



МАТЕРИАЛЫ XXI 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 XXI международной заочной научно-практической конференции. (15 мая 2013 г.); Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. — 198 с.

ISBN 978-5-4379-0285-1

Сборник трудов XXI 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 Махсутович* — 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 978-5-4379-0285-1

ББК 30

© НП «СибАК», 2013 г.

## **Оглавление**

<b>Секция 1. Инженерная графика, САПР, CAD, CAE</b>	<b>7</b>
3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ СБОРОК ИЗДЕЛИЙ В САПР Ваншина Екатерина Александровна	7
<b>Секция 2. Информатика, вычислительная техника и управление</b>	<b>12</b>
ОПИСАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ WWF Сюняков Сергей Александрович	12
<b>Секция 3. Машиностроение и машиноведение</b>	<b>18</b>
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ НА СКАЛЫВАНИЕ ВДОЛЬ ВОЛОКОН ОТ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ Алексеев Александр Евгеньевич Думанский Андрей Игоревич Алабышев Алексей Павлович	18
ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СЖАТОГО ВОЗДУХА ВНУТРИ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО НАКАТНИКА НА ИЗМЕНЕНИЕ УСИЛИЙ И СОВЕРШАЕМОЙ РАБОТЫ НАКАТА И ОТКАТА АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ОРУДИЯ ВО ВРЕМЯ СТРЕЛЬБЫ Блинов Дмитрий Викторович Кучеров Виктор Григорьевич	23
СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ВЫБОРА ЭКСТРУЗИОННОЙ ТЕХНИКИ Мустюков Наиль Анварович	29
ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ АМОРТИЗАТОРОВ АВТОМОБИЛЕЙ Парфеньева Ирина Евгеньевна	37
<b>Секция 4. Энергетика и энергетические техника и технологии</b>	<b>46</b>
ВИБРАЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА КАК СПОСОБ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ Вилков Сергей Александрович	46

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ВИБРОДИАГНОСТИКИ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЭС Николаев Михаил Юрьевич Березовский Владислав Сергеевич Николаева Елена Вячеславовна Никитин Евгений Валерьевич	51
ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОГО ЦЕХА Пальчиков Александр Сергеевич	58
<b>Секция 5. Горная и строительная техника          и технологии</b>	<b>63</b>
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ВИБРОСЕПАРАЦИИ СЫПУЧИХ СРЕД Ребот Дарья Петровна Стоцько Зиновий Антонович Топильницкий Владимир Григорьевич	63
<b>Секция 6. Материаловедение и металлургическое          оборудование и технологии</b>	<b>70</b>
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ ФТОРПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ Аргунова Анастасия Гавриловна Охлопкова Айталипа Алексеевна Петрова Павлина Николаевна	70
<b>Секция 7. Аэро-космическая техника и технологии</b>	<b>77</b>
КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СОЗДАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ АВИАКОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ТРУБЧАТЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ Майорова Екатерина Владимировна	77
<b>Секция 8. Строительство и архитектура</b>	<b>95</b>
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ, НАПОЛНЕННЫХ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫМИ ВОЛОКНАМИ Ахмеднабиев Расул Магомедович Гутак Ольга Игоревна	95

СОПОСТАВЛЕНИЕ ОПЫТНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗНАЧЕНИЙ МОМЕНТОВ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ СОСТАВНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ Горностаев Сергей Иванович Амелин Василий Юрьевич	102
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ВИБРИРОВАНИЯ ГРУНТОЦЕМЕНТА НА ОБРАЗЦАХ, ОТОБРАННЫХ ИЗ ОПЫТНЫХ СВАЙ Нестеренко Татьяна Николаевна	110
ОБЗОР РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ВОЛЫНИ В ПЕРИОД РОССИЙСКОЙ ИМПЕРИИ (КОНЕЦ XVIII — НАЧАЛО XX В.) Шапран София Юрьевна	117
<b>Секция 9. Химическая техника и технология</b>	<b>127</b>
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ И СТРОЕНИЕ ПИВАЛОИЛПИРОВИНОГРАДНОЙ КИСЛОТЫ Козьминых Владислав Олегович	127
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД КРАСИЛЬНО-ОТДЕЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА Мустафанова Гульнар Карибаевна Бестереков Уйлесбек	132
ВЛИЯНИЕ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ НА ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ ДВУХКАЛЬЦИЕВОГО СИЛИКАТА Шаповалов Николай Афанасьевич Бушуева Наталья Петровна Панова Ольга Александровна	146
<b>Секция 10. Технология продовольственных продуктов</b>	<b>153</b>
МОЛОЧНЫЙ НАПИТОК «ПРИМОРСКИЙ» — ПРОДУКТ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ Головкова Евгения Владимировна Медведева Елена Валентиновна Каленик Татьяна Кузьминична	153

**Секция 11. Технология материалов и изделий легкой промышленности 160**

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ СШИВАЮЩИХ АГЕНТОВ  
В МАЛОСМИНАЕМОЙ ОТДЕЛКЕ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ  
ТКАНЕЙ 160

Шубина Валентина Викторовна  
Курныкина Елена Юрьевна

**Секция 12. Приборостроение, метрология, радиотехника 167**

ОЦЕНКА ЧАСТОТЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ТРЕНДА  
В ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ СИГНАЛЕ 167

Левенец Алексей Викторович

**Секция 13. Электротехника 174**

МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
СВЕТОДИОДА ДЛЯ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ 174

Серебренникова Ирина Вячеславовна  
Маломуж Павел Александрович  
Солдаткин Василий Сергеевич  
Туев Василий Иванович

**Секция 14. Безопасность жизнедеятельности человека, промышленная безопасность, охрана труда и экология 180**

ФАКТОР БЕЗОПАСНОСТИ — ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА 180  
Апросимова Екатерина Петровна

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ПРОВЕДЕНИЯ  
АТТЕСТАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ, КАК ЭЛЕМЕНТА СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА ПРЕДПРИЯТИЙ 191

Касапчук Наталья Васильевна  
Корецкая Наталья Александровна

## СЕКЦИЯ 1.

### ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ

#### 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ СБОРОК ИЗДЕЛИЙ В САПР

*Ванишина Екатерина Александровна*

*канд. пед. наук, доцент ОГУ,  
г. Оренбург*

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

#### 3D-MODELING OF ASSEMBLING IN CAD

*Vanshina Ekaterina*

*Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of OSU  
, Orenburg*

#### АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты создания комплекта трехмерных моделей сборок изделий в системе КОМПАС для оптимизации учебного процесса по графическим дисциплинам.

#### ABSTRACT

The paper presents the results in modeling of the set of 3D models of assembling in the KOMPAS system for the academic process optimization in graphics-based disciplines.

**Ключевые слова:** модель; моделирование; компьютерная графика; САПР; КОМПАС; сборка; инженерная графика.

**Keywords:** model; modeling; computer-generated graphics; CAD; KOMPAS; assembling; engineering graphics.

В настоящее время производство невозможно без использования компьютерных технологий. В программном обеспечении современных промышленных систем автоматизации проектирования (САПР) часто

используются методы объемного моделирования для создания геометрических моделей проектируемых объектов: объемная модель — это однозначное геометрическое представление изделия. Применение компьютера позволяет объединить вопросы геометрического моделирования и вычислительной геометрии.

Поэтому сегодня так необходимы компетентные специалисты, способные к анализу и синтезу пространственных форм и отношений, способные при разработке нового оборудования, технологических линий конструировать геометрические пространственные объекты с заданными характеристиками с помощью современных графических программ, что обуславливает специальные требования к подготовке студентов технического профиля при изучении графических дисциплин. В то же время наблюдается высокая мотивация студентов к изучению общих принципов, методов и алгоритмов автоматизации выполнения чертежей [3].

Выпускник вуза, получающий диплом, отвечающий образовательным стандартам, должен иметь подготовку по использованию современных компьютерных программ геометрического моделирования в области своей специализации и уверенно применять свои знания при выполнении различных практических задач в своей профессиональной деятельности.

Преподавание дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» с применением современных прикладных программных средств, таких, как КОМПАС-3D, осуществляется в ОГУ достаточно долго: компьютерные технологии обучения позволяют индивидуализировать процесс обучения, они наглядны, интерактивны и дают возможность использовать комбинированные формы представления информации.

Система КОМПАС-3D (ЗАО АСКОН) универсальна, предназначена для автоматизации проектно-конструкторских работ и оформления их в соответствии с правилами российских стандартов. Основной принцип системы — использование своего математического ядра и параметрических технологий.

Целью работы является создание комплекта трехмерных твердотельных моделей сборок изделий в системе КОМПАС-3D для оптимизации учебного процесса по графическим дисциплинам.

Объект — система трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D.

Предмет — набор инструментов системы КОМПАС-3D.

В соответствии с поставленной целью определены следующие задачи:



1. приобрести навыки преобразования графической информации в системе КОМПАС при создании 3D-моделей деталей, сборочных единиц и сборок изделий;
2. создать 3D-модели деталей и сборочных единиц, входящих в изделие;
3. построить 3D-модели сборок изделия;
4. разработать методические рекомендации к выполнению расчетно-графической работы по созданию 3D-моделей деталей и сборок изделий в системе КОМПАС-3D по инженерной и компьютерной графике.

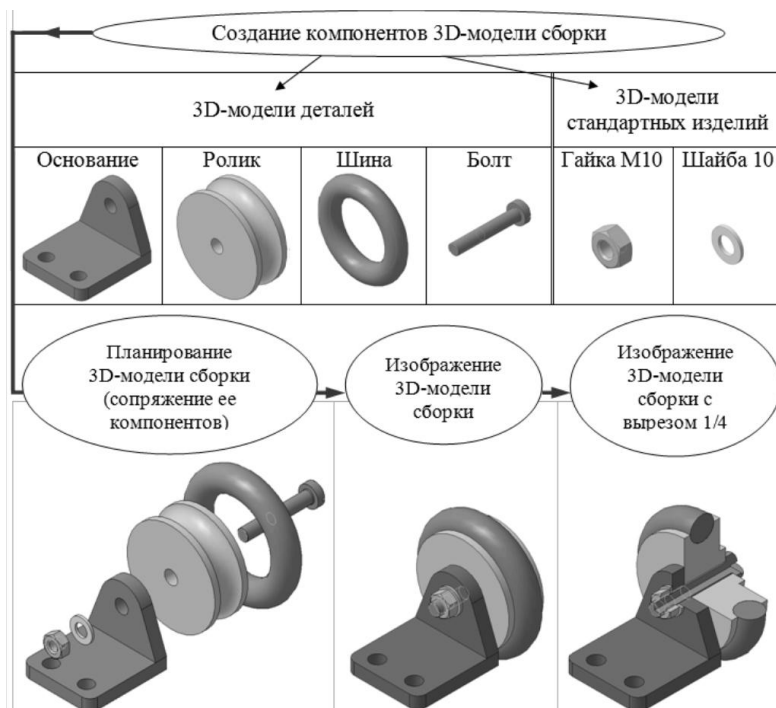
Система КОМПАС-3D предназначена для формирования 3D-моделей деталей и сборочных единиц, содержащих оригинальные и стандартизованные конструктивные элементы. Параметрическая технология дает возможность быстро получать модели типовых изделий на основе спроектированного прототипа. Различные сервисные функции помогают решать вспомогательные задачи проектирования и обслуживания производства.

Последовательность построения объемной модели сборки изделия следующая: 1) создание 3D-модели деталей, входящих в изделие; 2) создание 3D-модели сборочных единиц (если они в изделии есть); 3) создание объектов спецификации в компонентах, не относящихся к разделам «Детали» и «Сборочные единицы»; 4) создание 3D-модели сборки изделия.

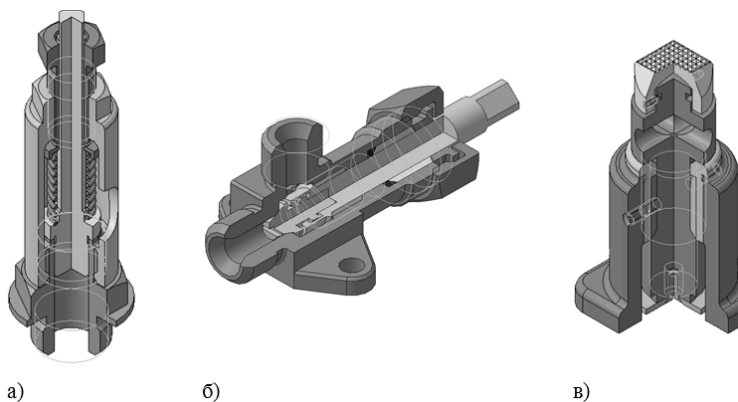
Общим порядком моделирования твердого тела является последовательное выполнение булевых операций над объемными элементами. Создается такое перемещение плоской фигуры в пространстве, след от которого задает форму объемного элемента. Много раз выполняя эти операции над различными объемными элементами, сформированы модели деталей (более ста), входящих в каждое из двадцати изделий.

Сборка в системе КОМПАС-3D — это трехмерная модель, соединяющая модели деталей, подборок и стандартных изделий, а также информацию об общем расположении этих компонентов и связях между параметрами их элементов. Состав сборки задан добавлением в нее новых компонентов или исключением имеющихся. Модели компонентов хранятся в отдельных файлах, в файле сборки — только ссылки на эти компоненты. Показано взаимное положение компонентов сборки при задании сопряжений — параметрических связей между их гранями, ребрами и вершинами. В сборке выполнены формообразующие операции, имитирующие обработку изделия, и отсечение  $\frac{1}{4}$  сборки плоскостью.

Схема создания 3D-модели сборки на примере изделия «Ролик» приведена на рисунке 1, примеры некоторых 3D-моделей сборок изделий — на рисунке 2.



**Рисунок 1. Схема создания 3D-модели сборки изделия «Ролик»**



**Рисунок 2. Примеры 3D-моделей сборок изделий: а) клапан предохранительный; б) вентиль; в) домкрат**

Практическая значимость работы заключается в создании в системе КОМПАС-3D комплекта наглядных 3D-моделей двадцати сборок изделий (каждая деталь выделена своим цветом), объединяющих модели деталей, подборок и стандартных изделий, входящих в каждое изделие, а также в разработке методических рекомендаций [1] для студентов технического профиля к выполнению расчетно-графических работ «Сборочный чертеж» и «Деталирование» [2] по инженерной и компьютерной графике.

Таким образом, применение методических указаний, содержащих комплект трехмерных моделей сборок изделий, построенных в системе КОМПАС-3D, позволяет оптимизировать учебный процесс по графическим дисциплинам, а также создать на их основе комплект конструкторской документации: сборочные чертежи, спецификации и рабочие чертежи деталей.

### **Список литературы:**

1. Ваншина Е.А., Горельская Л.В. Сборочный чертеж. Деталирование: методические указания. — Оренбург: ОГУ, 2012. — 47 с.
2. Ваншина Е.А., Кострюков А.В., Семагина Ю.В. Инженерная графика. Практикум (сборник заданий): учебное пособие по курсу «Инженерная графика». — Оренбург: ОГУ, 2010. — 194 с.
3. Федотова Н.В. Трехмерное моделирование в преподавании графических дисциплин // Педагогические науки. — 2011. — № 12. — С. 68—70.

## СЕКЦИЯ 2.

### ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

#### ОПИСАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ WWF

*Сюняков Сергей Александрович*

*магистрант,  
Новосибирский Технический Государственный Университет,  
г. Новосибирск  
E-mail: [Serj.nsk@gmail.com](mailto:Serj.nsk@gmail.com)*

#### CREATION OF BUSINESS PROCESSES USING TECHNOLOGY WWF

*Syunyakov Sergey*

*Graduate student of Novosibirsk Technical State University,  
Novosibirsk*

#### АННОТАЦИЯ

Целью данной работы является рассмотрение и анализ принципов Windows Workflow Foundation по созданию динамических бизнес-процессов, описание процесса моделирования и создания классов для работ с ними.

#### ABSTRACT

The purpose of this paper is to review and analyze the principles Windows Workflow Foundation to create dynamic business processes, a description of the modeling process and the creation of classes to work with them.

**Ключевые слова:** бизнес-процесс; Windows Workflow Foundation; разработка.

**Keywords:** business process; Windows Workflow Foundation; to develop.

Основываясь на стандарте ISO 9000 бизнес-процессу можно дать следующее определение: бизнес-процесс это устойчивая, целенаправленная совокупность взаимосвязанных видов деятельности, которая по определенной технологии преобразует входы в выходы, представляющие ценность для потребителя.

Для эффективной реализации бизнес-процессов разработаны методы и инструментальные средства описания, проектирования, анализа и оценки бизнес-процессов, концепции и правила их реорганизации, а также информационные технологии поддержки. Технология Workflow является важнейшей составляющей современных корпоративных информационных систем и наиболее перспективной технологией управления бизнес-процессами.

Один из основных архитектурных принципов Windows Workflow Foundation состоит в том, что специфическую семантику программы всегда определяют отдельные операции, а не исполняющая среда рабочих процессов. Архитектура адаптирована к тому, что разработчики и эксперты в предметной области будут определять собственные операции, отвечающие специфике этой области. Чтобы специфичная для предметной области семантика была отделена от исполняющей среды, взаимодействие между операциями и исполняющей средой осуществляется по четко определенному контракту, выраженному в форме виртуальных методов базового класса Activity.

Проблема обеспечения возможностей динамического исполнения процессов в системах, ориентированных на управление процессами, включает структурный, семантический, организационно-методический аспекты. Одним из важнейших является структурный аспект. Информационная система, ориентированная на управление бизнес-процессами, должна поддерживать полный жизненный цикл процесса для всех типов его изменений. Выделяют изменения на уровне типа и экземпляра процесса. В свою очередь, экземпляры процесса разделяют на несмещенные (оригинальные, работающие на основе первоначальной схемы) и смещенные (модифицированные посредством индивидуального вмешательства в схему исполняемого процесса) [3]. Изменения на уровне типа процесса должны распространяться как на оригинальные, так и на модифицированные во время исполнения экземпляры процессов. Это особенно важно для длительных по времени процессов, наиболее часто встречающихся в реальных системах масштаба предприятия.

Основной проблемой при рассмотрении структурного аспекта поддержки адаптивных бизнес-процессов является обеспечение структурной корректности изменений экземпляра процесса. При этом необходима выработка соответствующих критериев корректности.

Разные методы моделирования опираются на разные критерии корректности схемы процесса, зависящие от структурных и динамических свойств процесса. Соответственно, для каждого метода моделирования существуют свои критерии корректности изменения схемы процесса. При этом большинство из них относятся к одной из следующих групп: критерии, основанные на эквивалентности графов процессов или на эквивалентности истории выполнения процесса.

Рассмотрим принципы, на которых основывается модель исполнения потоков работ платформы WF. Модель или схема бизнес-процесса WF может быть представлена в виде дерева, узлами которого являются составные действия (Composite Activity — CA), а листьями — атомарные действия (Activity — A). Модель состояний каждого узла описывается конечным автоматом.

Основное назначение составных действий в WF — организация процесса управления выполнением действий. Каждое составное действие запускает на выполнение дочерние действия, ждет их завершения, после чего заканчивает свою работу, сигнализируя об этом родительскому составному действию, если оно имеется. Составные действия различаются по типу реализуемого потока управления. Каждому типу составного действия можно поставить в однозначное соответствие некоторую функцию планирования  $F(A, P)$ , отвечающую за то, в каком порядке дочерние действия  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$  будут спланированы и запущены на исполнение при соответствующих исходных условиях (значениях параметров составного действия  $P = \{P_1, \dots, P_n\}$ ). Результатом работы такой функции является последовательность событий  $E = \{E_1, E_2, \dots, E_n\}$  типа «начать выполнение действия  $A_i$ ». Таким образом, процедурная составляющая функции планирования непосредственно влияет на историю выполнения потока работ.

Особенность платформы WF в том, что разработчик может задавать произвольные типы составных действий и соответствующие методы организации потока управления вложенными действиями. Эти методы задаются процедурно на языке программирования, а не описываются формально, общепринятым для потока управления в рамках платформы способом. Таким образом, возможна ситуация, когда у разработчика процесса имеется библиотека типов составных действий, поведение которых не поддается единому формальному

описанию. В такой ситуации невозможно выработать единый критерий корректности изменений, вносимых в схему процесса на уровне механизма исполнения платформы WF. Существующие же на уровне платформы процедуры внесения изменений основываются на самых общих ограничениях.

Однако остается возможно выработка критерия корректности при условии использования потока управления в рамках одного формализма. Для этого необходимо выбрать базовый метод моделирования потока управления действиями и на его основе разработать собственный тип составных действий для платформы WF. При этом выбранный формальный метод должен позволять реализовать механизм внесения изменений в исполняемые процессы.

Платформа исполнения процессов WF инвариантна к модели, на основе которой задаются процессы [1]. Поэтому целесообразно в первую очередь выделить класс моделей, к которым будут применяться процедуры изменения схем. По причине наибольшей наглядности для пользователя наиболее предпочтительными для решения поставленных задач являются графовые модели. Основными элементами рассматриваемых моделей процессов являются узлы-действия, переходы между узлами, условия срабатывания переходов, а также маркировка узлов и переходов. За основу определения схемы процесса взят формализм маркированных WSM-сетей (Well-structuredmarkingnets) [1], с помощью которых можно формально определять схему потока работ.

Множество  $S$ , где  $S = (N, D, NT, CtrlEdges, Da-taEdges, EC)$ , называется схемой процесса (потока работ), где  $N$  — множество действий;  $D$  — множество элементов данных;  $NT: N \rightarrow \{StartFlow, EndFlow, Activity, AndSplit, AndJoin, XorSplit, XorJoin, StartLoop, AndLoop\}$  соотносит каждый узел сети с соответствующим типом узла;  $CtrlEdges \dot{\setminus} N \dot{\setminus} N$  — отношения приоритета (последовательность), множество ребер (дуг) управления;  $LoopEdges \dot{\setminus} N \dot{\setminus} N$  — множество ребер (дуг) возврата цикла;  $DataEdges \dot{\setminus} N \dot{\setminus} D \{read, write\}$  — множество операций чтения/записи данных между элементами данных и элементами-действиями;  $EC: CtrlEdges \dot{\setminus} LoopEdges \rightarrow Conds(D)$ , где  $Conds(D)$  — множество всех справедливых условий перехода, базирующихся на элементах данных из  $D$ .

Применение описанных формальных подходов к моделированию возможности адаптации исполняемых потоков работ при изменении схемы потоков работ описано в [3, 4]. Для реализации подобной модели в WF создадим класс, позволяющий описывать процесс, используя рассмотренный подход и базируясь при этом на компонент-

ной модели платформы WF. Этот класс будет являться базовый класс составного типа действий Flow Activity, реализующий логику потока управления вложенными действиями, составляющими рабочий процесс.

Главными характеристиками класса являются множество вложенных действий и множество объектов-переходов. Класс перехода имеет также ряд свойств, среди которых можно выделить текущее значение маркировки и тип дуги (обычная, дуга возврата цикла или дуга синхронизации). Кроме того, каждая дуга может содержать связанное с ней условие срабатывания типа Activity Condition.

Алгоритм функционирования базового составного действия основан на принципах, описанных в [3]. Особенность реализации в том, что любому дочернему действию может добавляться функциональность влияния на поток управления через дополнительную маркировку, реализованную на базе расширяющих свойств (Attached Dependency Property).

Для обеспечения структурной корректности бизнес-процесса реализован класс-валидатор Flow Activity Validator. Этот класс содержит отдельные методы для проверки потока в его исходном состоянии и ряд методов для проверки правильности структуры при добавлении/удалении действий и изменении свойств переходов.

