, Moscow*

*Alexander Tchernyaev*

*Doctor of Engineering Science, professor, 'MATI' — Russian State  
Technological University, Moscow*

## АННОТАЦИЯ

Выполнен анализ процессов управления проектами наукоемких изделий сложной техники с применением системного и процессного подхода. Рассмотрено взаимодействие между фазами жизненного цикла проектирования новой техники, а так же процессы управления в фазе жизненного цикла проекта.

## ABSTRACT

There was conducted an analysis of project management processes of high technology knowledge-intensive equipment using system and process approaches. Collaboration between lifecycle phases of new equipment project planning as well as the management process in a project lifecycle phase was considered.

**Ключевые слова:** процессы управления; системный подход; процессный подход; жизненный цикл; проектирование.

**Key words:** management process; system approach; process approach; life cycle; project planning.

Создание сложной техники диктует необходимость применения системного подхода к ее исследованию. В широком смысле системный подход — это методология исследования любых объектов посредством представления их как систем и анализа этих систем. Системная концепция проектирования является прямым следствием комплексного рассмотрения этого процесса как со стороны управляющей (проектирующей) системы, реализующей целенаправленную деятельность субъектов (разработчиков), так и со стороны управляемой (проектируемой) системы, т. е. самого объекта проектирования. При таком подходе проектирование рассматривается как система взаимоувязанных проектных решений и обеспечивающих их технических и организационно-экономических мероприятий, составляющих содержание процессов управления создаваемой техники.

Важным аспектом системной концепции проектирования является рассмотрение процессов воспроизводства как особой формы управления качеством в жизненном цикле создаваемой и применяемой техники, на стадиях и этапах которого формируются и проявляются ее основные свойства. Последовательность стадий жизненного цикла техники определяет следующий принцип управления, обычно называемый принципом последовательного формирования качества: качество техники закладывается при ее исследовании и проектировании, обеспечивается в производстве и реализуется в процессе ее эксплуатации. Отсюда следует, что управление качеством техники

осуществляется опосредованно — через управление качеством процессов ее создания и использования. Системная концепция проектирования и вытекающий из нее принцип управления составляют методологическую основу организации проектных исследований.

Совокупность процессов проектирования новых изделий сложной техники можно разделить на следующие категории:

- *процессы управления проектами;*
- *процессы, ориентированные на изделие,* определяющие жизненный цикл (ЖЦ) проекта и касающиеся непосредственно спецификации и производства нового изделия.

Данные процессы постоянно пересекаются и взаимодействуют друг с другом по ходу проекта. Его реализация проходит различные фазы, называемые жизненным циклом (ЖЦ) проекта. Сформулируем основные универсальные характеристики ЖЦ проекта и на этой основе сформируем общие принципы управления проектами новых изделий сложной техники.

Набор и последовательность процессов, ориентированных на продукт, уникальны и определяются ЖЦ проекта. Однако существуют процессы управления проектами, которые протекают в рамках каждой из фаз ЖЦ проекта. Принято разделять процессы УП на следующие группы:

- *процессы инициирования* — распознавание того, что определенный проект или фаза должны начаться и для их выполнения необходимо привлечение ресурсов;
- *процессы планирования* — создание и поддержание работоспособной схемы достижения деловой цели;
- *процессы исполнения* — координация людских и других ресурсов для выполнения плана;
- *процессы мониторинга и анализа* (риски, проблемы, изменения) — проверка достижения поставленных целей путем отслеживания и измерения процессов и, при необходимости, назначения корректирующих действий;
- *процессы завершения* — формализация приемки результатов проекта или фазы и приведение их к соответствующему концу.

Для более полного описания взаимодействия процессов управления проектом необходимо использовать принципы, заложенные в основу стандартов ИСО серии 9000. Процессный подход предполагает необходимость осуществления не только проверки выполнения поставленных задач (выходного контроля), но и постоянного контроля процесса (мониторинга процесса) [1, с. 47]. Кроме того, внешние

условия среды постоянно изменяются и любая система должна стремиться к непрерывным улучшениям.