Следующим шагом при создании динамических бизнес-процессов является создание инструмента для внесения изменений в работающие процессы. В платформе WF имеются встроенные механизмы внесения изменений в работающий процесс, используя объекты типа Work flow Changes. Особенность его применения в том, что необходимо создать измененную копию схемы процесса, содержащую весь пакет вносимых изменений, после чего осуществляется валидация этих изменений. Более удобным является подход, при котором на базе объектов Work flow Changes создается некоторый фиксированный набор процедур внесения изменений в виде некоторого API или методов соответствующего сервиса, который предоставляется пользователю. С одной стороны, такой подход удобнее для конечного пользователя, когда ему предоставляется инструмент с четко означенными возможностями, гарантирующий невозможность совершения некорректной операции. С другой стороны, каждой из таких операций может быть сопоставлена своя процедура проверки на корректность вносимых изменений, что позволяет проводить проверку на каждом шаге внесения изменений в работающий поток.

Таким образом, в работе рассмотрена возможность построения динамических бизнес-процессов, структуру которых можно изменять во время выполнения. В качестве формального аппарата предложено



использовать формализм описания рабочих процессов — WSM-сетей. Рассмотрен вариант реализации процессов с использованием данного формализма на базе Windows Workflow Foundation. Разработаны компоненты и классы, позволяющие создавать рабочие бизнес-процессы на основе пользовательских библиотек действий. При этом предоставляется возможность изменять структуру работающего процесса во время выполнения, используя фиксированный набор операций изменения.

### **Список литературы:**

1. Дхарма Шукла, Основы Windows Workflow Foundation/ 2-е изд., перераб. и доп. Издательство «ДМК-Пресс», 2008. — 352 с.
2. Israel Hilerio Microsoft Developer Network [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://msdn.microsoft.com/en-us/magazine/cc163538.aspx> (дата обращения 16.04.2013).
3. Reichert M., Rinderle S., Dadam P. On the common support of workflow type and instance changes under correctness constraints, in: CoopIS '03, LNCS, vol. 2888, Catania, Italy, 2003. Pp. 23—39.
4. Reichert M., Rinderle S., Dadam P. On the common support of workflow type and instance changes under correctness constraints, in: CoopIS '03, LNCS, vol. 2888, Catania, Italy, 2003. Pp. 23—39.
5. Rinderle S., Reichert M., Dadam P. Evaluation of correctness criteria for dynamic workflow changes. Business Process Management, LNCS 2678, Eindhoven, The Netherlands, 2003.pp. 41—57.
6. Work flow Reference Model // Work flow Management Coalition. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://wfmc.org/reference-model.html> (дата обращения: 17.04.2013).

### **СЕКЦИЯ 3.**

## **МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ НА СКАЛЫВАНИЕ ВДОЛЬ ВОЛОКОН ОТ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ**

*Алексеев Александр Евгеньевич*

*д-р техн. наук, профессор С(А)ФУ, г. Архангельск*

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

*Думанский Андрей Игоревич*

*аспирант С(А)ФУ, г. Архангельск*

*E-mail: [konduktor15@yandex.ru](mailto:konduktor15@yandex.ru)*

*Алабышев Алексей Павлович*

*студент С(А)ФУ, г. Архангельск*

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

### **DEFINITION OF DEPENDENCE OF TENSILE STRENGTH ON SHEAR ALONG FILAMENTS FROM TIGHTNESS OF WOOD**

*Alekseev Alexander Evgenevich*

*Dr. Sci. Tech., professor NArFU, Arkhangelsk*

*Dumansky Andrey Igorevich*

*Post-graduate student NArFU, Arkhangelsk*

*Alabyshev Alexey Pavlovich*

*Student NArFU, Arkhangelsk*

## АННОТАЦИЯ

Целью работы является установление математической зависимости предела прочности на скалывание вдоль волокон от плотности для древесины ели. Сделан вывод о возможности использования полученной математической зависимости.

## ABSTRACT

The operation purpose is installation of mathematical dependence of tensile strength on shear along filaments from tightness for fur-tree wood. The output is drawn on possibility of use of the received mathematical dependence.

**Ключевые слова:** предел прочности; плотность древесины.

**Keywords:** tensile strength; tightness of wood.

Плотность древесины является одним из основных факторов определяющих технологические свойства древесины (износостойкость, сопротивление раскалыванию, способность удерживать металлические крепления и т. д.) Увеличение влажности древесины зависит от объёма пустот, которые могут быть заполнены, при этом повышение содержания связанной воды до влажности соответствующей пределу насыщения клеточных стенок ( $W \approx 30\%$ ) практически не влияет на плотность древесины. Тогда как повышение содержания свободной воды приводит к повышению плотности древесины [6, с. 106].

Используя формулу (1) воспроизведем зависимость плотности от влажности для древесины ели в диапазоне влажности 0—30 %.

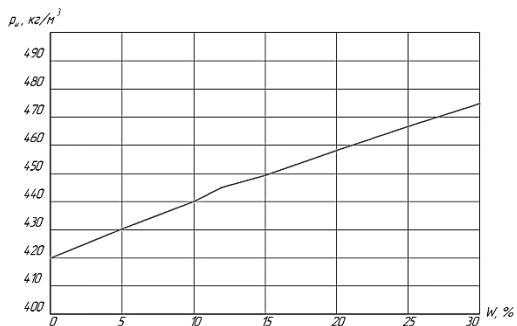
$$\rho_w = 0,946 \cdot \rho_{12} \frac{100+W}{100+K_\alpha W}; \quad (1)$$

где:  $\rho_{12}$  — плотность древесины при 12 % влажности,  $\rho_{12} = 445 \text{ кг/м}^3$ , [6, с. 111];

$W$  — влажность древесины, %;

$K_\alpha$  — коэффициент разбухания древесины,  $K_\alpha = 0,5$  [6, с. 111].

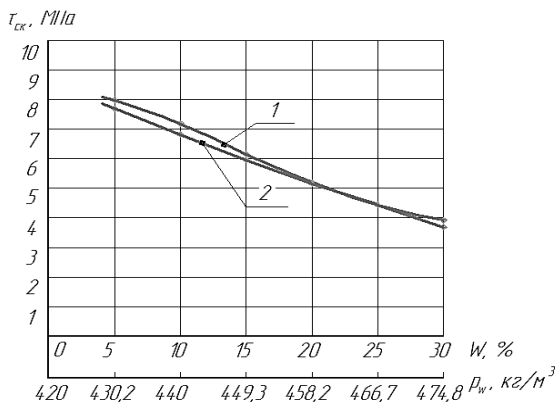
Характер зависимости плотности древесины от влажности полученный при использовании (1) иллюстрирует рисунок 1.



**Рисунок 1. Зависимость плотности древесины ели ( $\rho_{12}=445 \text{ кг/м}^3$ ) от влажности**

Зависимость плотности древесины от ее влажности носит линейный характер. Значения по оси абсцисс характеризуют изменение влажности древесины ели, в диапазоне влажности от 0 до 30 %. Ось ординат показывает зависимость плотности древесины ели, от абсолютно сухого состояния ( $\rho_0=420 \text{ кг/м}^3$ ), до плотности при 30 % влажности ( $\rho_0=474,8 \text{ кг/м}^3$ ).

Используя пересчетный коэффициент  $K_{12}^W$  для предела прочности древесины сопротивлению скалывания вдоль волокон [1, с. 230], сопоставив значения влажности соответствующим значениям плотности древесины, получим зависимость, изображенную на рисунке 2.



**Рисунок 2. Сравнение полученной и табличной зависимости предела прочности на скалывание вдоль волокон от плотности:**  
**1 — табличные значения; 2 — полученные значения**

Изменение значений по оси ординат характеризует зависимость предела прочности на скалывание вдоль волокон от влажности. На оси абсцисс приведены значений влажности древесины в диапазоне от 0 до 30 %, и соответствующие им значений плотности.

Коэффициент корреляции графика (1)  $r = -0,99$ , из чего делается вывод, что зависимость между коэффициентом скалывания вдоль волокон и влажностью древесины носит линейный характер. Для определения параметров прямой применим графический метод. В уравнение 2 подставим координаты двух крайних точек графика 1 [4, с. 297].

$$y = a + bx, \quad (2)$$

где:  $a$  и  $b$  — константы.

Получив систему уравнений, вычисляем  $a$  и  $b$ . Установив параметры  $a$  и  $b$ , получаем эмпирическую формулу, которая позволяет, установить функциональную связь между пределом прочности на скалывание вдоль волокон и плотности древесины.

$$\tau_{ск} = 46,4 - 0,09 \cdot \rho_w; \quad (3)$$

где:  $\tau_{ск}$  — предел прочности при скалывании вдоль волокон;

$\rho_w$  — плотность древесины при определённой влажности.

На графике 2 (рис. 2) графически представлена полученная зависимость.

Сравнивая графики полученной и табличной зависимости, принимаем сходимость результатов как хорошую. Максимальное отклонение от табличных значений составляет 0,38 МПа, минимальное 0,02 МПа.

Для окончательного принятия полученных значений проверим полученные выборки на однородность, используя функцию Стьюдента. Полученное значение функции Стьюдента, для проверки однородности двух выборок, составил 0,16. Это говорит об однородности выборок, так как критическое значение квантиля  $t$ -распределения Стьюдента, при доверительной вероятности  $p_d = 0,95$ , и числе степеней свободы  $n=5$ , равно 2,77 [4, с. 280].

На основании выше изложенного можно сделать вывод о возможности использования полученной зависимости предела прочности на скалывание древесины вдоль волокон от плотности и применение ее в проектировочных расчетах. В дальнейшем необходимо получить подобные зависимости для других механических характерис-

тик древесины и получить общую зависимость для предела прочности древесины на скалывание вдоль волокон для отдельных пород.

### **Список литературы:**

1. Боровиков А.М. Справочник по древесине: справочник под редакцией Уголева Б.Н. — М.: Лесн пром-ть, 1989. — 296 с.
2. Вальщиков Н.М. Рубительные машины. — Л.: «Машиностроение», 1970. — 325 с.
3. Волынский В.Н. Взаимосвязь и изменчивость физико-механических свойств древесины. — Архангельск: АГТУ, 2006. — 196 с.
4. Крутов В.И., Грушко И.М., Попов В.В. Основы научных исследований. — М.: Высш. шк., 1989. — 400 с.
5. Полубояринов О.И. Плотность древесины. — М.: Лесн. пром-ть, 1976. — 160 с.
6. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. — М.: «МГУЛ», 2002. — 340 с.

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ  
СЖАТОГО ВОЗДУХА ВНУТРИ  
ПНЕВМАТИЧЕСКОГО НАКАТНИКА  
НА ИЗМЕНЕНИЕ УСИЛИЙ  
И СОВЕРШАЕМОЙ РАБОТЫ НАКАТА  
И ОТКАТА АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ОРУДИЯ  
ВО ВРЕМЯ СТРЕЛЬБЫ**

***Блинов Дмитрий Викторович***

*студент*

*Волгоградского Государственного технического Университета,  
г. Волгоград*

*E-mail: [zemel777@mail.ru](mailto:zemel777@mail.ru)*

***Кучеров Виктор Григорьевич***

*канд. техн. наук, профессор*

*Волгоградского Государственного технического Университета,  
г. Волгоград*

**EFFECT OF TEMPERATURE CHANGE  
IN AIR PNEUMATIC RECUPERATOR EFFORTS  
TO CHANGE, DOES WORK FOLLOW  
AND ROLLED ARTILLERY GUNS DURING  
THE SHOOTING**

***Dmitry Blinov***

*student Volgograd State Technical University, Volgograd*

***Victor Kucherov***

*Candidate. tehn., Professor Volgograd State Technical University,  
Volgograd*

**АННОТАЦИЯ**

Целью данной работы являлось определение влияния изменения температуры сжатого воздуха внутри пневматического накатника на изменение усилий и совершаемой работы наката и отката артиллерийского орудия при выстреле. Исследование проводилось

с помощью формул расчета пневматического накатника на примере 100 мм зенитной пушки. В результате исследования зафиксировано значительное изменение силовых параметров накатника от варьирования температуры эксплуатации, что говорит о возможности управления параметрами силовых характеристик отката и наката артиллерийского орудия.

#### ABSTRACT

The aim of this work was to determine the effect of changes in temperature of the compressed air within the air recuperator to change efforts and the work done by the rolling and rolling back when fired artillery shells. The study was conducted with the aid of a pneumatic recuperator based on the example of 100 mm anti-aircraft gun. The study showed a significant effect of the change of power parameters recuperator of varying the temperature of operation, suggesting the possibility of controlling the parameters of the force characteristics of rollback and roll forward artillery, in order to avoid unnecessary work.

**Ключевые слова:** пневматический накатник; эффективность стрельбы.

**Keywords:** air recuperator; the effectiveness of the shooting.

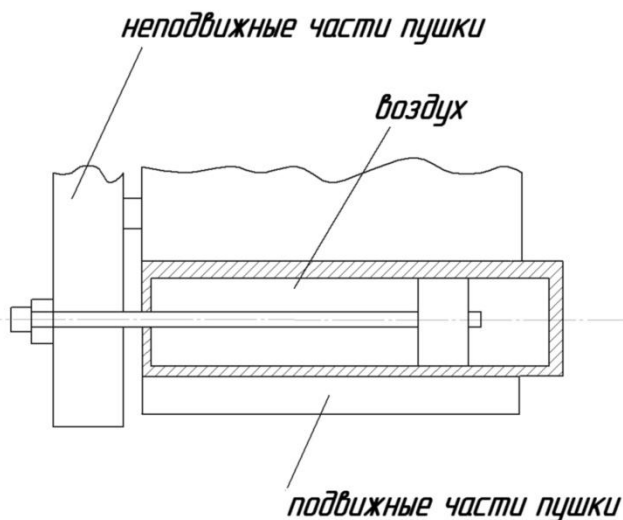
Какие бы новые системы оружия, основанные на использовании электроники, ни появлялись в настоящее время, артиллерия занимает главенствующее положение на поле боя [2, с. 7].

Перспективы развития военной техники тесно связаны с возможностями защиты рубежей нашей страны. На сегодняшний день одно из наиболее важных мест в вооруженных силах занимают самоходные артиллерийские установки различных типов и возможной дальности стрельбы, способные на больших расстояниях поражать наземные и воздушные силы противника. Важным параметром таких машин является скорострельность, на которую главным образом влияет выбор применяемого устройства накатника. Основным назначением накатника является возвращение ствола после выстрела в исходное положение и удержание его в этом положении при всех углах возвышения не только в неподвижном орудии, но и при движении его [1, с. 239]. Существует множество типов накатников различающихся по типу устройства. На сегодняшний день большое распространение получили накатники пневматического типа, способные обеспечивать интенсивную стрельбу, в то же время обладающие простотой конструкции и компактностью (рис. 1). Важным параметром таких накатников является давление воздуха внутри цилиндра. Накатники пневмо-



гидравлического и пневматического типов имеют более сложную и громоздкую конструкцию, требуют дополнительного оборудования, что увеличивает массу орудия и усложняет его обслуживание. В свою очередь, пневматические накатники имеют значительный недостаток — сложность обеспечения герметичности цилиндра накатника, что затрудняет контроль теплофизических параметров сжатого воздуха как рабочего тела.

Определение давления воздуха в накатнике является основным фактором по подготовке самоходно-артиллерийского орудия к стрельбе. От нормирования давления воздуха в накатнике зависит важнейшее свойство самоходно-артиллерийского орудия — огневая эффективность. Падение давления воздуха в накатнике снижает эффективность стрельбы в несколько раз или вообще приводит к отказу пушки (неэнергичный накат подвижных частей пушки, самопроизвольный откат на углах возвышения и т. д.), а его возрастание к неполному откату и увеличению времени цикла «откат-накат».

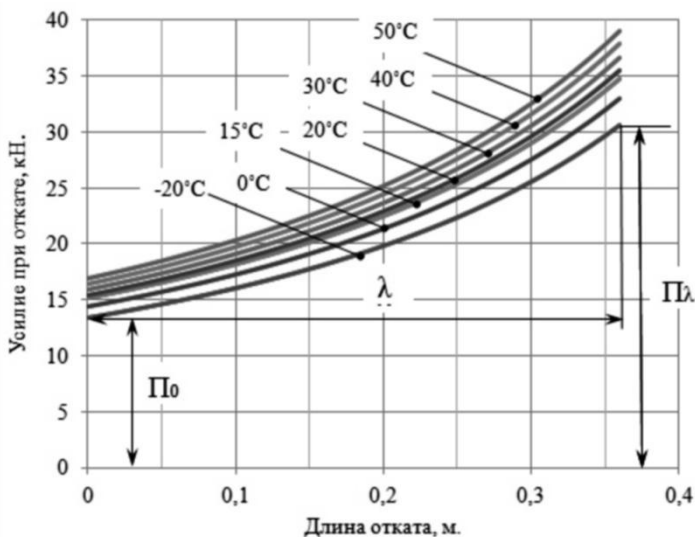


**Рисунок 1. Упрощенная схема пневматического накатника**

Значительное влияние на изменение давления оказывает температура воздуха внутри накатника, которая может изменяться как от внешних источников (температуры окружающей среды, силы трения возникающей

в процессе движения откатных масс), так и от внутренних (сжатие воздуха в накатнике).

Было исследовано влияние изменения температуры сжатого воздуха внутри цилиндра накатника на изменение усилий отката расчётным путём по интервальным значениям температуры от  $-20$  до  $50$  градусов Цельсия (выбор значений обусловлен возможной температурой окружающей среды, в которой будет применяться самоходно-артиллерийское орудие) на примере накатника  $100$  мм зенитной пушки. По результатам расчета построена диаграмма изменения усилия накатника в зависимости от температуры воздуха (рис. 2).



**Рисунок 2. Диаграмма изменения усилия накатника**

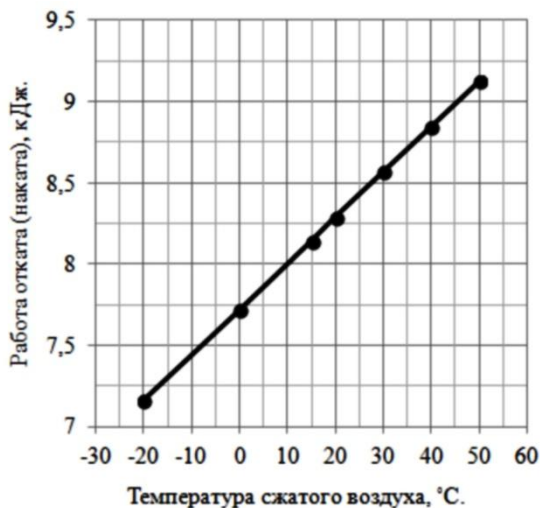
Из сравнительной диаграммы на рис. 2 видно, как изменяется сила накатника в начале и конце отката при разных температурах воздуха внутри цилиндра. Происходит изменение начальной силы  $P_0$  и силы в конце отката  $P_{\lambda}$ . Из полученных данных следует, что увеличение температуры оказывает значительное влияние на рост давления, тем самым увеличивая работу (работа отката или наката определяется площадью на диаграмме под кривой) производимую накатником при откате и накате. Как видно по диаграмме работа наката увеличивается пропорционально температуре сжатого воздуха

в цилиндре накатника, а значит и пропорционально температуре окружающей среды. Так как температура воздуха может увеличиваться в результате нагрева трущихся деталей конструкции накатника, то можно утверждать о снижении эффективности стрельбы с течением времени.

Проведённый регрессионный анализ расчётных значений работы отката (наката) позволил вывести эмпирическое уравнение (1) зависимости работы отката (наката) от температуры сжатого воздуха в цилиндре накатника (рис. 3).

$$A_{\text{п}}=0,0281*t_{\text{в}}+7,7214, \quad (1)$$

где:  $A_{\text{п}}$  — работа совершаемая накатником при откате, кДж;  
 $t_{\text{в}}$  — температура сжатого воздуха внутри накатника,  $^{\circ}\text{C}$ .



**Рисунок 3. Графическая зависимость работы накатника от температуры воздуха внутри цилиндра**

Анализируя полученную расчетную диаграмму зависимости работы накатника от температуры воздуха внутри цилиндра (рис. 3), можно сказать, что наименьшую работу накатник будет совершать при отрицательных температурах. Но такие условия будут негативно сказываться на сальниковые уплотнения, которые быстро придут в негодность, что приведет к отказу накатника. Оптимальной рабочей

температурой таких уплотнений является интервал от 15 до 35 С<sup>0</sup>, при этом значение совершаемой работы будет 8,1÷8,5 кДж.

Неконтролируемое изменение усилий негативным образом сказывается на работе накатника, что в свою очередь ведет к снижению эффективности стрельбы всего орудия в целом, в связи, с чем требуется регулирование температуры воздуха в накатнике.

На основании проделанных расчетов ведется разработка устройств по автоматическому регулированию температуры воздуха внутри накатника.

### **Список литературы:**

1. Жуков И.И., Башкатов В.А., Городинский Т.М. и др. Артиллерийское оружие. Основы устройства и конструирование: Учебник для вузов. — М.: Машиностроение, 1975. — 239 с.
2. О Мелли Т. Дж. Современная артиллерия. — М.: ЭКСМО — Пресс, 2000. — 7 с.

# СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ВЫБОРА ЭКСТРУЗИОННОЙ ТЕХНИКИ

*Мустюков Наиль Анварович*

*аспирант Оренбургского государственного университета,*

*г. Оренбург*

*E-mail: [256nail@mail.ru](mailto:256nail@mail.ru)*

## DECISION SUPPORT SYSTEMS OF CHOICE EXTRUSION EQUIPMENT

*Mustyukov Nail Anvarovich*

*graduate student of Orenburg state University,*

*Orenburg*

### АННОТАЦИЯ

В статье описано применение методов принятия решений в условиях неопределенности для отбора альтернативных вариантов конструкции экструзионной техники.

### ABSTRACT

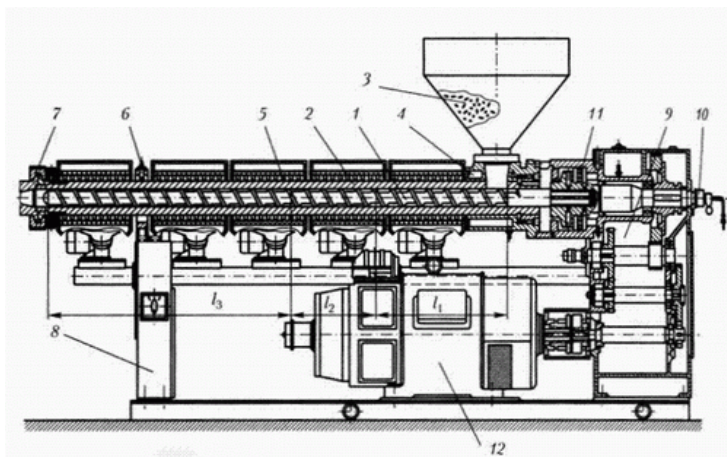
The article describes using methods of decision-making in conditions of uncertainty for selection alternative options of extrusion equipment design.

**Ключевые слова:** экструдер; технико-экономические показатели; система поддержки принятия решений; программная система.

**Key words:** extruder; technical-economic indicators; the decision support system; software system.

Экструзия — это способ переработки полимерных материалов непрерывным продавливанием их расплава через формующую головку, геометрическая форма выходного канала которой определяет профиль получаемого изделия или полуфабриката [2].

Конструкция шнекового экструдера включает следующие основные узлы: рабочая пара (шнек и корпус), загрузочное устройство, матрица с фильерами и ножами, привод вращения, узел упорного подшпнника и узел обогрева (рисунок 1).



**Рисунок 1. Принципиальное устройство одношнекового экструдера: 1 — шнек; 2 — материальный цилиндр; 3 — загрузочный бункер; 4 — охлаждающие каналы; 5 — кольцевые зонные нагреватели; 6 — терморары; 7 — формующая головка; 8 — корпус экструдера; 9 — механическая передача; 10 — патрубок для отвода охлаждающей воды; 11 — подшипниковый узел; 12 — электродвигатель**

Экструзионные технологические процессы используются в различных перерабатывающих отраслях АПК, пищевой, химической, резинотехнической, силикатной, бумажной, металлургической, оборонной промышленности.

Являясь одним из самых распространенных методов переработки полимерных материалов, экструзия также требует и достаточно дорогого оборудования. Его стоимость определяется различными факторами, среди которых важное место занимают конструктивные особенности шнека и, как следствие, производительность, энергопотребление, виды полимерных материалов, которые могут быть переработаны данным конкретным экструдером с учетом качества полученного материала.

Зарубежные производители экструдеров представлены следующими предприятиями: American Maplan Corporation, Battenfeld GmbH, BAUSANO & FIGLI S.P.A., Berstorff GmbH, COSTRUZIONE MECCANICHE LUIGI BANDERA SpA, ENTEK Manufacturing, Inc., ENTEX Rust & Mitschke GmbH и др. В России производством экструдеров занимаются такие компании, как ООО «Полимер Проект»,

ООО «ТПК ТРИГЛА», ЗАО «Аксиом Проджектс», ООО «Продвижение» и другие.

В таблице 1 приведены геометрические и технико-экономические характеристики для некоторых одношнековых экструдеров, применяемых в производстве листов и пленки.

**Таблица 1.**

**Геометрические и технико-экономические характеристики**

<b>Характеристики</b>	<u>ЭКМ</u> <u>20x25</u>	<u>ЭКМ</u> <u>25x25</u>	<u>ЭКМ</u> <u>30x30</u>	<u>ЭКМ</u> <u>32x30</u>	<u>ЭКМ</u> <u>36x30</u>
Номинальный диаметр шнека, мм	20	25	30	32	36
Отношение длины шнека к диаметру	25	25	30	30	30
Производительность при давлении в головке 10 МПа, в зависимости от перерабатываемого материала, кг/ч	до 12	до 20	до 25	до 30	до 50
Производительность при давлении в головке 10 МПа по ПВХ и ПП, кг/ч	до 8			до 20	до 35
Частота вращения шнека, об/мин	10—120	10—120	10—150	10-150	10—150
Количество зон терморегулирования	3	3	4	4	4
Диапазон регулирования температуры, °С	20...350	20...350	20...350	20...350	20...350
Расход воды, м <sup>3</sup> /час	-	-	-	0,2	0,2
Потребляемая мощность, кВт	до 5,0	до 5,5	до 14,0	до 16,0	до 16,0
Расстояние от основания экструдера до оси шнека, мм	1000	1000	1000	1000	1000
Масса, кг	120	130	400	460	480
Габариты (длина x ширина x высота), мм	1300x 700x 1200	1400x 700x 1200	1400x 700x 1200	1500x 700x 1200	1500x 800x 1250
Стоимость, руб.	250 000	265 000	350 000	410 000	420 000

Для того чтобы производства по переработке полимерных материалов были наиболее эффективны, необходимо предоставлять

потребителю различные виды продукции, что обусловлено весьма развитым рынком полимерных изделий. Поэтому производство должно обладать гибкостью, перенастраиваясь на различные типы сырья, конфигурации изделий и производительность в зависимости от текущих потребностей рынка [1].

Кроме того, решение задачи выбора экструзионных агрегатов при проектировании полимерного производства осложнено необходимостью одновременного учета множества ограничений по технико-экономическим параметрам экструдеров.

Как следствие, актуальной задачей становится разработка системы поддержки принятия решений (СППР), предназначенной для решения задач выбора оптимальной марки экструдера из множества альтернатив, а также для ввода и хранения полученных результатов специалистами предметной области.

Поскольку возможный набор альтернативных решений изначально неизвестен, то методы принятия решений, используемые для детерминированных и вероятностных решений, для данного класса задач неприменимы.

Поэтому для оценки систем в условиях полной неопределенности используются методы, в основе которых лежит матрица эффективности, представленная таблицей 2. В таблице  $a_i$  — вектор управляемых параметров, определяющих свойства системы (альтернативы);  $n_j$  — вектор неуправляемых параметров, определяющих состояния обстановки;  $k_{ij}$  — значение эффективности системы  $a_i$  для состояния обстановки  $n_j$ ;  $K(a_i)$  — критерий эффективности альтернативы.



Таблица 2.

Матрица эффективности

$a_i$	$n_j$				$K(a_i)$
	$n_1$	$n_2$	...	$n_k$	
$a_1$	$k_{11}$	$k_{12}$		$k_{1k}$	
$a_2$	$k_{21}$	$k_{22}$		$k_{2k}$	
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$	
$a_m$	$k_{m1}$	$k_{m2}$		$k_{mn}$	

В зависимости от характера предпочтений лица принимающего решения (ЛПР) в неопределенных операциях используются различные методы [3].

В рассматриваемом случае в качестве критерия принятия решений определены два критерия: критерий Лапласа и критерий Сэвиджа. Данные методы позволяют оценить выбор конструкции экструдера при минимизации рисков, а так же в условиях средней оценки данных. Методы, учитывающие оптимистичные подходы, исключаются, поскольку имеют высокие риски ложных решений.

В основе критерия Лапласа лежит предположение — поскольку о состоянии обстановки ничего не известно, то их можно считать равновероятностными.

Следовательно,

$$K(a_i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^l k_{ij}, \quad i = \overline{1, m}.$$

Оптимальной считается система, критерий оптимальности которой принимает вид

$$K^{opt}(a_i) = \max_i \left( \frac{1}{n} \sum_{j=1}^l k_{ij} \right).$$

Критерий Сэвиджа минимизирует потери эффективности при наилучших условиях.

Для оценки решений матрица эффективности преобразуется в матрицу потерь (риска). Каждый элемент матрицы потерь определяется как разность между максимальным и текущим значениями оценок эффективности в столбце:

$$\Delta K_{ij} = \max_i k_{ij} - k_{ij}.$$

После преобразования матрицы используется критерий минимакса

$$K(a_i) = \max_j \Delta k_{ij},$$
$$K^{opt} = \min_i (\max_j \Delta k_{ij})$$

Таким образом, эффективность решений в условиях неопределенности может быть оценена по ряду критериев, выбор которых возлагается на ЛПР.

На основе рассмотренных методов была разработана программная система поддержки принятия решения выбора марки экструдера на основе многокритериальной оценки геометрических и технико-экономических характеристик.

Главное окно программы представлено на рисунке 2.



**Рисунок 2. Главное окно программы**

В пункте меню «Файл» доступны базовые функции программы: «Новый проект», «Открыть проект», «Сохранить проект», «Печать», «Выход».

Пункт меню «Импорт данных» предназначен для быстрой загрузки данных о марках экструдера за счет импорта файла формата .xls, заполненного в определенном шаблоне.

Через пункт «База данных» возможен просмотр имеющейся информации, ее добавление и корректировка, а также экспорт в файл формата .xls.

В пункте меню «Поиск экструзионной техники» осуществляется подбор экструдера наиболее подходящего по указанным технико-экономическим показателям (рисунок 3).

Для просмотра подробной информации об экструдерах необходимо выбрать одну из отфильтрованных записей (рисунок 4).

Таким образом, разработанная программная система осуществляет автоматизированный выбор экструдеров из базы данных по заданным технико-экономическим показателям, что повысит эффективность и скорость построения новой линии продукции, изготавливаемых посредством экструзии.

Наименование	Производительность	Энергопотребление	Масса	Габариты	Частот
ЭКМ 20x25	до 12	до 5,0	120	1300x700x1200	10-120
ЭКМ 25x25	до 20	до 5,5	130	1400x700x1200	10-120

**Ограничения на технико-экономические показатели**

Критерий отбора: Критерий средней оценки  
Тип материала: ПНЭП  
Производительность: 10  
Энергопотребление: 5  
Цена: 200000

Длина: 1200  
Ширина: 600  
Высота: 1000  
Масса: 100  
Частота вращения: 50

Расчитать

*Рисунок 3. Подбор экструзионных агрегатов*

ХАРАКТЕРИСТИКИ	
ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЗНАЧЕНИЕ
Перерабатываемый материал	ПВД, ПНД, гранулированный ПВХ, ПП, Г
Диаметр шнека, мм	20
Отношение длины шнека к диаметру	25
Частота вращения шнека, об/мин	10-120
Количество зон терморегулирования	3
Регулирование температурного режима	автоматическое
Диапазон регулирования температуры,	20...350
Охлаждение зон нагрева	воздушное
Потребляемая мощность, кВт	до 5,0

Контакты производителя

***Рисунок 4. Геометрические и технико-экономические характеристики***

### **Список литературы:**

1. Власов С.В. Основы технологии переработки пластмасс: учеб. пособие для вузов/ С.В. Власов, А.Б. Кандырин, В.Н. Кулезнев. — М.: Мир, 2006. — 600 с.
2. Карташов Л.П., Зубкова Т.М. Параметрический и структурный синтез технологических объектов на основе системного подхода и математического моделирования. — Екатеринбург: УрО РАН, 2009. — 211 с.
3. Соловьев Н.А., Чернопрудова Е.Н. Программные средства систем поддержки принятия решений: Методические рекомендации / Н.А. Соловьев, Е.Н. Чернопрудова. — Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. — 93 с.

# ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ АМОРТИЗАТОРОВ АВТОМОБИЛЕЙ

*Парфеньева Ирина Евгеньевна*

*канд. техн. наук, доцент МГМУ (МАМИ)*

*г. Москва*

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

## ASSESSMENT OF THE TECHNICAL LEVEL OF HYDRAULIC SHOCK ABSORBERS CARS

*Parfenyeva Irina*

*Candidate of Technical Science, Associate Professor of MG MU (MAMI),*

*Moscow*

### АННОТАЦИЯ

Для оценки качества функционирования гидравлических амортизаторов автомобилей выделены группы функциональных параметров амортизатора и предложена система показателей качества. На основе анализа литературных и производственных данных приведена сравнительная оценка уровня качества амортизаторов отечественного и зарубежного производства по ряду показателей качества.

### ABSTRACT

For the assessment of quality of functioning of the hydraulic shock absorbers car, the groups of functional parameters of the shock absorber and proposed a system of quality indicators. On the basis of the analysis of literary and production data provides a comparative assessment of the level of quality of shock-absorbers of domestic and foreign manufacture on a number of quality indicators

**Ключевые слова:** гидравлические амортизаторы автомобилей, функциональные параметры, система показателей качества, оценка технического уровня.

**Key words:** hydraulic shock absorbers cars, functional parameters, system of quality indicators, assessment of the technical level.

Структурная модель системы двухтрубный гидравлический амортизатор (далее ГА) представлена в работах [3, 5] в виде графа функционального взаимодействия элементов. Ребрами графа являются функции элементов. Дается описание функций элементов данной системы.

На основе анализа функциональной структуры ГА можно выделить следующие группы функциональных параметров амортизатора:

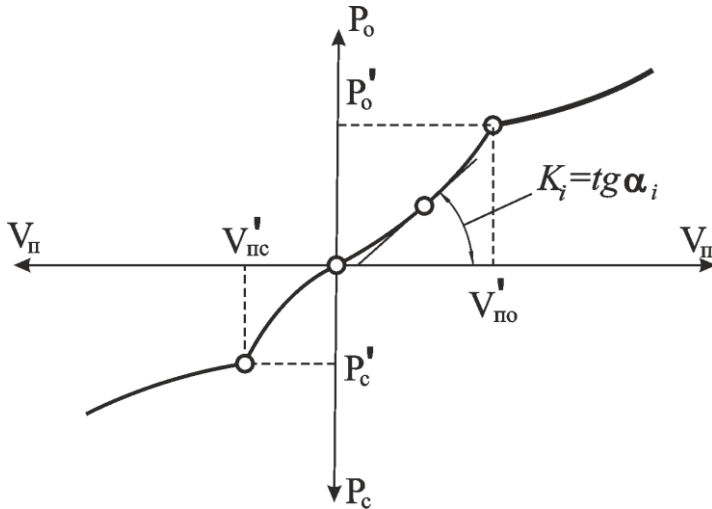
1. Геометрические размеры функциональных элементов амортизатора — диаметр штока  $d_{ш}$ , диаметр поршня  $d_{п}$ , диаметр отверстия цилиндра  $d_{ц}$ , диаметр отверстия направляющей  $d_{н}$ , толщина дроссельного диска клапана отдачи и сжатия  $\delta_1^o$  и  $\delta_1^c$ , толщина клапанного диска клапана отдачи и сжатия  $\delta_2^o$  и  $\delta_2^c$ , высота бобышки тарелки клапана сжатия  $h$ , размеры вырезов и пазов на дроссельном диске клапана отдачи и сжатия, определяющих площадь калиброванных отверстий  $f_d^o$  и  $f_d^c$ , а также точность изготовления деталей амортизатора, шероховатость, волнистость и форма поверхностей, их относительное расположение;

2. Параметры, характеризующие неплотности в уплотнительных узлах амортизатора, определяющие величины нежелательных протечек рабочей жидкости — радиальный зазор в сопряжении шток-направляющая  $S_1$ , радиальный зазор в сопряжении поршень-цилиндр  $S_2$ , а также точность изготовления деталей сопряжений ГА, шероховатость, волнистость и форма поверхностей, их относительное расположение;

3. Механические и физико-механические параметры — механические свойства поверхностного слоя материала деталей, показатели прочности, износостойкости, теплопроводности деталей, свойства рабочей жидкости, жесткость и усилие предварительного натяга упругих элементов клапанов.

Качество функционирования ГА характеризуется показателями групп назначения, надежности, стабильности и однородности, рис. 1.





**Рисунок 2. Характеристика сопротивления гидравлического амортизатора**

Закон изменения силы сопротивления ГА от скорости относительного перемещения поршня в общем виде имеет вид:  
на начальном участке

$$P_o = K_{до} |V_{п}|^n \operatorname{sgn} V_{п}$$

$$P_c = K_{дс} |V_{п}|^n \operatorname{sgn} V_{п}$$

на клапанном участке

$$P_o = K_{до} |V_{п}|^n \operatorname{sgn} V_{п} + K_{кo} (|V_{п}| - |V_{пo}|)^m \operatorname{sgn} V_{п}$$

$$P_c = K_{дс} |V_{п}|^n \operatorname{sgn} V_{п} + K_{кс} (|V_{п}| - |V_{пс}|)^m \operatorname{sgn} V_{п},$$

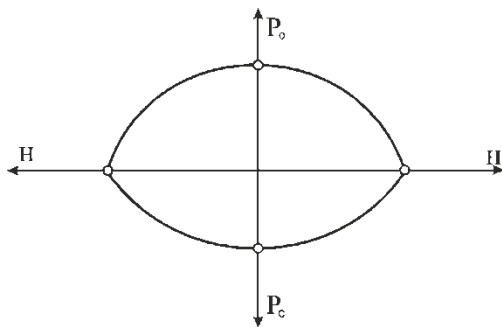
где:  $K_d, K_k$  — коэффициенты сопротивления ГА на дроссельном и клапанном участках характеристики соответственно.

Коэффициент сопротивления ГА определяется из рассмотрения характеристики сопротивления как тангенс угла наклона кривой



при определенной скорости относительного перемещения поршня (рис. 2).

Величина коэффициента сопротивления определяется величинами утечек рабочей жидкости через элементы дросселирующей системы ГА и зависит на начальных участках характеристики от значений параметров и точности конструктивных элементов калибровочных отверстий, а на клапанных участках характеристики также от значений параметров и точности конструктивных элементов клапанных узлов. Величина коэффициента  $K$  также будет зависеть от зазоров в сопряжениях ГА: шток-направляющая и поршень-цилиндр. Для построения характеристики сопротивления ГА используют рабочие диаграммы (рис.3), которые представляют собой зависимость силы сопротивления ГА  $P$  от хода поршня  $H$  при определенной частоте колебаний динамометрического стенда.



**Рисунок 3. Рабочая диаграмма гидравлических амортизаторов**

Надежность ГА — свойство амортизаторов сохранять параметры характеристики в заданных пределах в течение требуемого времени или требуемой наработки. Надежность ГА состоит из сочетания свойств безотказности и долговечности.

Безотказность ГА — свойство амортизаторов непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени. Под работоспособностью ГА понимается такое состояние, при котором характеристики сопротивления и ее основные параметры находятся в пределах не менее 75 % от нижней границы поля допуска характеристики нового изделия. Показателем безотказности ГА является вероятность безотказной работы  $P(T)$ .

Долговечность ГА — свойство амортизаторов сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния

при установленной системе технического обслуживания. Показателями долговечности ГА являются гамма-процентный ресурс  $T_\gamma$ , средний ресурс  $T_{cp}$ .

Снижение эффективности двухтрубного ГА может быть следствием уменьшения количества рабочей жидкости в его камерах, нарушения работы клапанной системы (поломка дисков и пружин, засорение клапанов, усадка пружин), изнашивание трущихся пар: поршень-цилиндр, шток-направляющая. В табл. 1 приведено распределение составляющих параметра потока отказов ГА на основе анализа данных [2].

**Таблица 1.**

**Распределение составляющих потока отказов ГА**

<b>Доля (%) отказов по причинам</b>			
Течь жидкости через сальник штока	Нарушение работы клапанной системы	Увеличение паразитных утечек	Неисправный монтаж на автомобиле
55	30	12	3

Из табл. 1 видно, что наибольшее число отказов ГА происходит из-за течи жидкости в результате нарушения герметичности узла уплотнения, а также из-за нарушения работы клапанной системы. Течь жидкости из-за нарушения герметичности узла уплотнения может быть связана не только с износом уплотнения, ослаблением затяжки гайки резервуара, но и с взаимной эксцентричностью направляющей штока, обоймы, сальников, рабочего цилиндра, поршня на штоке. Следствием течи жидкости, а также деформаций дисков клапанов, неравномерности износа седел клапанов является свободное перемещение штока в начале хода отдачи и сжатия и так называемые «провалы», т. е. отсутствие сопротивления ГА на части хода поршня.

Стабильность ГА — свойство амортизаторов сохранять значения параметров характеристики неизменными во времени. Стабильность ГА проверяют при различных температурах нагрева, а также до и после проведения испытаний на надежность. Показателем стабильности ГА является коэффициент энергоемкости  $\eta_a$ , эквивалентный изменению поглощаемой амортизатором энергии. Коэффициент  $\eta_a$  определяется соотношением площадей рабочих диаграмм

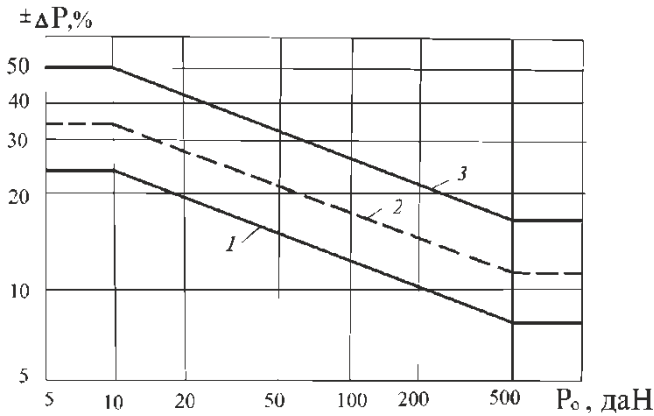
$$\eta_a = \frac{|N_{cp1} - N_{cp2}|}{N_{cp1}} 100\% ,$$

где:  $N_{cp1}(P_1)$  — средняя мощность (усилие), развиваемая амортизатором после нагрева или испытания на надежность;

$N_{cp2}(P_2)$  — средняя мощность (усилие), развиваемая амортизатором до нагрева или испытания на надежность.

Оценку качества функционирования ГА дают по номинальным значениям и предельным отклонениям усилия сопротивления.

Предельные отклонения усилия сопротивления амортизатора от номинального значения — это разность усилий сопротивления ГА, найденных по предельным значениям параметров, с усилием сопротивления, найденным по номинальным значениям параметров. Предельные отклонения на усилие сопротивления ГА задаются в процентах от номинального значения усилия. На рис. 4 представлены обобщенные зависимости допустимых отклонений от номинальных значений усилий ГА различной размерности по данным работы [1].



**Рисунок 4. Обобщенные зависимости допустимых отклонений от номинальных значений усилий сопротивления гидравлических амортизаторов различной размерности: 1 — легковых автомобилей; 2 — автобусов; 3 — грузовых автомобилей**

Допуск на усилие сопротивления ГА — это разность предельных отклонений на усилие сопротивления амортизаторов.

Предельные отклонения усилия сопротивления относятся к показателям однородности ГА и характеризуют рассеивание фактических значений усилия сопротивления у различных единиц продукции одного вида ГА.

Анализ технического уровня ГА по показателям качества с использованием литературных и производственных данных [4] приведен в табл.2—4.

**Таблица 2.**

**Анализ технического уровня амортизаторов по показателям надежности**

Тип амортизатора	Страна изготовитель	Средний ресурс $T_{cp}$ , тыс.км
Koni	Голландия	60—100
Bilstein	Германия	50—80
Voge	Германия	40—70
Moproc	США	30—50
Отечественные амортизаторы «САЗ» (ВАЗ, ГАЗ, Москвич)	РФ	30—40

**Таблица 3.**

**Анализ технического уровня амортизаторов по показателям однородности**

Тип амортизатора	Фактические предельные отклонения усилия сопротивления от номинального значения, % (сжатие/ отдача)
Отечественные амортизаторы «САЗ»	
ВАЗ (передний)	$\pm 36,5/\pm 14,5$
ГАЗ (передний)	$\pm 41,5/\pm 21$
Москвич (передний)	$\pm 30/\pm 13$
Амортизаторы зарубежного производства	
не более $\pm 10$	

*Таблица 4.*

**Анализ технического уровня амортизаторов по показателям  
стабильности**

<b>Тип амортизатора</b>	<b>Страна изготовитель</b>	<b>Коэффициент энергоёмкости, % (сжатие/отдача)</b>
Tokiko	Япония	83/75
Bilstein	Германия	90/88
Telafllo	Англия	63/73
Отечественные амортизаторы «САЗ» (Москвич)	РФ	97/93

**Список литературы:**

1. Дербаремдикер А.Д. Амортизаторы транспортных машин. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1985. — 199 с.
2. Злотовратский О.Д., Конасов Ю.Ф. Критерии исправности двух- и однотрубных амортизаторов // Автомобильная промышленность. — 1987. — № 8. — С. 16—17.
3. Колчков В.И., Парфеньева И.Е. Моделирование функциональных структур изделий машиностроения // Технические науки: современные проблемы и перспективы развития, сборник материалов I Международной научно-практической конференции (г. Йошкар-Ола, 10 декабря 2012 г.) — Йошкар-Ола: Научно-издательский центр «Коллоквиум», 2013. — С. 29—35.
4. Парфеньева И.Е. Повышение эффективности использования подвесок автотранспортных средств методами обеспечения качества гидравлических амортизаторов: дис. канд. техн. наук. — М., 1989. — С. 31—33.
5. Шибашева И.Е., Никифоров А.Д. К разработке математической модели оптимизации параметров гидравлических амортизаторов автомобилей// Известия ВУЗов. Машиностроение. — 1985. — № 7. — С. 79—84.