Таким образом, к перечисленным выше 5 процессам управления проектами необходимо добавить процессы улучшения. Процессы улучшения возникают, когда полученные результаты (выходные данные) проекта или фазы не удовлетворяют заданным входным параметрам или изменившимся условиям среды и возникает необходимость принятия корректирующих или предупреждающих действий. Исходя из приведенных выше рассуждений, каждую фазу ЖЦ проекта можно декомпозировать и представить согласно концепции «PDCA» в виде 7 групп процессов управления проектом.

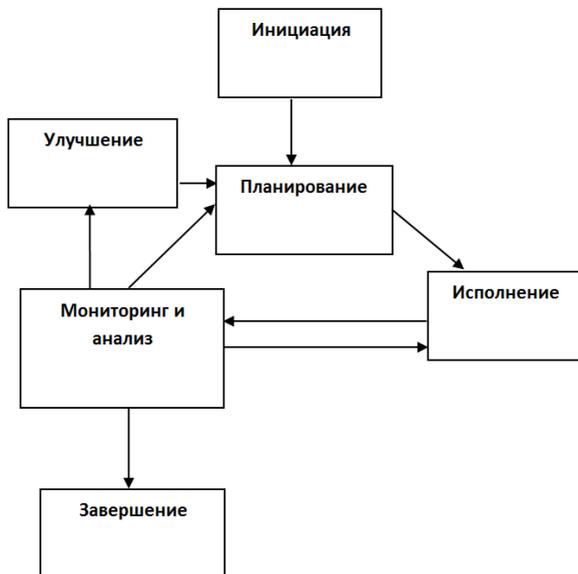
Следует заметить, что группы процессов управления проектами не являются дискретными единичными событиями — это пересекающиеся работы, проявляющиеся с разными уровнями интенсивности внутри каждой фазы проекта (рис. 1).

Каждую из выявленных групп процессов можно декомпозировать для определения взаимосвязей между процессами внутри группы. Представляется целесообразным использовать подходы, положенные в основу стандартов ИСО серии 9000, рекомендующие распространять управление качеством проекта как на управление проектом, так и на продукт проекта [2, с. 23]. В связи с этим критическим аспектом в управлении качеством в контексте проекта можно считать необходимость обратить предполагаемые нужды в заявленные посредством управления замыслом проекта.

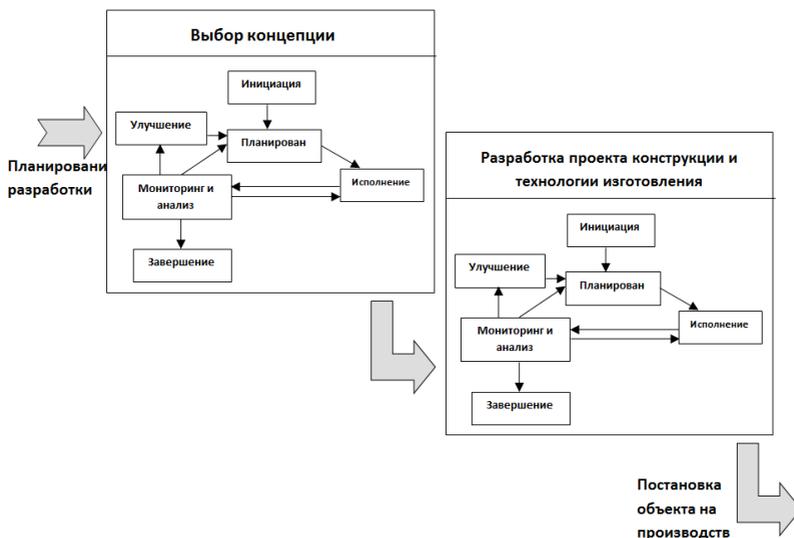
Следует отметить, что управление качеством только дополняет современное управление проектами, процессы же управления качеством проекта рассматриваются как вспомогательные. При этом следует четко разграничивать процессы, которые направлены на планирование и достижение требуемого качества нового изделия, и процессы управления проектом. К процессам управления качеством относятся только элементы описания процессов и изделия, а также процессы, относящиеся в МС ИСО 9001:2000, к разделу 8 «Измерение, анализ, улучшение».

Сформулируем содержание и основные требования к приведенным на рис. 2 процессам.

Процессы инициации. Инициация предполагает определение глобальной цели проекта и включает единственный подпроцесс — авторизацию, то есть решение начать следующую фазу проекта.



*Рисунок 1. Взаимосвязь групп процессов в фазе ЖЦ проекта*



*Рисунок 2. Взаимодействие между фазами ЖЦ проектирования новой техники*

*Процессы планирования.* Признаком уникальности проекта не позволяет подвергнуть деятельность по его разработке строгой унификации. В связи с этим планирование является одним из наиболее значимых процессов при разработке проекта. Планирование включает достаточно много процессов, однако усилия, прилагаемые для планирования, следует соизмерять с целями проекта и полезностью полученной информации.

На этапе планирования определяются требуемые параметры качества проекта и пути их достижения. Взаимосвязи между процессами планирования представлены на рис. 3.



**Рисунок 3. Процессы планирования**

В ходе исполнения проекта данные процессы повторяются. В результате могут измениться цели проекта, ресурсы, бюджет и т. д. Также следует отметить, что для одного проекта различными командами проекта могут быть разработаны различные планы. Пакеты управления проектами, при одинаковых исходных данных, могут составить различные расписания выполнения работ.

Некоторые из процессов планирования имеют четкие логические и информационные взаимосвязи. Они выполняются в одном порядке

практически во всех проектах. Такие процессы относятся к основным процессам группы процессов планирования. К ним относятся:

- *планирование замысла проекта* — уточнение требований потребителя, определение требований к входным и выходным параметрам проекта;
- *разработка процессов проекта* — определение и документирование последовательности проведения работ, их продолжительности, ресурсов проекта и рабочих процедур;
- *составление сметы* — оценка стоимости ресурсов, необходимых для выполнения работ проекта;
- *планирование параметров качества проекта* (управляемых параметров проекта) — определение количественных характеристик процессов проекта, а также путей их достижения. К основным параметрам качества проекта, определяемым при планировании качества проекта, относятся: характеристики технологического процесса (процесса разработки) проекта; характеристики средств технологического оснащения; технико-экономические показатели; сроки реализации проекта;
- *разработка качества плана проекта* — сбор результатов прочих процессов планирования и их объединение в согласованный связанный документ.

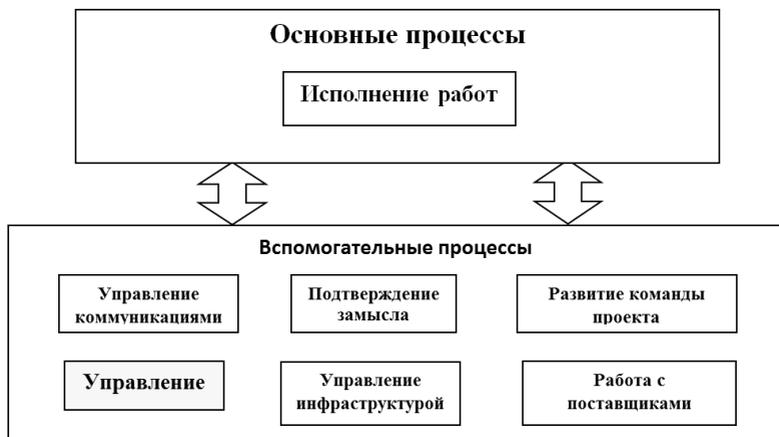
Помимо основных процессов планирования существуют вспомогательные процессы, наличие и взаимодействие которых сильно зависит от природы конкретного проекта:

- *планирование нормативного обеспечения* — определение нормативных требований, которые необходимо учесть при реализации проекта;
- *планирование организации* — определение, документирование и назначение ролей, ответственности и взаимоотношений отчетности в организации;
- *назначение персонала* — определение требований к персоналу и назначение человеческих ресурсов на выполнение работ проекта;
- *планирование коммуникаций* — определение потоков информации и способов взаимодействия, необходимых для участников проекта;
- *идентификация риска* — определение и документирование событий риска, которые могут повлиять на проект;
- *планирование поставок* — выработка требований к поставкам и критериев выбора поставщиков.