**СЕКЦИЯ 4.**  
**ЭНЕРГЕТИКА**  
**И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА**  
**И ТЕХНОЛОГИИ**

**ВИБРАЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА**  
**КАК СПОСОБ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО**  
**СОСТОЯНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

***Вилков Сергей Александрович***

*аспирант, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова»,  
г. Магнитогорск.*

*E-mail: [sergun-1989@mgn.ru](mailto:sergun-1989@mgn.ru)*

**VIBRATION DIAGNOSTICS AS A WAY**  
**TO ASSESS THE TECHNICAL CONDITION**  
**OF TRANSFORMERS**

***Sergey Vilkov***

*postgraduate, FSBEI HPE “Magnitogorsk State Technical University  
named after G.I. Nosov”, Magnitogorsk.*

**АННОТАЦИЯ**

Данная статья содержит описание специфических особенностей вибрационной диагностики силовых трансформаторов и автотрансформаторов. Определены факторы, влияющие на общую вибрационную характеристику. Выявлены критерии оценки состояния пресовки обмоток и магнитопровода.

**ABSTRACT**

This article describes the specific features of vibration diagnostics of power transformers and autotransformers. Factors that have an effect on overall vibration response have been identified. Evaluation indicators of core and winding clamping condition have been defined.

**Ключевые слова:** трансформатор; вибрационная диагностика; прессовка обмоток; прессовка магнитопровода; спектр сигнала.

**Keywords:** transformer; vibration diagnostics; core clamping; winding clamping; signal spectrum.

Вибрационное обследование силовых трансформаторов является весьма эффективным способом оценки их технического состояния. Его неоспоримым достоинством в сравнении с другими способами диагностирования является возможность проведения обследования в процессе работы трансформатора и, соответственно, возможность построения на его основе системы диагностирования, работающей в режиме on-line. По результатам вибрационного обследования можно судить о состоянии фундамента трансформатора, состоянии охлаждающих вентиляторов и масляных насосов, качестве прессовки обмоток и магнитопровода, а также производить балансировку вентиляторов системы охлаждения и устранять резонансные явления [1].

В процессе работы трансформатор всегда генерирует вибрационные колебания. Вибрация может быть зарегистрирована на разных частотах, в разных местах трансформатора и быть вызвана различными источниками.

Наиболее важным параметром при диагностике трансформатора является состояние прессовки его обмоток и магнитопровода. В нормальных рабочих условиях именно эти элементы являются главным источником вибрации, которая передается на бак трансформатора через трансформаторное масло и твердые элементы конструкции. Частота этих колебаний лежит в диапазоне от 100 Гц до 800 Гц [2].

Колебания с частотой до 100 Гц, как правило, являются результатом работы охлаждающих вентиляторов и масляных насосов. Колебания с частотой свыше 1 кГц генерируются небольшими элементами, не связанными с магнитопроводом и обмотками трансформатора [1].

Вибрация обмоток обусловлена силами Лоренца, величина которых зависит от плотности тока и плотности потока рассеяния. Т. к. поток рассеяния и плотность тока разнонаправленны, плотность силы имеет компоненты в радиальном и в осевом сечении. К тому же, обе компоненты являются функцией тока нагрузки, поэтому результирующая сила является квадратичной функцией тока. Стоит отметить, что вибрация обмоток в нормальных условиях является незначительной, но при определенных неисправностях она резко возрастает.

Вибрация в магнитопроводе обусловлена процессом магнетострикции — изменением геометрических размеров пластин магнитопровода вследствие изменения ориентации кристаллов материала

под действием магнитных полей. Таким образом, эффект магнитострикции зависит от величины напряженности приложенного поля. Также известно, что основная частота магнитострикционных сил составляет 100 Гц, т. е. в два раза больше частоты возбуждения.

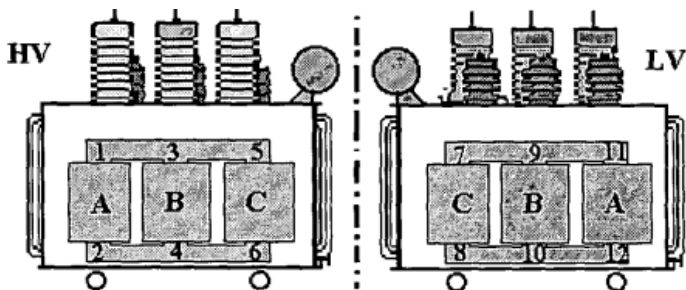
Еще одним источником вибрации магнитопровода является воздушный зазор, появляющийся вследствие магнитного отталкивания между пластинами. Отталкивающие силы по большей части присутствуют в угловых соединениях магнитопровода и также имеют основную частоту колебаний 100 Гц [2].

Спектр установившихся колебаний идеального трансформатора имеет всего три нечетных гармонических составляющих, кратных частоте электромагнитной силы, т.е. удвоенной частоте сети (100 Гц). Первая гармоника создается магнитострикционными силами в магнитопроводе и электродинамическими силами в обмотках. Третья и пятая гармоники являются результатом насыщения магнитопровода.

В реальных трансформаторах вибрация ослабленных витков обмоток или ослабленных пластин магнитопровода добавляет высшие гармоники в спектр вибрационной характеристики трансформатора, и чем больше будет значение люфта этих элементов, тем выше будут соответствующие номера гармоник в спектральной характеристике и их амплитуда.

Как правило, при проведении анализа состояния прессовки обмоток и магнитопровода используют 12 датчиков виброскорости: 6 на высоковольтной стороне бака трансформатора (HV) и 6 на низковольтной стороне (LV). Датчики должны быть примерно равноудалены от контролируемых элементов и не должны располагаться вблизи трубопроводов и ребер жесткости.

Рекомендуемые места крепления датчиков виброскорости показаны на рисунке 1.



*Рисунок 1. Рекомендуемые места крепления датчиков виброскорости на баке трансформатора*



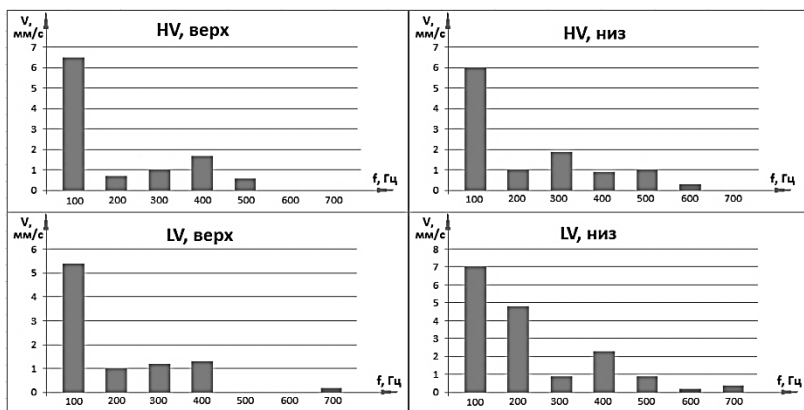
В таблице 1 и на рисунке 2 представлен пример измерения виброскорости (мм/с) на баке трансформатора 500/220 кВ, 50 Гц по семи гармоникам.

*Таблица 1.*

**Результаты измерения виброскорости трансформатора 500/200 кВ**

Точка	100 Гц	200 Гц	300 Гц	400 Гц	500 Гц	600 Гц	700 Гц
HV, верх	6,5	0,7	1,0	1,7	0,6	-	-
HV, низ	6,0	1,0	1,9	0,9	1,0	0,3	-
LV, верх	5,4	1,0	1,2	1,3	-	-	0,2
LV, низ	7,0	4,8	0,9	2,3	0,9	0,2	0,4

Из графиков видно, что в спектре полученных сигналов присутствуют высшие гармоники, что свидетельствует о наличии ослабления прессовки обмоток или магнитопровода.



*Рисунок 2. Результаты измерения виброскорости трансформатора 500/200 кВ*

Для того чтобы разделить «вклад» вибрации магнитопровода и обмоток в общую вибрационную характеристику трансформатора, рекомендуется проводить измерение дважды: под нагрузкой и в режиме холостого хода. Это обусловлено тем, что в режиме холостого хода электродинамические силы в обмотках трансформатора практически отсутствуют, поэтому снятые вибрационные характеристики будут описывать по большей части вибрацию

магнитопровода. Под нагрузкой в вибрационной характеристике будут присутствовать обе составляющие [3].

Таким образом, измерение и анализ вибрации на баке трансформатора является весьма эффективным способом оценки состояния пресовки обмоток и магнитопровода трансформатора. Тем не менее, данный способ целесообразно использовать с другими способами диагностирования, такими как измерение частичных разрядов в изоляции трансформатора, анализ трансформаторного масла и тепловизионный контроль.

### **Список литературы:**

1. Русов В.А, Софьина Н.Н. «Вибрационное обследование и диагностика состояния трансформаторов» // Методы и средства оценки состояния Энергетического оборудования. Выпуск 11. Спб.: ПЭИПК, 2000. — с. 38—53.
2. Pablo H. Ibarguengoytia, Roberto Liñan, Alberth Pascacio and Enrique Betancourt . Probabilistic Vibration Models in the Diagnosis of Power Transformers // ISBN: 978-953-307-696-6, Mexico, InTech, 236 pages, 2011. — p. 103—122.
3. Zalya Berler, Alexander Golubev, Valery Rusov, Vladimir Tsvetkov, Cal Patterson. Vibro-Acoustic Method of Transformer Clamping Pressure Monitoring // Conference Record of the 2000 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Anaheim, CA USA, 2000. — p. 263—266.

**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ  
МЕТОДОВ ВИБРОДИАГНОСТИКИ  
И МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ  
В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ  
СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЭС**

***Николаев Михаил Юрьевич***

*канд. техн. наук, доцент ОмГТУ, г. Омск*

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

***Березовский Владислав Сергеевич***

*студент, ЭНИ ОмГТУ, г. Омск*

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

***Николаева Елена Вячеславовна***

*канд. техн. наук, доцент ОмГТУ, г. Омск*

***Никитин Евгений Валерьевич***

*студент, ЭНИ ОмГТУ, г. Омск*

**THE USE OF MODERN METHODS  
OF THE VIBRODIAGNOSTICS  
AND METROLOGICAL CONTROL IN THE SYSTEM  
OF ELECTRIC POWER SUPPLY  
OF THERMO POWER STATION'S OWN NEEDS**

***Nikolayev Michael***

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of OmSTU, Omsk*

***Berezovsky Vladislav***

*Student, the Institute of Energetic of OmSTU, Omsk*

***Nikolaeva Elena***

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of OmSTU, Omsk*

***Nikitin Eugene***

*Student, the Institute of Energetic of OmSTU, Omsk*

## АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрены методы вибрационной диагностики оборудования тепловых электростанций. На примере циркуляционного насоса анализируется влияние дефектов механической и электромагнитной систем на вибрацию электрических машин, а так же оценка состояния агрегата в целом.

## ABSTRACT

In given paper we are doing our research based on methods of vibrodiagnostic of the thermal power stations' equipment. Using the example of the centrifugal pump, was examined the impact of mechanical and electromagnetic systems' defect on the vibration of electric machines and on the aggregate overall.

**Ключевые слова:** Вибродиагностика; вибрация; энергоэффективность; тепловая электростанция.

**Key words:** vibrodiagnostic; vibration; energy efficiency; thermal power station.

В последние годы в энергетике большое внимание уделяется вопросам энергоэффективности, в том числе и на федеральном уровне. Сейчас не только для ТЭС, но и для многих предприятий, деятельность которых связана с использованием энергетических ресурсов, проведение мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности носит обязательный характер [5].

В связи с этим следует особо выделить, как наиболее необходимые, мероприятия по оценке состояния оборудования станции. Так как электрические машины без сомнения являются наиболее важным оборудованием в энергосистеме, то своевременная и качественная диагностика электрических машин является необходимым фактором, определяющим их надёжность, эффективность эксплуатации, период, срок и качество проведения капитального ремонта.

Вибродиагностика — это один из продуктивных современных методов в диагностике электрических машин, дающий наиболее полные данные о показателях состояния диагностируемых объектов и их основных составных частей, узлов и деталей.

Существует метод диагностики состояния оборудования при помощи спектров огибающей вибросигнала, позволяющий выявить дефекты на ранней стадии их развития [7]. Спектр огибающей является важным параметром, используемым для оценки состояния машины. Этот метод необходимо начинать с поиска источника вибрации, которая может затянуться и привести к увеличению общего уровня вибрации, загрязнения масла, как следствие, рост температуры.

Диагностика при помощи спектров огибающей во многом зависит от метода и места монтажа вибродатчика. Даже самое незначительное изменение места монтажа вибродатчика может привести к изменению результатов измерений. Вибродатчик должен быть закреплен на плоской чистой (голый металл) поверхности. При использовании таких датчиков показания вибрации будут особенно подвержены вариации из-за силы прижатия вибродатчика к объекту измерения, угла его установки, от факторов, зависящих от человека снимающего показания и от других метрологических показателей.

Универсальность предлагаемого метода вибродиагностики позволяет определить эффективность электрической машины на разных этапах, начиная от определения качества электрической машины ещё при её производстве, до выявления причин и степени износа уже во время эксплуатации.

Для определения тех или иных дефектов машины следует разграничить источники вибрации на следующие виды: электромагнитные и механические.

Необходимо обратить внимание на то, что вибродиагностика применяется не только для крупных электрических машин. На реальных ТЭС не менее важно исследование вспомогательных механизмов, то есть оборудования насосных станций, котельного оборудования, механизмы ремонтных станций [4].

Наиболее распространенным источником повышенной вибрации в электрических машинах является механический дисбаланс роторов. Влияние дисбаланса на вибрацию определяют возникающие при вращении центробежные силы, создающие вынужденные колебания роторов с частотой вращения.

Также существенно влияют на вибрацию дефекты сопряжения жестких муфт, широко применяемых в энергомашиностроении. По характеру вызываемой вибрации дефекты сопряжения весьма близки к дисбалансу [1].

В данной работе анализируется влияние дефектов механической и электромагнитной систем электрических машин на вибрацию электромагнитного происхождения на примере циркуляционного насоса ЦН-11Б.

Вибрационное обследование циркуляционного насоса ЦН-11Б СП «ТЭЦ-3» ОАО «ТГК-11» и анализ вибросигналов проводился ДЗО ОАО «Энергосервис» (г. Омск) с помощью стандартных средств машинного анализатора Machinery Health Analyzer CSI-2130. Вибросигналы снимались на заранее оборудованных точках контроля.

В насосный агрегат входят: насос 24НДН, электродвигатель А4-450У-8У3, обратный клапан.

Низконапорный циркуляционный насос 24НДН — центробежный, горизонтальный, одноступенчатый, с двусторонним подводом воды.

### **Результаты испытаний.**

Анализ сигнатуры, полученной при обследовании насосного агрегата, показывает, что на насосе присутствует несколько основных проблемы.

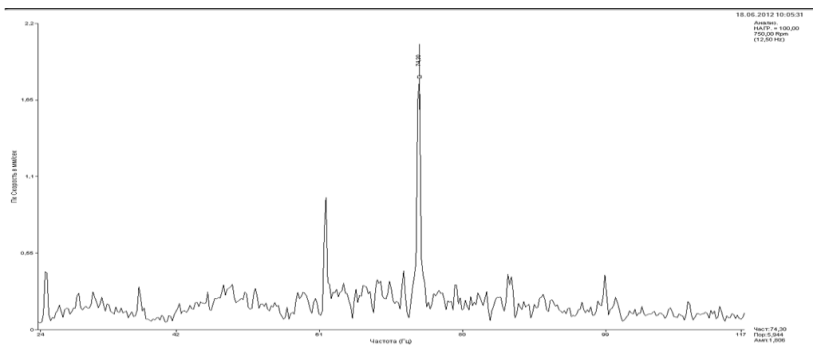
Первая по значимости — гидравлическая. Высокий уровень лопастной вибрации (рис. 1) рабочего колеса.

Причиной может быть нецентральное расположение ротора насоса относительно проточной части, поскольку лопастная вибрация сопровождается дисбалансом. Расцентровка значительна настолько, что муфта, с большой вероятностью, заклинена. При заклиненной муфте у агрегата проявляются признаки несбалансированности (рис. 2).

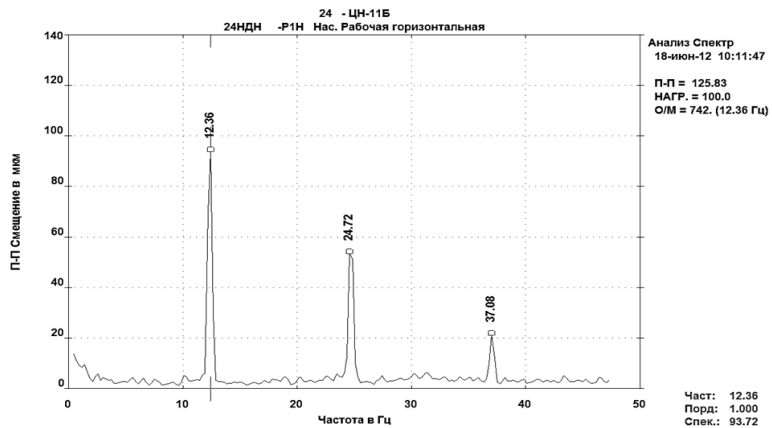
Расцентровка и неудовлетворительная работа муфты являются главной проблемой на агрегате (рис. 3).

Таким образом, эти проблемы привели к следующей — разрушение подшипников. Предположение о том, что муфта заклинена, подтверждается тем, на ротор электродвигателя передается вибрация с ротора насоса.

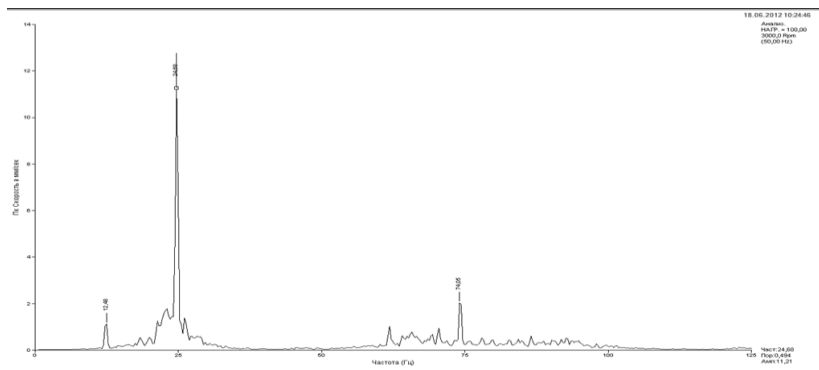
Расцентровка и неудовлетворительная работа муфты привели к деградации подшипников электродвигателя еще в большей степени, чем на насосе. Более того, судя по сигналам (рис. 4), разбита посадочная поверхность подшипника № 1 (задний двигателя).



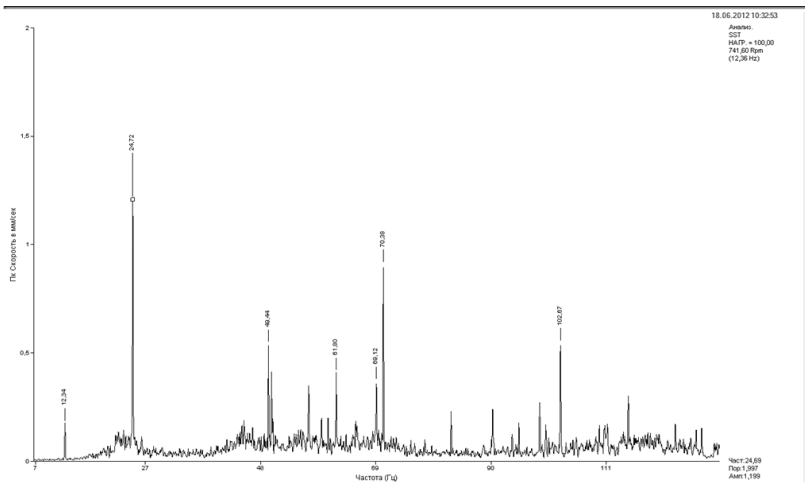
**Рисунок 1. Подшипник № 4 (задний насоса) в горизонтальном направлении. Лопастная частота рабочего колеса 74,3 Гц**



**Рисунок 2. Подшипник №3 (передний насоса) в горизонтальном направлении. Обратная частота вращения 12,36 Гц, 2-я гармоника оборотной частоты вращения 24,72 Гц, 3-я гармоника оборотной частоты вращения 37,08 Гц**



**Рисунок 3. Подшипник № 2 (передний двигателя) в горизонтальном направлении. Обратная частота вращения 12,48 Гц, 2-я гармоника оборотной частоты вращения 24,68 Гц, лопастная частота рабочего колеса 74,1 Гц**



**Рисунок 4. Подшипник № 1 (задний двигателя) в горизонтальном направлении. Оборотная частота вращения 12,3 Гц, 2-я гармоника оборотной частоты вращения 24,7 Гц. Подшипниковые частоты — 49,4 Гц тела качения поди. 1; 61,8 Гц внутренняя обойма поди 1; 69,12 Гц тела качения поди. 3; 70,38 Гц наружная обойма поди. 2, 102,67 Гц внутренняя обойма поди. 2**

### **Выводы.**

Не высокий уровень проявления электромагнитных проблем говорит о том, что они являются лишь следствием проблем механических.

Серьезные проблемы на подшипниках электродвигателя связаны как с разрушением дорожек внутренних и внешних обойм, так и с разрушением тел качения.

Так как состояние подшипников невозможно определить чисто визуально, для вынесения окончательных выводов применяются методы диагностики неразрушающего контроля.

Серьезные проблемы на подшипниках электродвигателя связаны как с разрушением дорожек внутренних и внешних обойм, так и с разрушением тел качения.

Вал насосного агрегата расцентрован, не совпадают оси ротора и проточной части насоса, что привело к заклиниванию муфты (агрегат расцентрован по полумуфтам). Данные неисправности послужили причиной сильному износу подшипников насоса, прослабленной посадке подшипника № 1 (задний двигателя) в корпусе. Из результатов



диагностического обследования следует, что вибрационное состояние циркуляционного насоса соответствует оценке «недопустимо».

### **Список литературы:**

1. Гольдин А.С. Вибрация роторных машин. — М.: Машиностроение, 1999. — 344 с.
2. ГОСТ Р 53565-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Вибрация центробежных насосных и компрессорных агрегатов. М.: Изд-во стандартиформ, 2010. — 5 с.
3. МУ 34-70-008-82 (СО 34.41.708) «Методических указания по испытанию питательных электронасосов и турбонасосов». М.: Союзтехэнерго, 1982. — 44 с.
4. Николаев М.Ю. Методы использования вибродиагностических исследований в эксплуатации ТЭС/ Николаев М.Ю., Березовский В.С., Никитин Е.В. // Научная дискуссия: инновации в современном мире: материалы VIII международной заочной научно-практической конференции. Часть I. — Москва: Изд-во «Международный центр науки и образования», 2013. — С. 43—48.
5. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ, 56 с.
6. РД 34.45-51.300-97. «Объем и нормы электрооборудования». 1997. — 153 с.
7. Nathan Weller. Огибающая: высокая чувствительность к дефектам и их раннее обнаружение / Nathan Weller // Компрессорная техника и пневматика. № 7, 2012. С. 7—13.

# ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОГО ЦЕХА

*Пальчиков Александр Сергеевич*

*аспирант, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск  
E-mail: [alexander13131@yandex.ru](mailto:alexander13131@yandex.ru)*

## ANALYSIS AND PREDICTION OF ELECTRIC POWER CONSUMPTION EXEMPLIFICATIVE OF OXYGEN-CONVERTER PLANT

*Alexander Palchikov*

*postgraduate, FSBEI HPE "Magnitogorsk State Technical University  
named after G.I. Nosov", Magnitogorsk.*

### АННОТАЦИЯ

Данная статья содержит анализ электропотребления крупного металлургического цеха. В результате анализа выявлены факторы, которые влияют на потребление электроэнергии цехом, и получена регрессионная зависимость, описывающая электропотребление.

### ABSTRACT

This article contains the analysis of electric power consumption of a large metallurgical plant. As a result of this analysis, factors that have an effect on electric power consumption have been revealed and regressional dependence describing power consumption has been found.

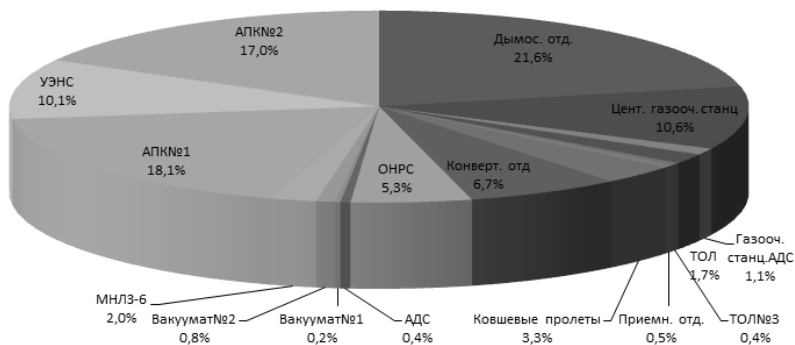
**Ключевые слова:** прогнозирование электропотребления; резко-переменная нагрузка; анализ работы агрегата; график электропотребления.

**Keywords:** electric power consumption prediction; abruptly variable load; aggregate work analysis; electric power consumption chart.

Развитие рыночных отношений в сфере электроэнергетики предъявляет определенные требования к сделкам на покупку и продажу электроэнергии. Поэтому для минимизации потерь и дефи-

цитов мощности необходимо прогнозировать объемы потребляемой электроэнергии. В связи с этим встает задача моделирования расхода электроэнергии на сутки вперед. В данной статье проанализирована электрическая нагрузка одного из цехов ОАО «ММК».

Кислородно-конвертерный цех является одним из крупнейших потребителей электроэнергии на ОАО «ММК», который включает в себя 3 конвертера, 5 машин непрерывного литья заготовок, 9 агрегатов внепечной обработки стали. На рисунке 1 представлен баланс электрической нагрузки по агрегатам ККЦ.



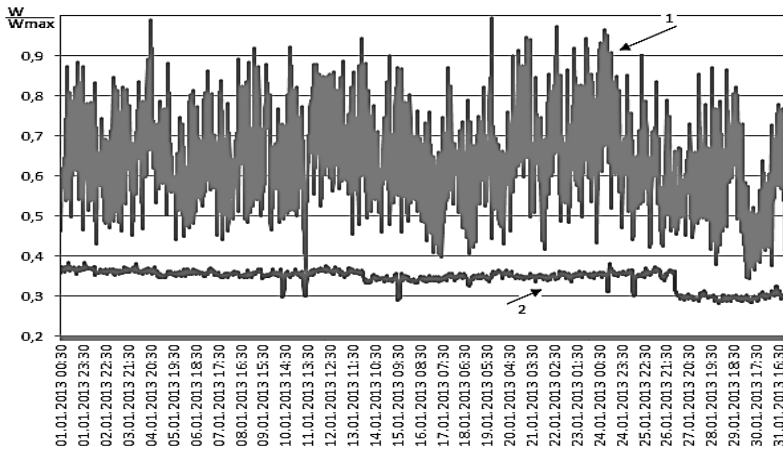
**Рисунок 1. Баланс электрической нагрузки по агрегатам ККЦ**

Анализируя график электропотребления всего кислородно-конвертерного цеха, представленного на рисунке 2, можно выделить постоянную и переменную составляющую [1]. Было выявлено, что чрезвычайно резкими перепадами нагрузки обладают три агрегата цеха участка внепечной обработки стали (агрегат печь-ковш-1,2 и установка электро-нагрева стали). Остальные агрегаты цеха имеют постоянные характеристики нагрузки, т. е. колебания характеристик нагрузки практически не происходят [1]. Их электропотребление зависит от проведения ремонтных работ и объемов производства [2].

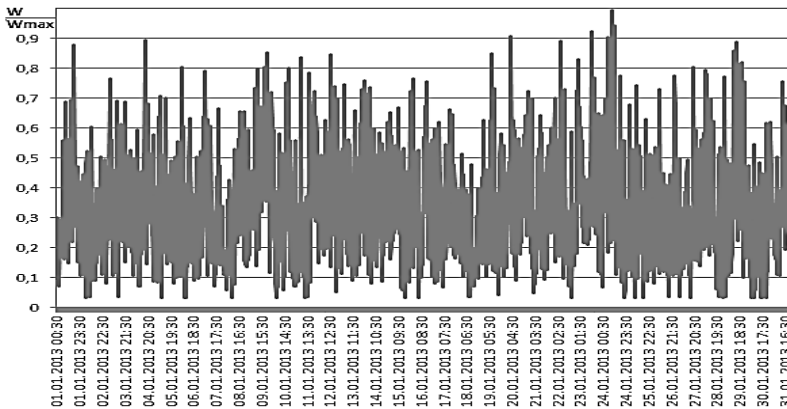
При прогнозировании электропотребления ККЦ самым сложным является моделирование резкопеременной нагрузки агрегатов участка внепечной обработки. График электропотребления одного из них представлен на рисунке 3. Стохастический характер нагрузки усугубляется тем фактом, что предсказать какие именно плавки будут обрабатываться на этих энергоемких агрегатах невозможно, так как это решается непосредственно после слива стали из конвертера, мастером участка внепечной обработки. Был произведен

статистический анализ зависимости марок стали от перечня агрегатов, на которых обрабатывается плавка, и времени обработки на них, ни какой четкой зависимости не прослеживается.

Исходными данными для анализа работы этих трех агрегатов являются фактическое электропотребление, фактическое производство, фактическое количество плавков, фактическое время работы.



**Рисунок 2. Графики нагрузки с получасовым усреднением за январь 2013 г. в относительных единицах: 1 — Полная нагрузка ККЦ  
2 — Нагрузка ККЦ без агрегатов АПК-1,2 и УЭНС**



**Рисунок 3. График потребляемой мощности АПК-1 с получасовым усреднением за январь 2013 г. в относительных единицах**

По всем агрегатам были посчитаны коэффициенты корреляции между всеми исходными данными, все независимые переменные значимы при расчёте [3].

На сегодняшний день по каждому агрегату установлена зависимость электропотребления от производства агрегата, удельного расхода, количества плавков и времени работы агрегата:

$$\begin{aligned} W_{\text{АПК-1}} &= -182,050 + 0,017 \cdot X_2 + 9,060 \cdot X_3 - 1,021 \cdot X_4 + 0,089 \cdot X_5 \\ W_{\text{АПК-2}} &= -135,113 + 0,023 \cdot X_2 + 4,075 \cdot X_3 - 0,668 \cdot X_4 + 0,139 \cdot X_5 \quad (1) \\ W_{\text{УЭНС}} &= -51,4803 + 0,073 \cdot X_2 + 3,8631 \cdot X_3 - 0,4925 \cdot X_4 + 0,1612 \cdot X_5 \end{aligned}$$

где:  $X_1$  — потребление электроэнергии агрегатом, кВт\*ч;

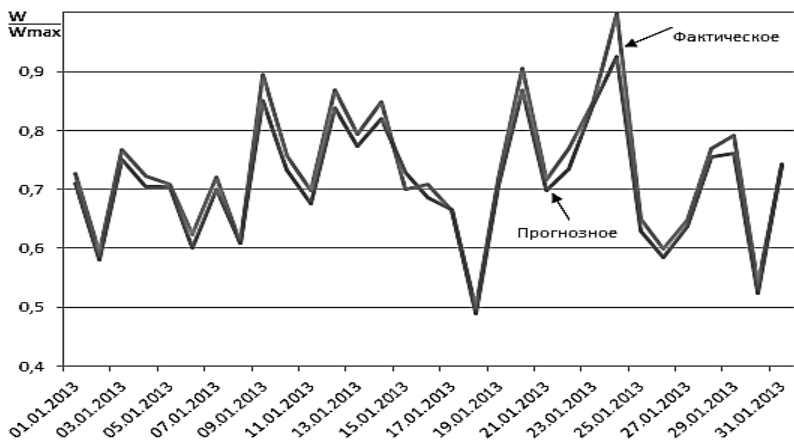
$X_2$  — производство агрегата, тыс. тонн;

$X_3$  — удельный расход, кВт\*ч/ тыс. тонн;

$X_4$  — количество плавков, шт;

$X_5$  — время работы агрегата, мин.

График регрессионного уравнения и фактического значения электропотребления АПК-1 представлен на рисунке 4.



**Рисунок 4. График регрессионного уравнения и фактического значения электропотребления АПК-1 за январь 2013 г. в относительных единицах**

При сравнении прогнозных значений с фактическими значениями электропотребления, погрешность результата составила более 5 %,.. Поэтому дальнейшая работа по выявлению дополнительных значимых

факторов, влияющих на расход электроэнергии кислородно-конвертерного цеха, продолжается.

### **Список литературы:**

1. Жежеленко И.В., Кротков Е.А., Степанов В.П. Методы вероятностного моделирования в расчётах характеристик электрических нагрузок потребителей. Самара гос. техн. ун-т. Самара 2001. — 169 с. ISBN 5-7964-0244-7.
2. Логунова О.С., Ильина Е.А., Павлов В.В. Теория и практика обработки экспериментальных данных на ЭВМ: учеб. пособие — Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2011. — 294 с. ISBN 978-5-9967-0126-1.
3. Никифоров Г.В., Олейников В.К., Заславец Б.И. Электроснабжение и управление энергопотреблением в металлургическом производстве. — М.: Энергоатомиздат, 2003. — 480 с.

## **СЕКЦИЯ 5.**

### **ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ**

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ВИБРОСЕПАРАЦИИ СЫПУЧИХ СРЕД**

***Ребот Дарья Петровна***

*ассистент НУ «Львовская политехника», Львов*

*E-mail: [dasha\\_kotlyarova@ukr.net](mailto:dasha_kotlyarova@ukr.net)*

***Стоцько Зиновий Антонович***

*д-р техн. наук, профессор НУ «Львовская политехника», Львов*

*E-mail: [stotsko@polynet.lviv.ua](mailto:stotsko@polynet.lviv.ua)*

***Топильницкий Владимир Григорьевич***

*канд. техн. наук, доцент НУ «Львовская политехника», Львов*

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

#### **INVESTIGATION OF RESONANCE PHENOMENA IN DYNAMIC PROCESSES IN VIBRATORY SEPARATORS OF GRANULAR MEDIA**

***Rebot Daria Petrovna***

*Assistant of the "Lviv Polytechnic" NU, Lviv*

***Stotsko Zinovij Antonovich***

*Ph.D., professor of the "Lviv Polytechnic" NU, Lviv*

***Topilnytskyy Wladimir Grigorjevich***

*C.T.S., Associate Professor of the "Lviv Polytechnic" NU, Lviv*

## АННОТАЦИЯ

Для сильно нелинейных моделей описания динамики сыпучей среды получено соотношение, определяющее амплитуду резонанса. Описана динамика сыпучей среды в границах указанного значения амплитуды. Полученные результаты позволят в дальнейшем повысить эффективность вибросепарации.

## ABSTRACT

For strongly nonlinear dynamics models of loose medium the ratio, which determines the amplitude of the resonance is obtained. The dynamics of loose environment in the vicinity of the specified amplitude is described. The results obtained in investigation subsequently allow to increasing the efficiency of the vibratory separation.

**Ключевые слова:** сыпучая среда; резонанс; амплитуда; колебания; динамический.

**Keywords:** loose medium; resonance; amplitude; ooscillations; dynamic.

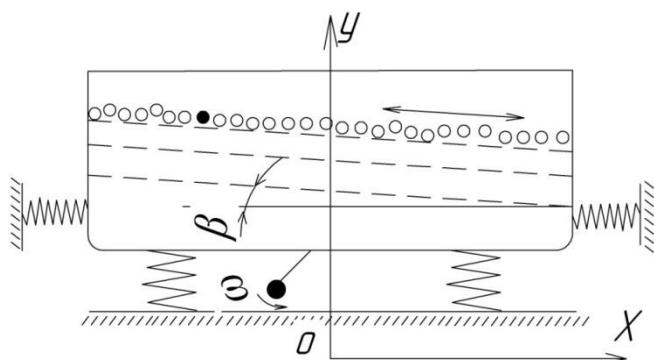
Вибросепарация сыпучей среды является важным технологическим процессом в промышленности и требует дополнительных исследований. Движение сыпучей среды в вибрационных сепараторах рассматривались на основе многих гипотез, однако, ни одна из них не описывает в полном объеме характер процесса, а только в определенных узких пределах. Учитывая, что этот вопрос является достаточно объемным, он продолжает оставаться открытым и требует более глубокого исследования с учетом типа и характеристик вибрационной машины (сепаратора), а также обрабатываемой среды. Поэтому в работе с единой позиции рассмотрена динамика сыпучей среды в вибрационном сепараторе, которая моделируется как наложение плоских упруго-пластических балок. Такой подход в исследовании динамики среды рассматривался при исследовании установок вибрационной объемной обработки деталей [1, с. 26; 2, с. 6]. Однако вибросепарация имеет принципиальные отличия от вибрационной обработки. Основным из них является тот факт, что в исследуемом случае среда движется вдоль сита. Поэтому этот случай требует определения амплитудно-частотных характеристик сыпучей среды с учетом ее движения вдоль сита.

Как известно производительность и интенсивность сепарации зависит от воздействия широкого спектра внешних и внутренних факторов на этот процесс [4, с. 22]. Вследствие этого происходит сложное взаимодействие между частицами материала что сепари-



руется, изменение динамических характеристик последнего. Это взаимодействие требует длительного и сложного изучения и не полностью исследовано. Поэтому важной задачей является необходимость более глубокого рассмотрения динамического процесса вибрационной сепарации. Этот вопрос является предметом изучения в данной работе.

Рассмотрим схему вибрационного сепаратора с несколькими ситами, которые находятся под определенным углом к горизонту, корпус сепаратора совершает возвратно — поступательное горизонтальное движение.



**Рисунок 1. Расчетная схема вибрационного сепаратора**

Будем считать, что сыпучая среда рассматривается как наслоение плоских упруго-пластических балок. Учитывая, что она движется вдоль сита с определенной скоростью, дифференциальное уравнение движения сыпучей среды можно записать [3, с. 127]:

$$\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} - \alpha^2 \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} \left( \frac{\partial u(x,t)}{\partial x} \right)^{\nu} = \text{ef} \left( x, \frac{\partial u(x,t)}{\partial x}, \frac{\partial u(x,t)}{\partial t} \right) - 2V \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x \partial t} - V^2 \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2}, \quad (1)$$

где:  $\alpha^2(x) = \frac{E}{S\rho} \sqrt{1 + kx^n}$  — медленно переменная функция,

учитывающая изменение физико-механических характеристик сыпучей среды вдоль сита [3, с. 127];

$\rho$  — плотность среды;

$S$  — площадь поперечного сечения элементарного слоя сыпучей среды;

$x$  — координата произвольного поперечного сечения слоя сыпучей среды;

$u(x; t)$  — перемещение произвольного поперечного сечения сыпучей среды вдоль оси  $X$ ;

$\frac{\partial u}{\partial x}$ ;  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$  — относительная деформация и ускорение слоя

сыпучей среды;

$V$  — скорость перемещения слоя сыпучей среды;

$E$  — «условный» модуль упругости сыпучей среды,

$\bar{f}\left(x, \frac{\partial u(x, t)}{\partial x}, \frac{\partial u(x, t)}{\partial t}\right)$  — некоторая функция, описывающая

нелинейные и периодические силы среды,

$\mathcal{E}$  — малый параметр.

Для уравнения (1) будем рассматривать однородные краевые условия:

$$u(x, t)|_{x=0} = u(x, t)|_{x=l} = 0 \quad (2)$$

Одночастотные продольные колебания сыпучей среды в процессе вибросепарации, на горизонтально расположенном сите описываются зависимостью:

$$u_k(x, t) = a \operatorname{sa}\left(1, \frac{1}{\nu+1}, \Pi_x \frac{k}{l} x\right) ca(\nu+1, 1, \omega_k(a)t) \quad (3)$$

Рассмотрим только случай резонанса на частоте, которая кратная частоте внешнего периодического возмущения, т. е.  $\omega_k(a^*) = \pi^{-1} \Pi_T k \mu + \mathcal{E} \delta(a)$ . Здесь  $a^*$  — действительный корень уравнения  $\omega_k(a^*) = \pi^{-1} \Pi_T k \mu$ . Так что, при изменении

амплитуды колебаний в малой окрестности  $a^*$  с точностью до величин высшего порядка соотношение:

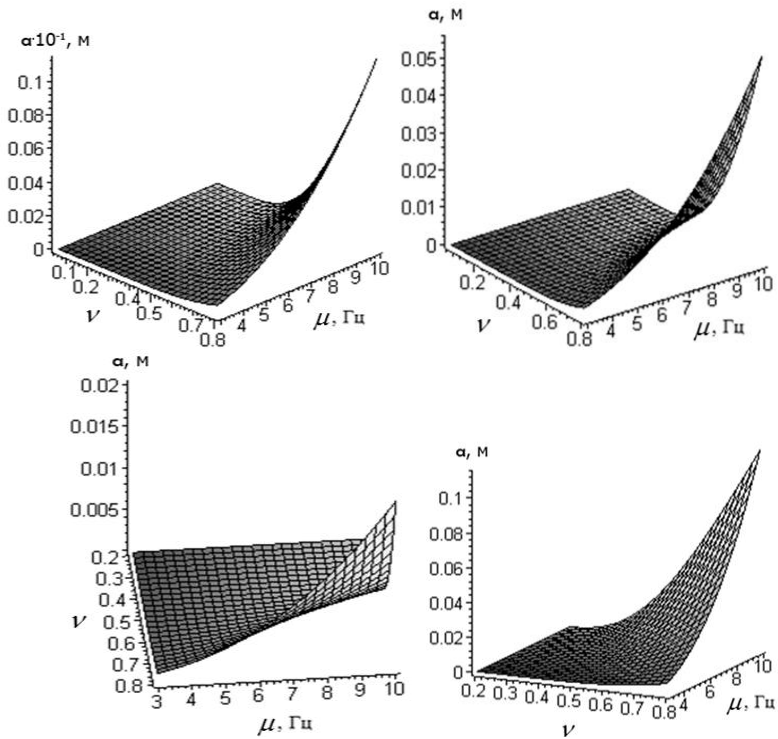
$$\varepsilon\delta(a) = \frac{d\omega_k(a^*)}{da}(a - a^*). \quad (4)$$

К тому же, в резонансном случае, амплитуда и частота колебаний связаны с фазой внешних сил. Учитывая последнее, при определении дифференциальных уравнений введем в систему «разность фаз» —  $\varphi_k = \psi_k - \frac{\Pi_T}{\pi} \gamma$ . Уравнение для амплитуды и фазы динамического процесса запишем как:

$$\begin{aligned} \dot{a} &= \frac{\varepsilon sa \left( 1, \nu + 1, \frac{\Pi_T}{\pi} \gamma + \varphi_k \right)}{P \omega_k(a^*)} \int_0^l X_k(x) F_1 \left( a, x, \frac{\Pi_T}{\pi} \gamma + \varphi_k, \gamma \right) dx, \\ \dot{\varphi}_k &= \frac{d\omega_k(a^*)}{da}(a - a^*) + \frac{\varepsilon(\nu + 2)ca \left( \nu + 1, 1, \frac{\Pi_T}{\pi} \gamma + \varphi_k \right)}{2aP \omega_k(a^*)} \times \\ &\times \int_0^l X_k(x) \left[ \varepsilon F_1 \left( a, x, \frac{\Pi_T}{\pi} \gamma + \varphi_k, \gamma \right) - V^2 \left( \frac{k\Pi_x}{l} \right)^2 a X_k(x) \right] dx. \end{aligned} \quad (5)$$

Дифференциальные уравнения (5) описывают резонансные колебания сыпучей среды, поэтому при численном их интегрировании за начальное значение параметра  $a$  нужно принимать близко  $a^*$ .

Ниже на рис. 2. представлены зависимости амплитуды колебаний сыпучей среды, при которой имеет место резонанс.



**Рисунок 2. Графики зависимости резонансной амплитуды от параметра  $V$  и частоты колебания сыпучей среды.**

- а)  $\alpha = 15, l = 1,7\text{м}, k = 1$ ; б)  $\alpha = 20, l = 1,7\text{м}, k = 1$ ;  
 в)  $\alpha = 20, l = 1,2\text{м}, k = 1$ ; г)  $\alpha = 10, l = 1,2\text{м}, k = 1$

Проанализировав графики можно сделать следующие **выводы**:

- если амплитуда колебаний сыпучей среды является меньше значения параметра  $A^*$ , то резонансные колебания в сыпучей среде не будут наблюдаться при условии произвольной частоты горизонтальных колебаний контейнера;
- если же амплитуда колебаний среды вдоль сита является больше  $A^*$ , то силы трения постепенно уменьшая ее к значению  $A^*$ , вызывают в среде резонансные колебания, а значит кратковременный рост амплитуды. В дальнейшем процесс повторяется.

### **Список литературы:**

1. Блехман И.И. О теории вибрационного разделения сыпучих смесей / И.И. Блехман, В.Я. Хайнман // Изв. АН СССР Механика. — 1965. — № 5. — с. 22—30.
2. Стоцько З.А. Динамика рабочей среды вибрационных машин объемной обработки / Стоцько З.А., Сокил Б.И., Топильницький В.Г // Укр. міжведомствений научно-технічний збірник Автоматизація технологічних процесів і виробств в машинобудуванні і приборобудуванні. — 2000. — № 35. — с. 26—32.
3. Стоцько З.А. Динамика сыпучей среды в вибрационном сепараторе / З.А. Стоцько, Б.И. Сокил, Д.П. Котлярова, В.Г. Топильницький // Весник НУЛП Динамика, мощность и проектирование машин и приборов. — 2008. — № 614. — с. 125—130.
4. Топильницький В.Г. Динамічні процеси в вібромашинах для об'ємної обробки с дебалансним вібровозбудителем: Автореф. дис. канд. техн. наук. — Львов. — 2002. — 16 с.