*Процессы исполнения.* В данном случае исполнение рассматривается как процессы, связанные с реализацией, проектированием

объекта. Исполнение проекта регулярно измеряться и анализироваться с целью выявления отклонения от намеченного плана, а так же оценивания влияния на проект, поэтому процессы исполнения непрерывно связаны с процессами контроля и мониторинга.

Процессы исполнения (рис. 4) можно разделить на основные и вспомогательные.



**Рисунок 4. Процессы исполнения**

К основным относится непосредственно процесс проектирования объекта и подготовка к постановке его на производство. Среди вспомогательных процессов выделяются:

- *управление коммуникациями* — подготовка и распределение необходимой для участников проекта информации с требуемой периодичностью;
- *управление данными* — получение рекомендаций, отзывов, предложений, заявок и т. д.;
- *подтверждение замысла* — формализация приемки замысла проекта;
- *управление инфраструктурой* — создание и поддержание условий труда, необходимых для реализации проекта;
- *развитие команды проекта* — повышение квалификации участников команды проекта, развитие групповых и индивидуальных навыков, требуемых для повышения эффективности проекта;
- *работа с поставщиками* — оценка предложений, выбор поставщиков и подрядчиков, заключение контрактов.

*Процессы мониторинга и анализа.* Эффективность выполнения проекта должна регулярно оцениваться с целью обнаружения отклонений от плана. При обнаружении таких отклонений назначаются соответствующие корректирующие действия. Все выявленные отклонения от плана регистрируются с целью их последующего анализа и принятия возможных предупреждающих действий.

Процессы мониторинга и анализа включают в себя анализ плана и исполнения проекта плана. Мониторинг и анализ плана определяет, соответствует ли составленный план исполнения проекта требованиям участников проекта. Данную группу процессов можно считать итеративной по своей природе, так как в дальнейшем изложении анализ плана включается в группу процессов планирования. Исходя из этого, под процессами анализа в дальнейшем понимаются процессы анализа исполнения.

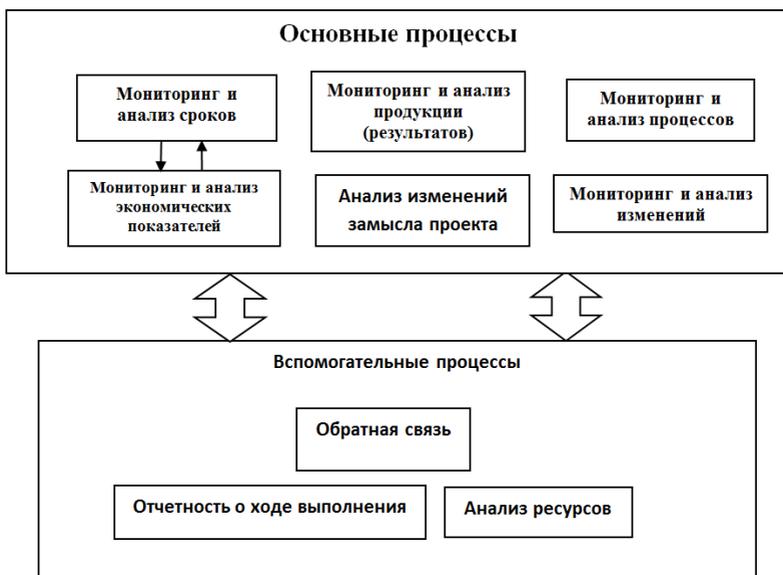
Процессы анализа исполнения служат для оценки состояния и прогноза успешности исполнения данного проекта в соответствии с запланированными показателями качества, а так же ограничениям, которые были определены на стадии планирования. Так как, каждый проект является уникальным, данные критерии не могут являться универсальными, здесь в группу основных процессов вошли только те показатели, которые характерны для большинства проектов. Для каждого конкретного проекта необходимо вносить в эту группу дополнительные специфические показатели.