## **СЕКЦИЯ 6.**

### **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ**

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ ФТОРПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ**

***Аргунова Анастасия Гавриловна***

*канд. техн. наук, научный сотрудник ФГБУН  
Института проблем нефти и газа СО РАН,  
г. Якутск*

***Охлопкова Айталина Алексеевна***

*д-р техн. наук, зав. каф. ВМСиОХ ФГАОУ ВПО  
Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,  
г. Якутск*

***Петрова Павлина Николаевна***

*канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН  
Института проблем нефти и газа СО РАН,  
г. Якутск*

*E-mail: [ag\\_argunova@mail.ru](mailto:ag_argunova@mail.ru)*

# RESEARCH OF STRUCTURE OF FLUOROPOLYMERIC NANOCOMPOSITES FRICTION

*Argunova Anastasiia*

*Candidate of Science, researcher of Institute of Petroleum and Gas  
Problems, Yakutsk*

*Okhlopkova Aitalina*

*Doctor of Science, Chief of chair Of North-Eastern Federal University  
named after M.K. Ammosov, Yakutsk*

*Petrova Pavlina*

*Candidate of Science, leading researcher of Institute of Petroleum and  
Gas Problems, Yakutsk*

## АННОТАЦИЯ

Изучены процессы формирования поверхностей трения в нанокомпозитах на основе политетрафторэтилена. Показано, что частицы нанонаполнителя концентрируются на поверхности трения и формируют с молекулами ПТФЭ ориентированную структуру. Вследствие этого затрудняется пластическое деформирование поверхностных слоев, что приводит к снижению скорости массового изнашивания.

## ABSTRACT

Processes of formation of friction surfaces in nanocomposites based on polytetrafluoroethylene are studied. It is shown that nanofiller particles concentrate on friction surfaces and form with PTFE molecules the focused structure. Thereof plastic deformation of blankets is at a loss. It leads to decrease in speed of mass wear.

**Ключевые слова:** политетрафторэтилен; нанокомпозит; износостойкость; поверхность трения; сферолит; надмолекулярная структура.

**Keywords:** polytetrafluoroethylene; nanocomposite; wear resistance; friction surface; spherulite; supramolecular structure.

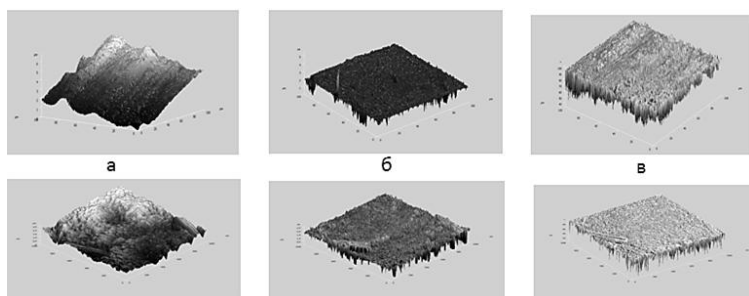
Известно [2, 3], что направленное изменение структуры полимерных композитов позволяет повысить служебные характеристики материалов. Взаимосвязь механических свойств полимеров с характером их надмолекулярных структур, определяемых микроскопическими методами, нашла свое отражение и в процессах трения.

Молекулярная и надмолекулярная структура в поверхностных слоях весьма существенно отличается от строения в объеме материалов на основе полимеров. Проблема эта очень сложна и трудна, поэтому составить достаточно полную картину о наборе структурных состояний поверхностных слоев не представляется возможным.

В работе были исследованы нанокомпозиты на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ). В качестве наполнителей использованы наноструктурные оксиды алюминия с размерами частиц 9—11 нм.

Ранее проведенными исследованиями показано [4, 5], что при введении наноапполнителей улучшаются деформационно-прочностные и триботехнические характеристики материала. Так, снижается и стабилизируется на минимальном уровне износ материала (в 300 раз), коэффициент трения, уменьшается длительность приработочного периода, что является нетипичным для наполненных полимеров.

На триботехнические свойства полимерных композитов влияет множество факторов, существенными среди которых являются: влияние нагрузки, скорости скольжения, ориентационные эффекты, структура поверхностных слоев материалов. В связи с этим, поверхность композитов была исследована методом атомно-силовой микроскопии (АСМ). На рис. 1. показано, что рельеф поверхности нанокомпозитов более сложный, характеризуется микронеровностями по высоте, обеспечивающими снижение площади контакта поверхности композита с контртелом. В то время как рельеф поверхности исходного ПТФЭ гладкий. На изображении фазового контраста ПТФЭ, модифицированного наноапполнителем, зарегистрированы контрастные упорядоченные структуры, отсутствующие в исходном полимере. Упорядоченная структура свидетельствует о повышении контактной адгезии между наполнителем и полимером.

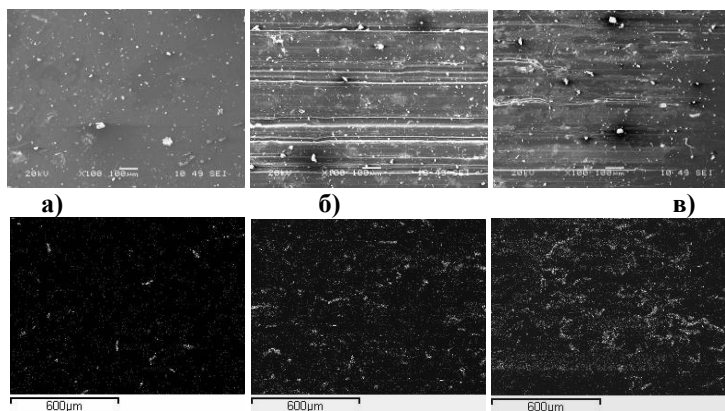


**Рисунок 1. АСМ изображения ПТФЭ (сверху) и композита (снизу): а) рельеф поверхности; б) локальная жесткость; в) фазовый контраст**



При модификации дисперсными наполнителями ленточная структура ПТФЭ трансформируется в сферолитную. Известно, что диаметр сферолитов на поверхности образцов обычно меньше, чем в объеме. Изменение характера сферолитных образований вызывает изменение коэффициента трения. Более равномерной структуре соответствует меньший коэффициент трения.

В процессе фрикционного взаимодействия исходная структура поверхностных слоев претерпевает весьма существенные изменения. В процессе изнашивания материала частицы наполнителя ориентируются по направлению скольжения. При трении композита зарегистрирована миграция частиц наполнителя в поверхностный слой (рис. 2) вследствие протекания трибохимических реакций при трении.



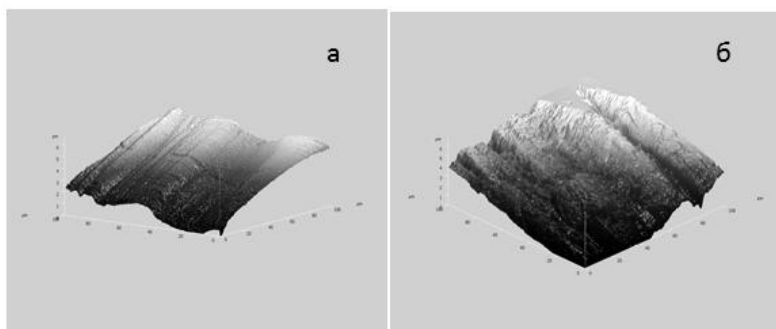
**Рисунок 2. Микрофотографии поверхностей ПКМ (сверху) и растровая картина распределения оксида алюминия в объеме ПКМ в рентгеновских лучах по алюминию (снизу): а) ПТФЭ+0,5 %  $Al_2O_3$ , до трения; б) ПТФЭ+0,5 %  $Al_2O_3$  после трения в) ПТФЭ+5,0 %  $Al_2O_3$  после трения, Увеличение  $\times 100$**

Формирование такой структуры нанокompозита обусловлено адсорбционным взаимодействием кластерных частиц НП с макромолекулами ПТФЭ при трении. Зарегистрировано образование вторичной сетчатой структуры из фрагментов трибораспада ПТФЭ. Вследствие этого затрудняется пластическое деформирование поверхностных слоев в процессе трения. Зарегистрировано сглаживание рельефа поверхности трения с увеличением содержания наполнителя за счет формирования тонких пленок, приводящая к пластификации

поверхностных слоев материала, и, соответственно, к снижению коэффициента трения нанокompозита.

Установлено, что поверхности нанокompозитов обогащаются частицами оксидов при трении. Частицы наполнителя, сконцентрированные на поверхности трения формируют с макромолекулами ПТФЭ ориентированную структуру, которая выполняет роль защитного экрана, локализирующего в своем объеме деформации сдвига и предохраняющие поверхностный слой полимерного нанокompозита от разрушения.

Топография поверхностей трения полимерного нанокompозита была исследована также методом АСМ (рис. 3).

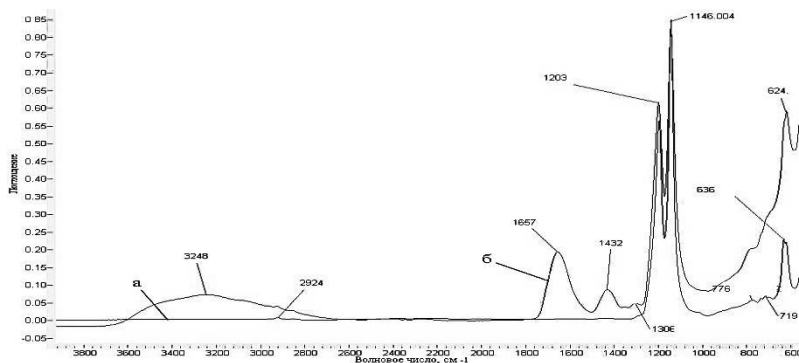


**Рисунок 3. Рельеф поверхности трения: а) ПТФЭ б) ПТФЭ+  $\gamma$ - $Al_2O_3$  5,0 %. Поле сканирования 100x100 нм**

Показано возрастание микрогеометрической развитости поверхности нанокompозита с увеличением конусообразных фрагментов на поверхности трения. Подобные изменения в топографии поверхности материалов связаны с увеличением кристаллических образований в связующем. Механизм и характер разрушения полимерного материала при трении зависят от соотношений энергий главных химических валентных связей и межмолекулярных связей между цепями, при этом разрыв главных цепей сопровождается образованием химически активных радикалов [1]. Разрыв химических связей, очевидно, происходит в наиболее дефектных пограничных областях сферолитов.

Существенную информацию о трибологических процессах на поверхности ПКМ дают ИК-Фурье спектрометрические исследования. На основании анализа групповых частот и фактор-группы проведена интерпретация полос поглощения ИК-спектров исследу-

дуемых нанокомпозитов. На рис. 4 приведено сопоставление ИК-спектров нанокомпозитов до и после трения.



**Рисунок 4. ИК-спектры поглощения поверхностей нанокомпозитов: а) до трения; б) после трения**

ИК-спектры по характеристическим пикам идентичны. Зарегистрировано появление полос интенсивности при  $1657\text{ см}^{-1}$  и  $1432\text{ см}^{-1}$ , относящиеся к валентным и маятниковым колебаниям С = С групп, интенсивной широкой полосы при  $3248\text{ см}^{-1}$ , отвечающей колебаниям ОН групп. Это свидетельствует об окислении фрагментов трибораспада ПТФЭ вследствие разрушения структуры материала, разрыва цепей и «аморфизации» поверхностного слоя.

Кроме того, резко меняется соотношение полос в области  $400\text{—}700\text{ см}^{-1}$ , характеризующих кристаллические, упорядоченные фазы ПТФЭ. Увеличение интенсивности полос кристалличности в нанокомпозитах свидетельствует о повышении кристалличности в тончайших слоях полимеров при трении и изнашивании. Известно, что наносоединения оксидов металлов являются катализаторами трибохимических реакций в ПТФЭ, инициирующими не только разрывы С-Ф и С-С связей, но и в дальнейшем процессы «сшивки» фрагментов трибораспада полимера с формированием новых структур в поверхностных слоях. С этими данными согласуются и наши исследования.

Появление на поверхности трения композитов пиков, соответствующих окисленным группам является экспериментальным подтверждением участия кислорода в радикальных трибохимических превращениях макромолекул. Также при трении происходит протекание процессов дегидрирования, что, возможно, приводит к усилению

образования в поверхностных слоях полимера сшитых структур — более износостойких, термически и механически устойчивых.

Таким образом установлены факторы, определяющие механизм изнашивания нанокompозита на основе ПТФЭ, заключающиеся в обогащении поверхности трения частицами нанонаполнителя, которые участвуют в формировании высокоориентированных «сшитых» структур, защищающих поверхностный слой композита от износа.

### **Список литературы:**

1. Гольдаде В.А., Струк В.А. Песецкий С.С. Ингибиторы изнашивания металлополимерных систем. — М.: Химия, 1993. — 240 с.
2. Козлов Г.В., Яновский Ю.Г., Липатов Ю.С. Фрактальный анализ структуры и свойств межфазных слоев в дисперсно-наполненных полимерных композитах // Механика композиционных материалов и конструкций, 2002. — Т. 8, № 1. — С. 111—149.
3. Маламатов А.Х., Бурия А.И., Козлов Г.В. Формирование структуры дисперсно-наполненных полимерных нанокompозитов // Современные наукоемкие технологии, 2005. — № 11. — С. 16—18.
4. Охлопкова А.А., Парникова А.Г. Изучение свойств нанокompозитных материалов на основе ПТФЭ // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — Самара, 2011. Т. 13, № 1(2). — С. 394—396.
5. Охлопкова А.А., Петрова П.Н., Парникова А.Г. Влияние структуры нанокompозитов на основе политетрафторэтилена на триботехнические характеристики // Трение и износ. — Республика Беларусь, Гомель, 2009, Т. 30, № 6. — С. 580—586.

## СЕКЦИЯ 7.

### АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

#### КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СОЗДАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ АВИАКОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ТРУБЧАТЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ

*Майорова Екатерина Владимировна*

*аспирантка Национального аэрокосмического университета  
им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,*

*г. Харьков*

*E-mail: [astra82@mail.ru](mailto:astra82@mail.ru)*

#### INTEGRATED APPROACH IN IMPROVEMENT OF CREATION OF INTEGRATED AVIADDESIGNS FROM POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS WITH TUBULAR FILLER

*Majorova Ekaterina*

*The graduate student of National Aerospace University named after N  
E. Zhukovsky "KhAI", Kharkov*

#### АННОТАЦИЯ

Рассмотрены вопросы совершенствования создания малогабаритных трубчатых интегральных авиаконструкций из полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе комплексного подхода к их проектированию с обеспечением регламентированного уровня качества и ресурса.

В основе комплексного подхода лежит методика предэскизного проектирования панельных конструкций летательных аппаратов

с трубчатым наполнителем и синтез физико-механических и прочностных характеристик трубчатого наполнителя трехслойных конструкций.

#### ABSTRACT

Questions of improvement of creation of small-sized tubular integrated aviadesigns from the polymeric composite materials (PCM) on the basis of an integrated approach to their design with providing the regulated level of quality and a resource are considered.

At the heart of an integrated approach the technique of preoutline design of panel designs of aircraft with tubular filler and synthesis of physicomachanical and strength characteristics of tubular filler of three-layer designs lies.

**Ключевые слова:** интегральные авиаконструкции из ПКМ; трубчатый наполнитель; метод синтеза.

**Keywords:** integrated aircraft-designs from PCM; tubular filler; a synthesis method.

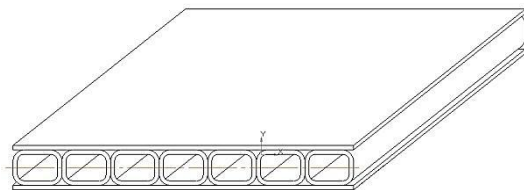
История развития самолетостроения показывает, что существенного изменения эффективности летательного аппарата можно достичь, только создавая новые конструкции, использующие новые технические возможности и новые материалы, причем, выбор материала для конструкции может предопределить основные ее характеристики [4]. В последние 40 лет усилия исследователей и практиков во всем мире были направлены на внедрение в авиостроение принципиально новых материалов, состоящих из высокопрочных и жестких волокон, соединенных между собой полимерным связующим, и получивших название полимерных композиционные материалы [4—5].

Одним из прогрессивным направлений внедрения ПКМ с целью повышения эффективности агрегатов летательных аппаратов считается создание трехслойных конструкций. Из накопленного отечественного и зарубежного опыта [7] можно выделить сотовые конструкции. Однако для различных функций и условий работы они не могут рассматриваться как единственно возможными и приемлемыми. Преимущества сотовых наполнителей (СЗ) общеизвестны [2, 4—5, 7]. К их недостаткам, проявляющимся особенно в панелях планера самолета, в первую очередь, относится накопление влаги в полости СЗ. В связи с этим вместо СЗ с конца 60-х годов прошлого столетия стали применять трубчатый наполнитель (ТЗ) [7].

Однако, если физико-механические характеристики (ФМХ) СЗ с конца 50-х годов рассчитываются аналитически по формулам

А.Я. Александрова [1], то ФМХ и прочностные свойства ТЗ отсутствуют, а несущая способность панельных и оболочечных конструкций на их основе, устанавливается преимущественно экспериментально.

Представим комплексный подход к проектированию ТЗ в классе рассматриваемых малогабаритных трубчатых конструкций типа небольших панелей, триммеров и элеронов из ПКМ интегральной схемы (рис. 1).

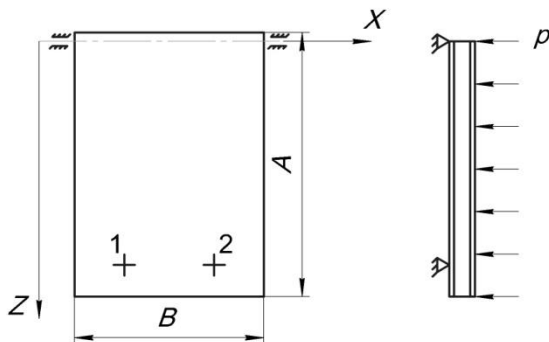


**Рисунок 1. Фрагмент интегральной авиаконструкции из ПКМ с ТЗ**

Первым этапом при создании конструкции с ТЗ является ее предэскизное проектирование, которое позволит получить оптимальную ориентацию трубчатых элементов в панели или оболочке, их количестве, геометрических параметров конкретного ПКМ при заданных нагрузках. Точные расчетные схемы (РС) панельных конструкций с дискретными закреплениями для их проектирования практически отсутствуют. В связи с этим на практике конструкторы всегда использовали и продолжают использовать для эскизного проектирования таких агрегатов интуитивно выбираемые приближенные РС в виде различного рода стержневых (балочных) систем, в последующем расчленяемых на отдельные балки.

После выбора квазиоптимальных геометрических параметров таких стержней, обеспечивающих их несущую способность при заданных нагрузках при минимальной массе, следующим этапом будет поверочный расчет исходной панельной конструкции методом конечных элементов (МКЭ) с последующей корректировкой геометрии сечений при обнаружении локальных зон, в которых не обеспечена прочность или жесткость.

В качестве примера на рисунке 2 показана прямоугольная в плане панель с шомпольным шарнирным соединением вдоль оси  $X$  и двумя дискретными шарнирными опорами, нагруженная равномерной распределенной поперечной нагрузкой  $p$ .



**Рисунок 2. Исходная панель: 1, 2 — дискретные шарнирные опоры**

Панель имеет трехслойную структуру с наполнителем в виде трубок, ориентированных по одному из направлений X или Z. Перераспределение внешней поверхностной нагрузки  $p$  будем осуществлять исходя из постоянной для всех балок системы ширины  $a$ , которая определяется из равенства площади поверхности панели площади поверхности всех заменяющих балок, т. е.

$$(n_z \cdot A \cdot a + n_x \cdot B \cdot a) - \frac{n_z \cdot n_x}{2} a^2 = A \cdot B, \quad (1)$$

где:  $n_z$  — число балок в направлении оси Z;

$n_x$  — число балок в направлении оси X.

Решая уравнение (1) относительно  $a$ , получим

$$a = \frac{A \cdot n_z + B \cdot n_x - \sqrt{A^2 \cdot n_z^2 + B^2 \cdot n_x^2}}{n_x \cdot n_z}. \quad (2)$$

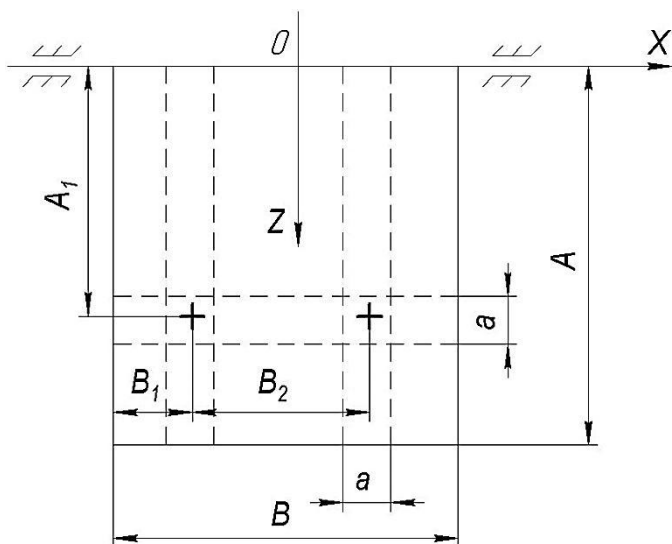
Погонное усилие на каждую балку  $q$  определится как произведение поверхностной нагрузки  $p$  на ширину  $a$ :

$$q = p \cdot a. \quad (3)$$

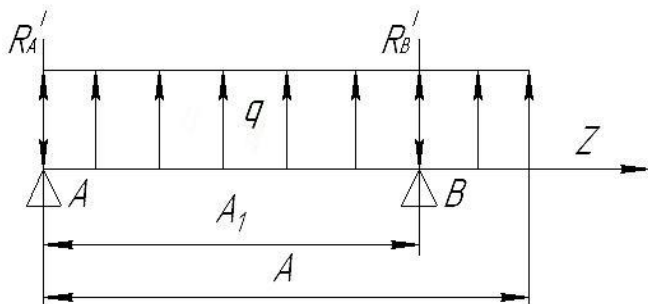


Далее необходимо рассматривать выделенные в той или иной РС балки под действием погонной нагрузки  $Q$ .

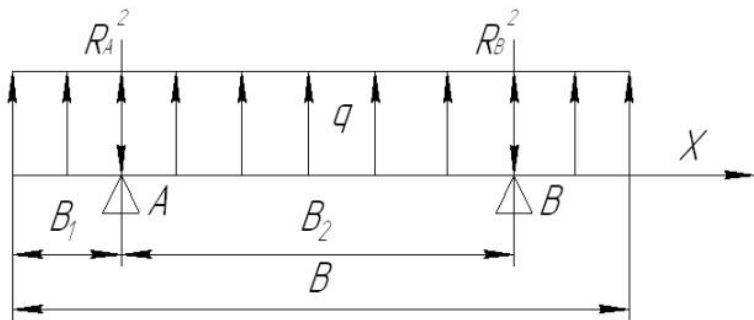
Для демонстрации предлагаемой методики предэскизного проектирования панели остановимся на РС, показанной на рис. 3, в которой выделяется всего три балки двух типов: две в направлении оси  $Z$  ( $n_z = 2$ ) — балки первого типа (рис. 4), и одна — в направлении оси  $X$  ( $n_x = 1$ ) — балки второго типа (рис. 5).