В случае отрицательного прогноза принимается решение о необходимости корректирующих воздействий. Их выбор осуществляется в процессах улучшения. Процессы анализа можно представить как основные и вспомогательные (рис. 5).

К основным относятся процессы анализа непосредственно связанные с целями проекта, а так же показателями, которые характеризуют успешность исполнения проекта:

- *мониторинг и анализ сроков* — определение соответствия фактических и прогнозных сроков исполнения операций проекта директивным или запланированным;
- *мониторинг и анализ экономических показателей* — определение соответствия фактических и прогнозных экономических показателей операций и фаз проекта директивным и запланированным;
- *мониторинг и анализ продукции (результатов)* — мониторинг результатов с целью их проверки на соответствие требованиям нормативов и установленным требованиям потребителя (заказчика);

- *анализ изменений замысла проекта* — анализ изменений, вносимых в первоначальный замысел проекта, определенный на этапе планирования;
- *мониторинг и анализ процессов проекта* — мониторинг технологических показателей процессов, уникальных для каждого конкретного проекта;
- *анализ изменений* — мониторинг и анализ изменений в окружающей среде проекта, которые могут повлиять на его выполнение.



**Рисунок 5. Процессы мониторинга и анализа**

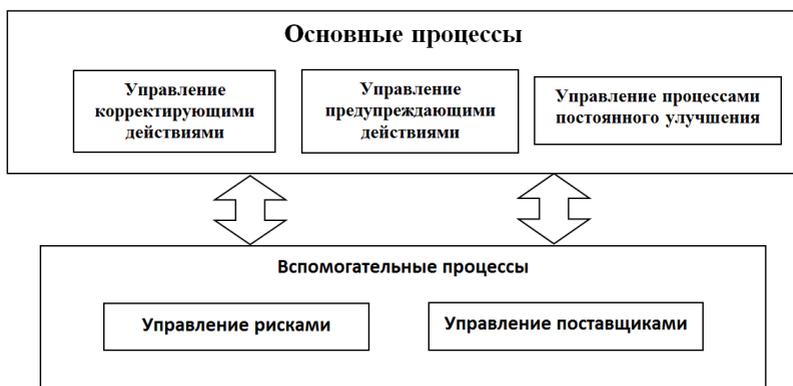
Вспомогательные процессы анализа связаны с анализом факторов, влияющих на цели и критерии успеха проекта. Эти процессы включают:

- *отчетность о ходе выполнения* — ведение, сбор и анализ записей по процессам мониторинга и анализа;
- *обратную связь* — анализ данных, полученных от потребителей с целью выявления возможных несоответствий и дополнительных требований к проекту;
- *анализ ресурсов* — определение соответствия фактической и прогнозной загрузки и производительности ресурсов запланиро-

ванным, а также анализ соответствия фактического расхода материалов плановым значениям.

В результате анализа полученных данных принимается решение о продолжении исполнения проекта по намеченному ранее плану, в противном случае определяется необходимость применения корректирующих воздействий.

*Процессы улучшения.* Процессы улучшения направлены на определение и применение необходимых управляющих воздействий с целью успешной реализации проекта (рис. 6). Кроме того, процессы улучшения применяют для комплексного анализа результатов проекта с тем, чтобы полностью исключить или, по крайней мере, свести к минимуму возникновение несоответствий на последующих стадиях ЖЦ объекта проектирования.



**Рисунок 6. Процессы улучшения**

К основным процессам улучшения следует отнести:

- *управление корректирующими действиями* — определение, согласование, утверждение и принятие к исполнению корректирующих воздействий и координация изменений по всему проекту;
- *управление предупреждающими действиями* — определение, согласование, утверждение и принятие к исполнению предупреждающих воздействий;
- *управление процессами постоянного улучшения* — анализ реальных и потенциальных несоответствий проекта и принятие воздействий для предотвращения их появления на последующих стадиях ЖЦ объекта проектирования.

Среди вспомогательных процессов улучшения можно выделить:

- *управление рисками* — реагирование на события и изменение рисков в процессе проектирования;
- *управление поставщиками* — координация работы поставщиков, корректировка контрактов, разрешение конфликтов.

*Процессы завершения.* Процессами, сопровождающими завершение проекта, являются:

- *закрытие контрактов* — завершение и закрытие контрактов, включая разрешение всех возникших споров;
- *административное завершение* — подготовка, сбор и распределение информации, необходимой для формального завершения проекта.

В заключение отметим, что методы и технологии реализации вышеперечисленных процессов, а так же их интеграция составляют суть управления проектами новых изделий сложной техники. Успешное внедрение системы управления проектами новых изделий, равно как и их постановка в производство ставит нас перед необходимостью разработки методической базы для оценки качества проектно-конструкторского обеспечения производства новых конкурентоспособных изделий.

### **Список литературы:**

1. Александровская Л.Н., Аронов И.З., Смирнов В.В., Шолом А.М. Сертификация сложных систем. — М.: Логос, 2001. — 312 с.
2. Аронов И.З., Мирющенко Е.Е., Мирющенко К.Е. Управление проектами и всеобщее управление качеством // Стандарты и качество. — 1996. — 20—25 с.

## СЕКЦИЯ 12.

### МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

#### УСЛОВИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ВЫПУСКНИКА ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

*Ивановская Марина Николаевна*

*преподаватель филиала ФБГОУ ВПО ЮУрГУ (НИУ) в г. Озерске*

*E-mail: [ivan3435@mail.ru](mailto:ivan3435@mail.ru)*

#### CONDITION OF FORMATION OF INFORMATION AND COMMUNICATION COMPETENCE OF THE GRADUATE OF TECHNICAL COLLEGE

*Marina Ivanovovskaya*

*teacher of FBGOU VPO branch SUSU (NIU) in Ozersk*

#### АННОТАЦИЯ

Рассматривается педагогическое условие формирования информационно-коммуникационной компетентности выпускника технического вуза.

#### ABSTRACT

The pedagogical condition of formation of information and communication competence of the graduate of technical college is considered.

**Ключевые слова:** информационно-коммуникационная компетентность; мотивы; стимулы; консалтинг; мониторинг.

**Key words:** information and communication competence; motives; incentives; consulting; monitoring.

Современное общество разительно отличается от общества конца XX века. Отличия заключаются не столько в изменении границ и отношений между государствами, а прежде всего в развитии науки и техники. Общество перешло на новый уровень своего развития — оно стало поистине информационным [7].

Формирование высококвалифицированных трудовых ресурсов, необходимых для развития материального и интеллектуального потенциала России, является одним из основных условий осуществления социально-экономической политики на современном этапе, что отражено в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года и закреплено в Стратегии инновационного развития РФ на период до 2020 года.

Сформированная информационно-коммуникационная компетентность, заложенная в период обучения, является важным условием профессионального становления личности.

Под информационно-коммуникационной компетентностью мы подразумеваем способность личности использовать свой потенциал (знания, умения, профессионально значимые качества личности) для решения инженерных задач с использованием информационных и коммуникационных технологий в реальных ситуациях.

При формировании компетентности будущих выпускников инженерно-технических вузов преподаватели стараются использовать варианты обучения, основанные как на субъективных, так и на объективных закономерностях образовательного процесса в контексте компетентностного подхода образования.

Обратимся к педагогическим условиям формирования информационно-коммуникационной компетентности выпускника технического вуза в рамках образовательного процесса. С философской точки зрения условие трактуется как категория, выражающая отношение предмета к окружающим его явлениям, без которых он существовать не может [8].

Под педагогическими условиями понимают совокупность мер, направленных на повышение эффективности педагогической деятельности. Отдельные, случайно выбранные мероприятия не могут существенно повлиять на эффективность функционирования исследуемого нами процесса, следовательно, необходим комплекс, состоящий из следующих условий:

1. организация мотивационно-стимулирующего сопровождения процесса формирования информационно-коммуникационной компетентности выпускника технического вуза;
2. рефлексивно-ценностная ориентация учебной деятельности;

3. активизация творческого потенциала будущих выпускников технического вуза.

Рассмотрим более подробно первое из условий.