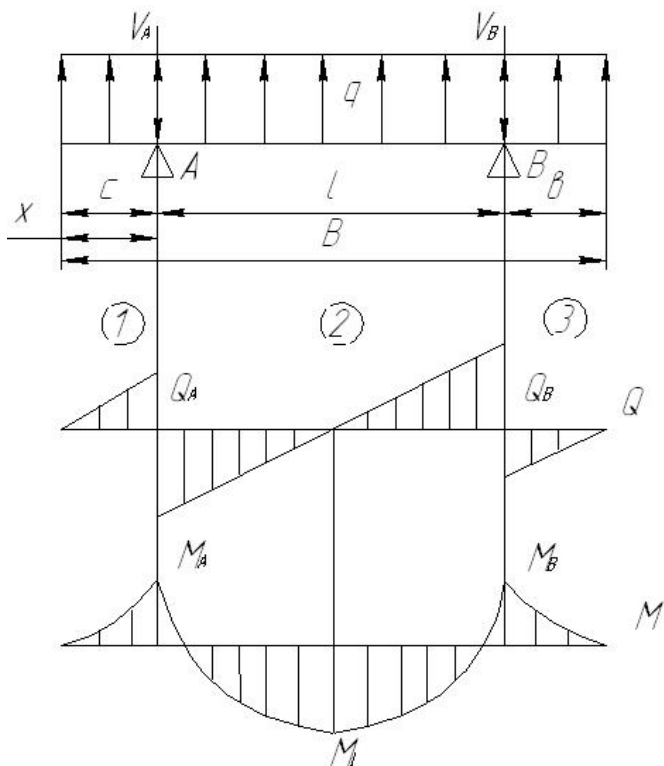
**Рисунок 3. Подкласс рассматриваемой панели**



**Рисунок 4. Балка первого типа**



**Рисунок 5. Балка второго типа**



**Рисунок 6. Эпюры перерезывающих сил и изгибающих моментов в балке второго типа**

Из рис. 4 и 5 видно, что балка первого типа является частным случаем балки второго типа, к которому приходим при  $B_1 = 0$ . Поэтому для определения действующих на балку изгибающих моментов  $M$  и перерезывающих сил  $Q$  рассмотрим балку второго типа, введя обозначение выделенных участков  $B_1 = c$ ,  $B_2 = l$  и  $B = B_1 + B_2 = b$ . Эпюры перерезывающих сил  $Q$  и изгибающих моментов  $M$  от действия погонной нагрузки  $q$  на каждую балку показаны на рис. 6.

Тогда реакции  $V_A$  и  $V_B$  в опорах А и В соответственно будут иметь вид:

$$\begin{cases} V_A = \frac{q}{2l} [(c+l)^2 - b^2]; \\ V_B = \frac{q}{2l} [(l+b)^2 - c^2]. \end{cases} \quad (4)$$

Перерезывающие силы  $Q$  и изгибающие моменты  $M$  на участках балки 1, 2 и 3:

$$\begin{aligned} Q_1 &= qx \quad \text{при } 0 \leq x < c; \\ Q_2 &= \frac{q}{2l} [2xl + b^2 - (c+l)^2] \quad \text{при } c \leq x < (c+l); \\ Q_3 &= q(x - c - l - b) \quad \text{при } (c+l) \leq x \leq (c+l+b); \\ M_1 &= \frac{qx^2}{2} \quad \text{при } 0 \leq x < c; \\ M_2 &= \frac{qx^2}{2} - V_A(x - c) \quad \text{при } c \leq x < (c+l); \\ M_3 &= \frac{qx^2}{2} - V_A(x - c) - V_B(x - c - l) \quad \text{при } (c+l) \leq x \leq (c+l+b). \end{aligned} \quad (5)$$

Соответствующие этим участкам прогибы  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  наиболее просто определяются с помощью теоремы Кастильно [1]:

$$\begin{cases} f_1 = \frac{qx^4}{24EJ} + c_1x + c_2 \\ f_2 = \frac{qx^4}{24EJ} - \frac{V_Ax^3}{6EJ} + \frac{V_Ax^3}{2EJ} + c_3x + c_4 \\ f_3 = \frac{qx^4}{24EJ} - \frac{(V_A + V_B)x^3}{6EJ} + \frac{(V_A + V_B)cx^2}{2EJ} + \frac{V_Blx^2}{2EJ} + c_5x + c_6 \end{cases} \quad (6)$$

Для ограничения изгибной жесткости панели следует принять неравенство

$$f_{\max} = \max \{ f_{\max}^{(1)}, f_{\max}^{(2)} \} \leq [f], \quad (7)$$

где: верхние индексы (1) и (2) обозначают тип балки (и далее по тексту);

$[f]$  — допустимое значение прогиба панели, м.

Максимальные напряжения в балках первого и второго типов определяются по известным формулам сопротивления материала:

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= \frac{M_{\max}}{W}; \\ \tau_{\max} &= \frac{Q_{\max}}{F_{\text{сдв}}}; \\ M_{\max} &= \max \{ M_A, M_1, M_B \}; \\ Q_{\max} &= \max \{ Q_A, Q_B \}, \end{aligned} \quad (8)$$

где:  $\sigma_{\max}$  — максимальный предел прочности балки при растяжении (сжатии), МПа;

$M_{\max}$  — максимальный изгибный момент на участке балки, Н·м;

$W$  — момент сопротивления балки,  $\text{м}^3$ ;

$\tau_{\max}$  — максимальный предел прочности участка балки при изгибе, МПа;

$Q_{\max}$  — максимальное перерезывающее усилие на участке балки,  $\text{Н/м}^2$ ;

$F_{\text{сдв}}$  — площадь сдвига балок,  $\text{м}^2$ ;

$M_A, M_I, M_B$  — изгибающие моменты в опоре А, на втором участке I, в опоре В балки соответственно,  $\text{Н}\cdot\text{м}$ .

Величина момента инерции сечения балки будет различной в зависимости от направления оси ТЗ. Так для балок первого и второго типов:

- при ориентации ТЗ вдоль оси Z

$$J_{XII}^{(1)} = W_{XII}^{(1)} \frac{h - \delta_o}{2} = J_{ZII}^{(2)}; \quad (9)$$

- при ориентации ТЗ поперек оси Z

$$J_{X\perp}^{(1)} = W_{X\perp}^{(1)} \frac{h - \delta_o}{2} = J_{Z\perp}^{(2)}; \quad (10)$$

где:  $W_{XII}^{(1)}, W_{X\perp}^{(1)}$  — момент сопротивления балки первого типа при ориентации ТЗ вдоль оси X и поперек оси X соответственно,  $\text{м}^3$ ;

$h$  — высота трубчатого заполнителя, м;

$\delta_o$  — толщина обшивки в панели, м.

Аналогичная картина и с моментами сопротивления двух балок:

$$\begin{aligned} W_{X\perp}^{(1)} &= a\delta_o(h - \delta_o); \\ W_{ZII}^{(2)} &= W_{XII}^{(1)}; \\ W_{Z\perp}^{(1)} &= W_{X\perp}^{(1)}. \end{aligned} \quad (11)$$

Определяем площади сдвига для балки первого и второго типов:

- при ориентации ТЗ вдоль оси Z

$$F_{\text{сдвху}}^{(1)} = 2\delta_{\text{ТЗ}}h \frac{a}{t} = F_{\text{сдвзу}}^{(2)}, \quad (12)$$

где:  $\delta_{\text{ТЗ}}$  — толщина трубчатого заполнителя, м;

$\frac{a}{t}$  — число трубок в ширине балки  $a$ .

- при ориентации ТЗ вдоль оси X принято, что на сдвиг работают только удвоенная толщина ТЗ на шаге  $t$ . Тогда для балки первого типа

$$F_{\text{сдвху}\perp}^{(1)} = 2\delta_{\text{ТЗ}}a \frac{A}{t}, \quad (13)$$

где:  $2\delta_{\text{ТЗ}}a$  — площадь сдвига, приходящаяся на шаг  $t$  ТЗ,  $\text{м}^2$ ;

$\frac{A}{t}$  — количество площадей сдвига, приходящихся на длину балки  $A$ .

Соответственно площадь сдвига для балки второго типа при ориентации ТЗ вдоль оси X:

$$F_{\text{сдвзу}\perp}^{(2)} = 2\delta_{\text{ТЗ}}a \frac{B}{t}, \quad (14)$$

где:  $\frac{B}{t}$  — количество площадей сдвига, приходящихся на длину балки  $B$ .

Прочность соответствующих балок на сдвиг следует определять по критерию

$$\tau_{\text{max}} = \frac{Q}{F_{\text{сдв}}} \leq \tau_{\text{вкм}}. \quad (15)$$

Далее необходимо сделать выбор проектных параметров панели по следующему алгоритму. Сначала полагаем, что ТЗ ориентирован вдоль оси Z. Запишем

$$\sigma_{Z\Pi}^{(1)} = \frac{M_{\max}}{W_{X\Pi}} \leq \sigma_{BZ}, \quad (16)$$

где:  $\sigma_{BZ}$  — предел прочности ПКМ обшивки в направлении оси Z.

Из формулы (11) следует, что  $W_{X\Pi}$  является функцией параметров:

$$W_{X\Pi} = \varphi_1 \{ \delta_{o\Pi}, h_{\Pi}, \delta_{tr\Pi}, t_{\Pi}, E_{tr}, E_{Zo} \}, \quad (17)$$

где индексы  $\Pi$  означают, что соответствующие параметры выбраны при ориентации ТЗ вдоль оси Z. Исходя из (17) неравенство (11) можно записать как

$$\sigma_{Z\Pi}^{(1)} = \varphi_1 \{ \delta_{o\Pi}, h_{\Pi}, \delta_{tr\Pi}, t_{\Pi}, E_{tr}, E_{Zo} \} \leq \sigma_{BZ}. \quad (18)$$

Аналогично с учетом того, что

$$W_{X\perp}^{(2)} = \varphi_2 \{ \delta_{o\Pi}, h_{\Pi} \} \quad (19)$$

и параметры  $F_{сдвху\Pi}^{(1)}$  и  $F_{сдвзу\perp}^{(2)}$  определяются формулами (12) и (14) соответственно, а максимальный прогиб  $f_{\max}$  зависит от параметров  $\delta_o, h, \delta_{tr}, t, E_{tr}, E_{Zo}$ , можно записать

$$\begin{aligned} \sigma_{X\perp}^{(2)} &= \varphi_2 \{ \delta_{o\Pi}, h_{\Pi} \} \leq \sigma_{Bx}; \\ \tau_{yz\Pi}^{(1)} &= \varphi_3 \{ \delta_{\Pi T3}, h_{\Pi}, t_{\Pi} \} \leq \tau_{Byz}; \\ \tau_{yz\perp}^{(2)} &= \varphi_4 \{ \delta_{\Pi T3}, t_{\Pi} \} \leq \tau_{Byx}; \\ f_{\max} &= \varphi_5 \{ \delta_{o\Pi}, h_{\Pi}, \delta_{tr\Pi}, t_{\Pi}, E_{tr}, E_{Zo} \} \leq [f]. \end{aligned} \quad (20)$$

При ориентации ТЗ по оси X выражения (20) лишь меняются местами.

В качестве дополнительных условий для анализа возможности разрешения системы неравенств (16)—(20) можно добавить следующие:

1. Одно из первых двух неравенств системы (20) может быть обращено в равенство. Очевидно, это должно быть то из них, в котором действующее напряжение больше. По-видимому, это  $\sigma_{X\perp}^{(2)}$ , так как момент сопротивления  $W_{X\perp}^{(2)} < W_{ZII}^{(1)}$ , из чего следует, что  $\sigma_{X\perp}^{(2)}$  может быть принято равным  $\sigma_{вх}$ .

2. ТЗ обычно формируют на оправках намоткой полуфабриката ПКМ из однонаправленной ленты под углами  $\pm 45^\circ$ . Обычно для ТЗ достаточно одной пары монослоев. Таким образом, толщина ТЗ и его модуль упругости  $E_{тр}$  в первом приближении оказываются известными.

3. Максимальная перерезывающая сила в балке второго типа априори больше, чем в балке первого типа. Тогда имеется основание неравенство для  $\tau_{yz\perp}^{(2)}$  системы (20) заменить равенством:

$$\tau_{yz\perp}^{(2)} = \tau_{вух}.$$

4. Пределы прочности ПКМ и его модули упругости зависят от схемы армирования. Как правило схема армирования из монослоев ПКМ имеет вид

$$(0_m^0, \pm 45_n^0, 90_l^0)s, \quad (21)$$

где: m, n, l — число монослоев, ориентированных в соответствующем направлении ( $\pm 45^\circ$  — рассматривается как один монослой двойной толщины);

s — число кратности слоев данной структуры.

Для панели, нагруженной поперечной равномерной нагрузкой представляется оправданным в первом приближении принять схему армирования с параметрами: m=l=1, n=1, s=1.



Тогда согласно [7] можно принять

$$\begin{aligned}\sigma_{BZ} &= \frac{\sigma_{B0^\circ} + \sigma_{B\pm 45^\circ} + \sigma_{B90^\circ}}{4} = \sigma_{BX}; \\ E_{oZ} &= \frac{E_{0^\circ} + E_{\pm 45^\circ} + E_{90^\circ}}{4} = E_{oX}; \\ \tau_{BXY} &= \frac{\tau_{B0^\circ 90^\circ} + \sigma_{B\pm 45^\circ}}{4} = \tau_{BZY}; \\ G_{xy} &= \frac{G_{B0^\circ 90^\circ} + G_{\pm 45^\circ}}{4} = G_{yz}.\end{aligned}\quad (22)$$

При допущениях п. 3 получим

$$\tau_{yx\perp}^{(2)} = \frac{Q_{y\max}^{(2)}}{F_{сдвху\perp}^{(2)}} = \frac{Q_{y\max}^{(2)} \cdot B}{2\delta_{трII} a t_{II}} = \tau_{вух}. \quad (23)$$

Откуда

$$t = \frac{Q_{y\max}^{(2)} B}{2\delta_{трII} a \tau_{вух}}. \quad (24)$$

1. Первое равенство системы (20) запишем как

$$\sigma_{X\perp}^{(2)} = \frac{M_{\max}^{(2)}}{W_{X\perp}^{(2)}} = \frac{M_{\max}^{(2)}}{a\delta_{oII}(h_{II} - \delta_{oII})} = \sigma_{BX} = \sigma_{BZ}. \quad (25)$$

Откуда

$$h_{II} = \frac{M_{\max}^{(2)}}{a\delta_{oII}\sigma_{BX}} + \delta_{oII}. \quad (26)$$

2. Рассмотрев неравенство (18) в развернутом виде, запишем

$$\sigma_{Z\Pi}^{(1)} = \frac{M_{\max}^{(1)}}{W_{X\Pi}^{(1)}} = \frac{M_{\max}^{(1)}}{a(\delta_{o\Pi}h_{\Pi} + \delta_{\text{тр}\Pi}h_{\Pi}\left(1 - \frac{h_{\Pi}}{3t_{\Pi}}\right)\frac{E_{\text{тр}}}{E_{Zo}})} \leq \sigma_{вZ}, \quad (27)$$

где все параметры известны, следует проверить только его выполнение.

В случае невыполнения (27) в первую очередь следует осуществить его коррекцию, увеличивая  $h_{\Pi}$ . При увеличенном  $h_{\Pi}$  первое неравенство системы (18) будет выполняться именно в этом статусе, а не в виде неравенства, как было принято выше.

3. Остается проверить последнее неравенство:

$$f_{\max} = \max\{f_{\max}^{(1)}, f_{\max}^{(2)}\} \leq [f], \quad (28)$$

где максимальные прогибы балок первого и второго типов могут быть эффективно и наиболее просто уменьшены в случае его нарушения за счет увеличения момента инерции, что в первую очередь возможно увеличением  $h_{\Pi}$ . После установления неизвестных, удовлетворяющих неравенствам (18)—(20), необходимо определить массу панели

$$m_{Z\Pi} = 2AB\rho_{\text{КМ}}\left(\delta_{o\Pi} + \delta_{\text{тр}\Pi}\frac{\delta_{\text{тр}\Pi}h_{\Pi}}{t_{\Pi}}\right). \quad (29)$$

После этого проводится выбор проектных параметров по приведенному выше алгоритму при ориентации ТЗ вдоль оси X панели и определяется ее масса

$$m_{Z\perp} = 2AB\rho_{\text{КМ}}\left(\delta_{o\perp} + \delta_{\text{тр}\perp}\frac{\delta_{\text{тр}\perp}h_{\perp}}{t_{\perp}}\right). \quad (30)$$

Весовую эффективность панели можно определить соотношением

$$\frac{m_Z}{m_{Z\perp}} = \frac{m_{Z\Pi}}{m_{Z\perp}} = \frac{2AB\rho_{\text{КМ}} \left( \delta_{o\Pi} + \delta_{\text{тр}\Pi} \frac{\delta_{\text{тр}\Pi} h_{\Pi}}{t_{\Pi}} \right)}{2AB\rho_{\text{КМ}} \left( \delta_{o\perp} + \delta_{\text{тр}\perp} \frac{\delta_{\text{тр}\perp} h_{\perp}}{t_{\perp}} \right)}. \quad (31)$$

Отметим, что выше рассматривалась демонстрация предложенной методики выбора конструктивных параметров конкретной панельной конструкции (рис. 1). Естественно, при выборе другого подкласса панели общность методики выразится только в каноничности формул (1)—(3) тогда, как все последующие формулы изменяются, и алгоритм предэскизного проектирования панельных конструкций из ПКМ с ТЗ сохраняет общность.

Дальнейшая проверка результатов предэскизного проектирования панельных конструкций из ПКМ должна проводиться в пакете МКЭ. Однако оптимальное проектирование и поверочный расчет таких конструкций в пакете МКЭ требуют использования ФМХ ТЗ, в которых трубки заменены некоторым сплошным ортотропным материалом («размазаны»).

В таблице 1 представлены формулы для определения ФМХ ТЗ, определенных по методике, аналогичной реализованной в [4] для СЗ. Она состоит в реализации требования равенства относительных деформаций условного сплошного типового элемента и реального, выделенного в пределах одной трубки, учитывающего только ее материал. Приведенные ФМХ ТЗ необходимы для определения напряженно-деформированного состояния в соответствующем слое сложной панели при заданных внешних нагрузках.

*Таблица 1.*

**Физико-механические характеристики ТЗ**

Характеристика	Формула
Модуль упругости вдоль оси Z при растяжении (сжатии)	$E_{\text{прив.}Z}^{+(-)} = \frac{2(h+t) \cdot \delta_{\text{тр}}}{h \cdot t} E_{\text{ЗКМ}}^{+(-)}$

Модуль упругости вдоль оси X при растяжении (сжатии)	$E_{\text{прив.}X}^{+(-)} = \frac{2\delta_{\text{тр}}}{h} E_{X\text{КМ}}^{+(-)}$
Модуль упругости вдоль оси Y при растяжении (сжатии)	$E_{\text{прив.}Y}^{+(-)} = \frac{2\delta_{\text{тр}}}{t} E_{Y\text{КМ}}^{+(-)}$
Модуль сдвига в плоскости XOY	$G_{\text{прив.}XY} = \frac{2\delta_{\text{тр}}}{h} G_{XY\text{КМ}}$
Модуль сдвига в плоскости YOZ	$G_{\text{прив.}YZ} = \frac{2\delta_{\text{тр}}}{h} G_{YZ\text{КМ}}$
Модуль сдвига в плоскости XOZ	$G_{\text{прив.}XZ} = \frac{2\delta_{\text{тр}}}{h} G_{XZ\text{КМ}}$
Коэффициент Пуассона при сжатии по оси X при растяжении по оси Z	$\nu_{\text{прив.}ZX} = \nu_{ZX\text{КМ}}$
Коэффициент Пуассона при сжатии по оси Z при растяжении по оси X	$\nu_{\text{прив.}XZ} = \frac{t}{(t+h)} \frac{E_{X\text{КМ}}^-}{E_{Z\text{КМ}}^+} \nu_{ZX\text{КМ}}$
Коэффициент Пуассона при сжатии по оси Y при растяжении по оси Z	$\nu_{\text{прив.}ZY} = \nu_{ZY\text{КМ}}$
Коэффициент Пуассона при сжатии по оси Z при растяжении по оси Y	$\nu_{\text{прив.}YZ} = \frac{h}{(t+h)} \frac{E_{Y\text{КМ}}^+}{E_{Z\text{КМ}}^-} \nu_{ZY\text{КМ}}$
Коэффициент Пуассона при сжатии по оси X при растяжении по оси Y	$\nu_{\text{прив.}YX} = \nu_{YX\text{КМ}}$
Коэффициент Пуассона при сжатии по оси Y при растяжении по оси X	$\nu_{\text{прив.}XY} = \frac{t \cdot E_{X\text{КМ}}^+}{h \cdot E_{Y\text{КМ}}^-} \nu_{YX\text{КМ}}$

где: «+» и «-» — растяжение и сжатие соответственно в направлении осей X, Y и Z;

«КМ» — композитный материал трубчатого элемента.

В таблице 2 представлены формулы для определения приведенных характеристик пределов прочности ТЗ из ПКМ при растя-

жении, сжатии и сдвиге [6] для проверки прочности заполнителя по принятому критерию прочности.

**Таблица 2.**

**Приведенные характеристики пределов прочности ТЗ**

Характеристика	Формула
Приведенный предел прочности ТЗ в направлении оси Z при сжатии	$\sigma_{\text{вприв}Z}^+ = \frac{\sigma_{\text{вкм}}^+}{E_{Z\text{км}}^+} \cdot \frac{2(t+h)\delta_{\text{тр}}}{ht} \sigma_{\text{в}Z\text{км}}^+$
Приведенный предел прочности ТЗ в направлении оси Z при растяжении	$\sigma_{\text{вприв}Z}^- = \min \left[ \frac{\sigma_{\text{вкм}}^+}{E_{Z\text{км}}^+} \cdot \frac{2(t+h)\delta_{\text{тр}}}{ht} \sigma_{\text{в}Z\text{км}}^+, \sigma_{\text{кр} \text{т}PZ} \Big _h \right]$
Приведенный предел прочности ТЗ в направлении оси X при сжатии	$\sigma_{\text{вприв}X}^+ = E_{\text{км}}^+ \frac{2\delta_{\text{тр}}}{h} \frac{\sigma_{\text{вкл}}}{E_{\text{кл}}}$
Приведенный предел прочности ТЗ в направлении оси X при растяжении	$\sigma_{\text{вприв}X}^- = \sigma_{\text{вкм}X}^- \frac{2\delta_{\text{тр}}}{h}$
Приведенный предел прочности ТЗ в направлении оси Y при сжатии	$\sigma_{\text{вприв}Y}^+ = \frac{2\delta_{\text{тр}} \sigma_{\text{вкм}Y}^+}{t}$
Приведенный предел прочности ТЗ в направлении оси Y при растяжении	$\sigma_{\text{вприв}Y}^- = \min \left[ \frac{2\delta_{\text{тр}}}{t} \sigma_{\text{вкм}Y}^-, \sigma_{\text{кр} \text{т}PY} \right]$
Предел прочности при сдвиге в плоскости YOZ	$\tau_{\text{вприв}YZ} = \min \left[ \frac{2\delta_{\text{тр}}}{h} \tau_{\text{вкм}YZ}, \tau_{\text{кр}PYZ} \right]$

где: индексы «кр» — критическое значение параметра;  
 «тр» — трубка;  
 «кл» — клей.

Таким образом, в основе комплексного подхода проектирования ТЗ из ПКМ рассматриваемого класса является предэскизное проектирование панельных трехслойных конструкций летательных аппаратов и синтез физико-механических и прочностных характеристик,

что позволит установить геометрические параметры обшивки и ТЗ, определить эффективную по массе ориентации трубок в панели, а также произвести расчеты на прочность и устойчивость по отработанным методикам, используемых для сэндвичевых сотовых агрегатов как в аналитическом виде, так и в МКЭ.