В современных науках о человеке большое внимание уделяется созданию систем мотивации любой деятельности, в том числе учебной. При этом мотив определяется, как осознанное побуждение, обуславливающее действие для удовлетворения какой-либо потребности человека. Мотив является определенным обоснованием и оправданием волевого действия, показывает отношение человека к требованиям общества. Учебно-познавательным называют частный вид мотива, включенный в учебно-познавательную деятельность [6].

Таким образом, для осуществления продуктивной учебно-познавательной деятельности необходим интерес как мотив такой деятельности, но сам устойчивый познавательный интерес развивается только благодаря специально организованной деятельности, осуществляемой в процессе решения поставленных задач.

В плане воздействия создание мотивов можно обозначить как мотивационную систему факторов, вызывающих активность организма и определяющих направленность поведения человека. Сюда включают потребности, мотивы, намерения, цели, интересы, стремления. В науке проблема формирования мотивации достаточно широко освещена педагогами и психологами Н.А. Бакшаевой [1], И.А. Васильевым, В.К. Вилюнас [3], П.М. Якобсоном. В их работах определена сущность, раскрыты основные виды, пути формирования, факторы, влияющие на результативность мотивации и т. д.

Процесс мотивации, по мнению З.И. Равкина, можно интенсифицировать, если в качестве промежуточной переменной между потребностью и мотивом использовать стимулы, под влиянием которых объекты потребностей, преломляясь в сознании личности, выступают в качестве мотивов, предполагающих осознанную цель и личностное обоснование деятельности. Следовательно, стимулы побуждают активную деятельность через мотивы, которые они вызывают и формируют.

Н.Д. Левитов отмечает, что стимулы — это средства, побуждающие человека к труду, а мотивы — осознанное побуждение к труду. Таким образом, мотив имеет отношение исключительно к психологии человека, его сознанию, а стимул — внешний фактор деятельности, который, получая осознанный личностно значимый статус, способен превратиться в мотив. При этом в качестве стимула может выступить любое явление, в том числе и специально созданное преподавателем. Давая краткую характеристику педагогического

стимулирования как процесса, отметим, что оно обладает целенаправленностью, систематизированностью, последовательностью, осознанностью, открытостью и обеспечивает управление образовательным процессом в вузе.

Под *мотивационно-стимулирующим сопровождением процесса формирования информационно-коммуникационной компетентности выпускника технического вуза* будем понимать целенаправленную деятельность преподавателя по созданию устойчивой потребности у студентов овладением и постоянному совершенствованию своей информационно-коммуникационной компетентности. Педагогическое сопровождение исследуемого нами процесса включает два компонента — педагогический консалтинг и педагогический мониторинг.

В последние годы все больше представителей нашего общества, осуществляющих функции помощи посредством предоставления советов в определенной области, именуются консультантами. Консалтинг или консультирование является частью деятельности всех тех, кто взаимодействует с другими людьми в качестве советчика, друга, коллеги, руководителя и т. п. В.Н. Василенко рассматривает консалтинг в широком понимании как предоставление интеллектуальной помощи в самых разнообразных сферах жизнедеятельности человека [2]. Консалтинг отличается от консультирования тем, что консалтинг — это воздействие, а консультирование — это передача информации, которую получатель может использовать по своему усмотрению.

О.В. Галайда, опираясь на опыт зарубежных ученых, рассматривает процесс образования как образовательную услугу, к которой применимо понятие консалтинга, как предоставление консультантом рыночной услуги. Образовательная услуга предполагает деятельность учебного учреждения (преподавателя) по передаче учебной и/или научной информации [4].

Одним из видов консалтинга на сегодняшний день является коучинг. Педагогический коучинг позволяет раскрыть потенциал человека с целью максимального повышения его эффективности. Коучинговый подход преподавателя предполагает воздействие в области восприятия и управления процессом мышления студента.

Коучинговая деятельность преподавателя включает: анализ образовательного процесса студентов, обоснование перспектив развития и использования педагогических технологий и инноваций с учетом предметной области и особенностей образовательного учреждения, подготовку методических рекомендаций в целях повышения качества образования и конкурентоспособности выпускников.

Это достигается увлеченным преподаванием, критическим отношением к содержанию учебного материала, показом практического применения знаний в будущей профессиональной деятельности, обучением с компьютерной поддержкой, применением мультимедиа систем, показом достижений студентов, созданием ситуаций успеха на занятиях, положительного микроклимата в группе, доверия обучаемому, проявлением педагогического такта и т. д.

Мониторинг является системой контролируемых и диагностирующих мероприятий, обусловленных целеполаганием процесса обучения и предусматривающих в динамике уровни усвоения студентами учебного материала и его корректировку. С помощью мониторинга проводится выявление и оценивание проведенных педагогических действий.

Д. Матрос, Д. Полев, Н. Мельников рассматривают мониторинг как механизм контроля и отслеживание качества образования, постоянное наблюдение за учебно-воспитательным процессом с целью выявления его соответствия желательному результату или первоочередным предложениям. Н. Реймерс отмечает, что смысл мониторинга в выполнении двух взаимосвязанных между собой функций: функции наблюдения и функции предупреждения. Функция наблюдения позволяет оценить качество образования, сравнить ее с другими результатами. Функция предупреждения подразумевает предупреждение нежелательных результатов.

Мониторинг применения мотивационно-стимулирующего сопровождения образовательного процесса заключается в постоянном наблюдении и своевременном предупреждении возможного снижения качества образования студентов в процессе формирования информационно-коммуникационной компетентности выпускника технического вуза.

М.Г. Ермолаева подчёркивает, что не столько констатация истины составляет главный интерес в современном обучении, сколько её поиск. Право на ошибку и сама ошибка рассматривается как начало поиска. Кроме того, выделяется значимость успешной деятельности личности, т. е. создание при обучении ситуации успеха. Человек учится на своих успехах, а не на ошибках. Успех — это радость, прилив сил, веры в себя [5].

В каждой конкретной ситуации преподавателем осуществляется выбор того или иного приема стимулирования, обеспечивающего создание устойчивой потребности у студентов к осуществлению подготовки к профессиональной деятельности.

Данное педагогическое условие стимулирует мотивацию студентов к усилению их образовательной мотивации и использованию стимулов, что существенно влияет на эффективность формирования информационно-коммуникационной компетентности выпускника технического вуза.

### **Список литературы:**

1. Бакшаева Н.А. Психология мотивации студентов: учебное пособие/ Н.А. Бакшаева, А.А. Вербицкий. — М.: Логос, 2006. — 184 с.
2. Василенко Н.В. Консалтинг в образовании: учебное пособие /Н.В. Василенко. — СПб.: КультИнформПресс, 2011. — 274 с.
3. Виллонас В.К. Психология развития мотивации / В.К. Виллонас. — СПб.: Речь, 2006. — 458 с.
4. Галайда О.В. Экономические аспекты зарубежного опыта предоставления образовательных услуг и возможности его использования в российской федерации: Дисс. канд. экон. наук: 08.00.14. — Москва, 2008. — 193 с.
5. Ермолаева М.Г. Современный урок: анализ, тенденции, возможности: Учебно-методическое пособие/ М.Г. Ермолаева. — СПб: КАРО, 2008. — 160 с.
6. Зимняя И.А. Педагогическая психология: учебное пособие/ И.А. Зимняя. — Ростов-н/Д.: Изд-во «Феникс», 1997. — 480 с.
7. Ивановская М.Н. Информационно-коммуникационная компетенция как условие профессионального становления личности / М.Н. Ивановская // Мир науки, культуры, образования. — 2011. — № 6—2. С. 209—211.
8. Философский словарь /под ред. И.Т. Фролова. — М.: Политиздат, 2001. — 720 с.

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

# «ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ – ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ»

Материалы XX международной заочной научно-практической  
конференции

17 апреля 2013 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 25.04.13. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 10,75. Тираж 550 экз.

Издательство «СибАК»  
630075, г. Новосибирск, Залесского 5/1, оф. 605  
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного  
оригинал-макета в типографии «Allprint»  
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3