### **Список литературы:**

1. Беляев Н.М. Сопротивление материалов / Н.М. Беляев. — М.: Наука, 1976. — 607 с.
2. Вигдорчик С.А. Технологические основы проектирования и конструирования самолетов: конспект лекций. — МАИ, 1978. — 139 с.
3. Вопросы расчета элементов авиационных конструкций. Расчет трехслойных панелей и оболочек: сб. статей / под ред. А.Я. Александрова. — Вып. 2. — М.: Оборонгиз, 1969. — 146 с.
4. Востин Луис Ф. Агрегаты из композиционных материалов для гражданских транспортных самолетов: пер. с англ. № 2245. ЦНТИ «Волна». — Киев, 1978. — 41 с.
5. Применение конструкционных пластмасс в производстве летательных аппаратов: учеб. / под ред. А.Л. Абибова. — М.: Машиностроение, 1971. — 192 с.
6. Расчеты элементов авиационных конструкций: сб. статей / под ред. А.Я. Александрова, Э.И. Григolyока и Л.М. Куршина. — М.: Машиностроение, 1965. — Вып. 3. — 274 с.
7. Технология производства изделий интегральных конструкций из композиционных материалов в машиностроении: учеб. / науч. ред. А.Г. Братухин, В.С. Боголюбов, О.С. Сироткин. — М.: Готика, 2003. — 516 с.

## СЕКЦИЯ 8.

### СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ, НАПОЛНЕННЫХ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫМИ ВОЛОКНАМИ

*Ахмеднабиев Расул Магомедович*

*канд. техн. наук, доцент, Полтавский национальный  
технический университет имени Юрия Кондратюка,  
г. Полтава*

*E-mail: [arasul49@mail.ru](mailto:arasul49@mail.ru)*

*Гутак Ольга Игоревна*

*студентка 5-го курса, Полтавский национальный технический  
университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава*

*E-mail: [gutak\\_olga@mail.ru](mailto:gutak_olga@mail.ru)*

#### STUDY OF STRENGTH PROPERTIES OF CEMENT COMPOSITES FILLED POLIPROPYLENE FIBERS

*Akhmednabiev Rasul Magomedovich*

*Ph.D., associate professor Poltava National Technical University named  
after Yuri Kondratyuk, Poltava*

*Gutak Olga I.*

*Student 5-th year Poltava National Technical University named after Yuri  
Kondratyuk, Poltava*

#### АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты исследования свойств прочности дисперсно-армированных композитов, наполненных полипропи-

леновыми волокнами диаметром 0,2 мм. Приведены графики зависимости предела прочности при сжатии и изгибе от объемного содержания и длины волокон.

### ABSTRACT

The results of studies of the properties of strength of dispersion-reinforced composites filled polypropylene fibers with a diameter of 0.2 mm. The graphic dependence of the strength in compression and bending the volume content and fiber length

**Ключевые слова:** фиброармированный бетон; композиты; полипропиленовые волокна; предел прочности при сжатии и изгибе.

**Key words:** fiber reinforced concrete; composites; polypropylene fibers; compressive strength and bending.

Бетон, заслуженно, является наиболее распространенным строительным материалом практически на всех стройплощадках мира. Поэтому улучшение физико-механических свойств бетонов является актуальной задачей на данном этапе развития. Одним из путей регулирования свойств бетонов является дисперсное армирование, которое нашло широкое применение в настоящее время.

В мире накоплен достаточный опыт по применению дисперсно-армированных бетонов. При этом для дисперсного армирования применяют самые разнообразные волокна: минеральные, металлические, органические. В зависимости от происхождения волокна меняется его взаимодействие с матрицей. Если при использовании минеральных и металлических волокон можно сказать о возникновении контактного слоя между поверхностью волокна и матрицы, то при использовании органических волокон о возникновении такого контакта, рассчитывать не приходится.

В данной работе исследованы свойства прочности фиброармированных цементных композитов, матрица которых состояла из цементного камня ПЦ 500 Н. В качестве дисперсноармирующего материала были приняты полипропиленовые волокна диаметром 0,2 мм. Длина волокна, из технологических соображений, менялась от 14 до 30 мм, содержание — 2,4,6,8 % от объема. Испытанию подвергались образцы — призмы размерами 4 x 4 x 16 см, в возрасте 28 суток.

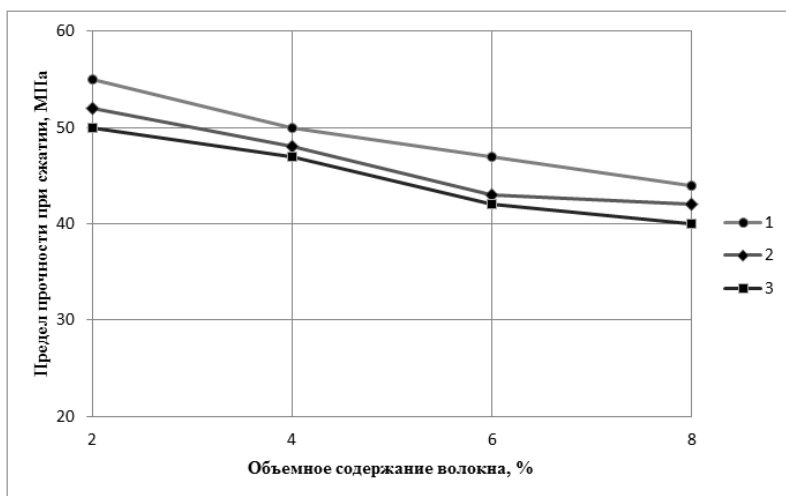
Учитывая важное значение характера взаимодействия между волокнами и матрицей, определены касательные напряжения на поверхности раздела волокно-матрица. Для испытаний изготавливались образцы цилиндрической формы диаметром 100 мм и высотой  $h = 30$  мм. Перед формированием образцов через отверстия,



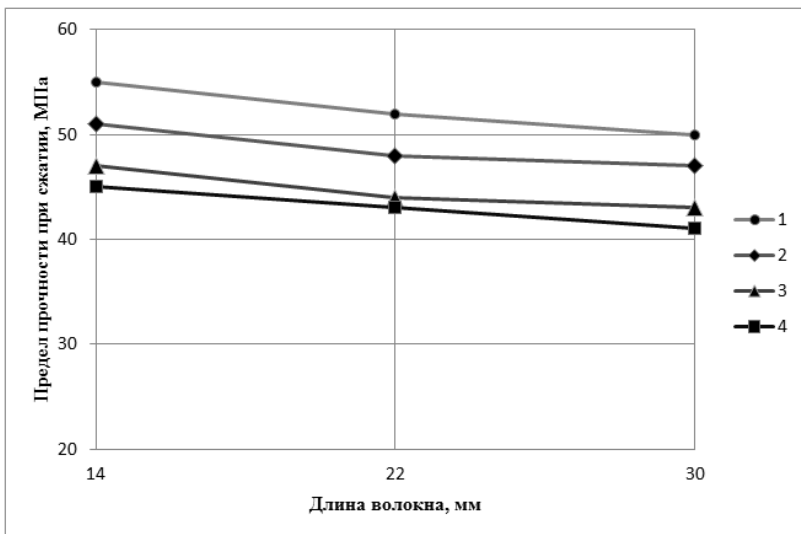
имеющиеся на дне формы, пропускали волокно и фиксировали его строго вертикально. При формировании вертикальность волокна сохранилась. Таким образом, изгибы волокна в объеме образца исключались. Испытания проводились через 28 суток путем выдергивания волокна до начала его страгивания. Касательные напряжения определяли как отношение силы выдергивания к площади поверхности волокна, находящейся в бетоне.

Испытания показали, что на поверхности контакта между матрицей и поверхностью волокна физико-химические процессы не происходят, взаимодействия носит чисто механический характер.

На рис. 1 и 2 приведены графики зависимости предела прочности при сжатии соответственно от объемного содержания и длины волокна. Из графиков видно, что введение волокна в количестве 8 % от объема образцов приводит к снижению предела прочности при сжатии на 8—10 МПа при всех длинах волокон в пределах данного эксперимента. Увеличение длины волокна от 14 до 30 мм приводит к снижению предела прочности при сжатии на 4—5 МПа. Таким образом, увеличение объемного содержания и длины волокна приводит к снижению предела прочности при сжатии.



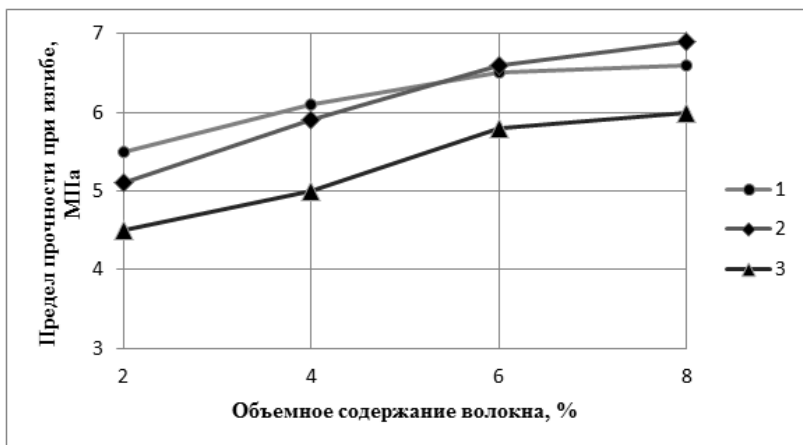
**Рисунок 1** Изменение предела прочности при сжатии в зависимости от объемного содержания волокна: 1,2,3 — длина волокна соответственно 14, 22, 30 мм



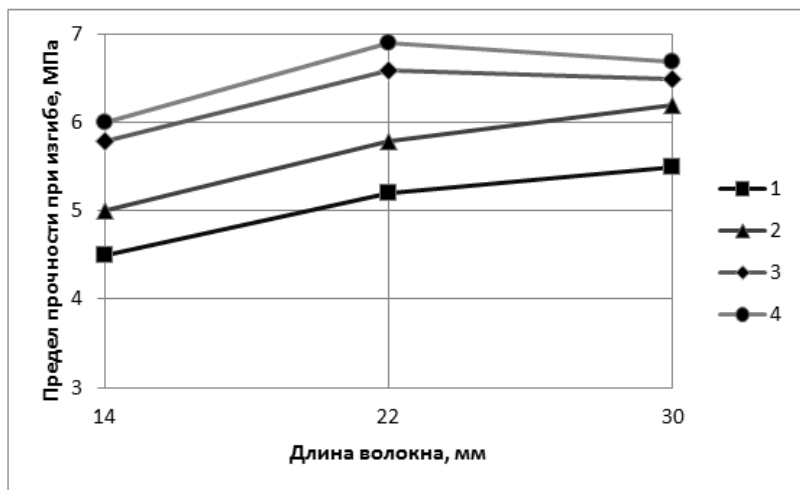
**Рисунок 2** Изменение предела прочности при сжатии композитов в зависимости от длины волокна: 1,2,3,4 — объемное содержание соответственно 2, 4, 6, 8 %

Снижение прочности при сжатии компенсируется повышением прочности при статическом изгибе. Увеличение тех же параметров, которые приводят к снижению прочности при сжатии, способствует повышению предела прочности при изгибе. На рис. 3 представлена зависимость предела прочности при изгибе от объемного содержания волокна. Из графиков видно, что с увеличением содержания волокна предел прочности при изгибе повышается. Так, например, увеличение объемного содержания волокна длиной 14 мм от 2 до 8 % приводит к повышению  $R_u$  на 1,5 МПа, что составляет 33 %. Подобная картина наблюдается и при длине волокна 22 мм. При длине волокна 30 мм интенсивность роста прочности при изгибе снижается с увеличением объемного содержания.

Изменение предела прочности при изгибе в зависимости от длины волокна (рис. 4) показывает, что с увеличением длины волокна появляется тенденция к повышению предела прочности при изгибе. Однако при содержании волокна 4 % при увеличении длины волокна до 30 мм наблюдается спад интенсивности повышения  $R_u$ , который усиливается с увеличением содержания волокна.



**Рисунок 3** Изменение предела прочности при изгибе композитов в зависимости от объемного содержания волокна: 1,2,3 — длина волокна соответственно 14, 22, 30 мм



**Рисунок 4** Изменение предела прочности при изгибе в зависимости от длины волокна: 1,2,3,4 — объемное содержание соответственно 2, 4, 6, 8 %

При испытании на сжатие исследуемый композиционный материал представляет собой цементный камень с равномерно распре-

деленными по объему дефектами, учитывая характер взаимодействия волокна с матрицей, то есть целостность объема разрушается волокнами. Напряжения сжатия воспринимаются перегородками цементного камня между волокнами. С ростом сжимающего напряжения перегородки начинают деформироваться, и в них образуются микротрещины, росту которых препятствуют волокна. Очевидно, предел прочности такой структуры зависит от концентрации дефектов в объеме образца, в данном случае — содержания волокна. С ростом содержания волокна расстояние между центрами волокон уменьшается, и как следствие снижается прочность при сжатии.

Разрушение композитов носит своеобразный характер. Если цементный камень при предельных напряжениях разрушается взрывоподобно, что свидетельствует о мгновенном высвобождении упругой энергии, то композиционные материалы, как указывалось в работах [1, 2], разрушаются медленно и при этом сохраняют свою форму. Это свойство композиционных материалов автором работы [3] названа формоустойчивостью. Очевидно, волокна не только поглощают упругую энергию, но и препятствуют разбросу кусков и сдерживают поперечные деформации образца.

При растягивающих напряжениях волокна выступают как несущий элемент. Напряжение растяжения с помощью касательных напряжений на поверхности раздела передаются волокнам. При образовании микротрещины в матрице растягивающие напряжения в волокне концентрируются в зоне трещины [4, 5]. С увеличением напряжения в зависимости от длины, волокна начинают выдергиваться или деформироваться. При растягивающих напряжениях в зоне трещины, в волокне возникают радиальные напряжения, вызывающие соответствующие деформации, которые способствуют снижению напряжения сдвига на поверхности раздела. Если длина волокна намного превышает критическое значение, то получаем эффект бесконечного выдергивания [4]. Очевидно, вклад волокна в работу разрушения композитов увеличивается пропорционально объемному содержанию. Однако, малое содержание волокна снижает прочность композитов при статическом изгибе по сравнению с неармированной матрицей. Это явление объясняется тем, что отверстия, образованные волокнами, уменьшают поперечное сечение образца, а суммарные напряжения сдвига на поверхности раздела при выдергивании волокна недостаточны. С увеличением содержания волокна суммарные напряжения сдвига на поверхности раздела волокно-матрица становятся существенными и прочность при изгибе возрастает, что и показано на рис. 3.

При увеличении длины волокна от 14 до 22 мм пропорционально повышается и предел прочности при изгибе, что естественно, так как увеличивается длина выдергивания. Однако, при дальнейшем увеличении длины волокна пропорциональность нарушается, и тем более, чем больше содержание волокна (рис. 4). Этот факт объясняется тем, что при принятой технологии изготовления образцов с увеличением длины волокна увеличивается вероятность образования комков, затрудняющих равномерное распределение волокна в объеме матрицы.

Таким образом, объемное содержание волокна и его длина имеют различное влияние на прочность композитов. При увеличении данных показателей происходит значительное снижение предела прочности при сжатии.

Обратный эффект наблюдается при определении прочности при изгибе. С увеличением длины волокна появляется тенденция к повышению показателей прочности при изгибе. Таким образом, варьируя длиной волокна и его объемным содержанием в составе композитов, возможно достижение улучшенных результатов по сравнению с использованием неармированной матрицы.

### **Список литературы:**

1. Козлов В.В., Каган М.З., Ахмеднабиев Р.М., Богомолов Г.М. Гидроизоляционные цементные композиции с низко модульными волокнами. — Метрострой, № 6, 1983, с. 23.
2. Козлов В.В., Фиговский О.Л., Ахмеднабиев Р.М., Улучшение физико-механических свойств цементных составов для зачеканки швов обделки тоннелей. — Транспортное строительство, 1983, № 12, с. 18.
3. Козина В.Л. Повышение ударопрочности и трещиностойкости крупно-размерных изделий на основе гипсоцементопуццоланового бетона путем введения низко модульных полимерных волокон. Автореф. дис. канд. техн. наук, М., 1979, 18 с.
4. Куппер Д., Пигготт М. Растрескивание и разрушение композитов. — В кн.: Механика разрушения, № 17. М., Мир 1979, с. 165—216.
5. Экобори Т. Научные основы прочности и разрушение материалов. Киев.: Наукова думка, 1978, с. 78—99.

# СОПОСТАВЛЕНИЕ ОПЫТНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗНАЧЕНИЙ МОМЕНТОВ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ СОСТАВНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Горностаев Сергей Иванович*

*канд. техн. наук,  
доцент кафедры Промышленного и гражданского строительства  
ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет»,  
г. Курск*

*Амелин Василий Юрьевич*

*бакалавр  
ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет»,  
г. Курск  
E-mail: [pgs\\_swsu@mail.ru](mailto:pgs_swsu@mail.ru)*

## THE COMPARISON OF THE EXPERIMENTAL AND THEORETICAL VALUES OF MOMENTS OF CRACK FORMATION OF COMPOSITE REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS

*Gornostaev Sergey Ivanovich*

*candidate of technical Sciences, associate professor of «Industrial and civil  
construction » of FSEI of HVT « South-West state University», Kursk*

*Amelin Vasilii Yuryevich*

*bachelor of FSEI of HVT « South-West state University», Kursk*

*Исследования выполнены при финансовой поддержке государства РФ в лице Минобрнауки в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009—2013 годы (мероприятие 1.5, Соглашение № 14.В37.21.1958)*

### АННОТАЦИЯ

Приведена сравнительная оценка теоретических и экспериментальных значений момента образования трещин в железобетонных составных конструкций. Расчёт выполнен с учетом относительного

сосредоточенного сдвига в шве сопряжения элементов, неупругих свойств железобетона и других особенностей характерных для рассматриваемого класса конструкций.

### ABSTRACT

The article presents a comparative assessment of value of the moment of formation of cracks composite reinforced concrete constructions. The calculation is made taking into account the relative shift in the seam conjugation elements, inelasticity properties of reinforced concrete and other features typical for considered class of constructions.

**Ключевые слова:** составные конструкции; образование трещин; сосредоточенный сдвиг.

**Keywords:** composite structures; formation of cracks; concentrated shift.

Широкое применение составных железобетонных конструкций в различных, и в последние годы, все более сложных и ответственных сооружениях вызывает необходимость развития теории и совершенствования методов их расчета.

Помимо нового строительства, совершенствование составных конструкций связано и с проведением реконструкции зданий и сооружений, в процессе которой, как правило, часто возникает необходимость восстановления и усиления железобетонных элементов. Сегодня это направление в строительстве становится одним из важнейших в области исследования железобетонных конструкций.

Анализ конструктивных особенностей составных железобетонных элементов и швов контакта отдельных элементов показывает, что в местах сопряжений элементов происходит значительное изменение конструктивных характеристик и свойств материалов. Это, в свою очередь, влечет за собой концентрацию параметров напряженно-деформированного состояния в окрестности швов контакта и приводит к несовместности средних деформаций фибр, прилегающих к шву. Поэтому методы расчета, базирующиеся на гипотезе совместности деформаций старого и нового материалов, требуют соответствующей корректировки. До настоящего времени статические и конструктивные расчеты железобетонных конструкций усиливаемые наращиванием или подрачиванием были основаны, как правило, на различных способах приведения к квазисплошному сечению и совместности деформаций в зоне шва. Это не в полной мере отражает реальное поведение железобетонного составного или сборно-монолитного элемента под нагрузкой и не позволяет оценить

специфику их силового сопротивления и, как следствие, не в полной мере обеспечивает их надежное проектирование.

В работах [3, 4] автором экспериментально получена полная картина напряженно-деформированного состояния в составных железобетонных балках при несовместных сосредоточенных деформациях в зоне шва сопряжения элементов, а предложенные теоретические зависимости для таких конструкций, позволили на порядок снизить дифференциальные уравнения, представленные в работе [6], без снижения строгости и точности решения.

В настоящей работе приведены результаты численного анализа момента трещинообразования в железобетонных составных балках, полученного путем отмеченных экспериментальных исследований учитывающих влияния неупругих деформаций в сжатой зоне бетона, податливости шва контакта в сопоставлении с теоретическими значениями, рассчитанными по методике [3].

Экспериментальные исследования проводились на образцах, размеры сечения и длины которых приняты достаточными для проведения необходимых измерений при испытаниях, с учетом возможности наблюдения за образованием и развитием трещин. Элементы образцов всех серий были изготовлены из бетонов различных классов, с различными модулями деформаций и связаны в единую, составную конструкцию с помощью поперечных стержней арматурного каркаса. Общий вид испытаний конструкций — представлен на рис. 1, а методика испытаний опытных конструкций приведена в работе [5].



*Рисунок 1. Общий вид испытаний составных железобетонных балок*



Таблица 1.

## Расчетные параметры сечений опытных конструкций балок

Серия, номер образца		$F_{сп}$ $м^2 \cdot 10^{-4}$	$У_{сп}$ мм	$У_{св}$ мм	$I_{сп}$ $м^2 \cdot 10^{-8}$	$F_{п}$ $м^2 \cdot 10^{-4}$	$У_{сп}$ мм	$У_{в}$ мм	$I_{п}$ $м^2 \cdot 10^{-8}$	$W_o$ $м^2 \cdot 10^{-6}$	$W_T$ *) $м^2 \cdot 10^{-6}$
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
AI	1	67,92	30,9	31,3	199	137,2	73,9	96,6	3386	458	807
	2	65,65	29,8	30,0	176	139,3	76,6	99,8	3730	487	850
	3	69,53	30,2	30,5	194	145,3	77,0	101,2	3963	514	897
AC I	1Y	66,75	30,0	30,1	181	-	-	-	-	-	-
	2C	66,35	30,0	30,0	180	-	-	-	-	-	-
	3Y	67,15	30,0	29,8	180	-	-	-	-	-	-
A II	1	67,86	30,3	30,5	189	144,8	77,7	100,3	3938	506	891
	2	68,31	30,6	30,9	195	144,8	77,8	100,7	3946	507	894
	3	68,06	30,7	30,6	193	145,0	78,1	100,8	3972	508	898
ACII	1Y	67,30	30,4	30,4	183	104,7	76,6	100,8	3788	495	866
	2C	67,30	30,4	30,6	190	141,0	76,9	101,1	3831	498	870
	3Y	67,30	30,4	30,2	186	140,2	76,0	100,0	3704	487	854
A III	1	67,5	30,4	30,6	190	147,0	78,0	98,4	3910	500	879
	2	66,80	30,1	30,4	184	138,5	72,8	92,1	3209	440	777
	3	67,65	30,0	30,3	185	152,0	80,1	100,9	4231	528	926

АСИИ	1Y	66,85	30,0	30,2	183	-	-	-	-	-	-
	2C	67	30,1	30,4	185	-	-	-	-	-	-
	3Y	66,5	30,0	30,0	180	-	-	-	-	-	-
BI	1	69,74	30,9	31,3	202	147,2	76,6	96,8	3765	492	867
	2	65,92	29,4	29,8	172	143,6	76,2	95,8	3645	473	845
	3	66,76	30,3	30,2	183	146,1	78,2	98,3	3891	498	874
BCI	1Y	65,97	29,4	28,7	166	-	-	-	-	-	-
	2C	68,72	30,6	30,5	192	-	-	-	-	-	-
	3Y	66,82	29,7	29,7	175	-	-	-	-	-	-
BII	1	97,63	43,7	45,8	623	154,2	75,2	94,3	3562	474	832
	2	94,5	42,8	44,9	976	152,1	75,6	95,9	3608	477	838
	3	95,28	43,4	45,3	589	150,1	75,0	95,0	3485	464	814
BCII	1Y	95,8	43,7	45,3	597	-	-	-	-	-	-
	2C	95,62	43,4	45,2	592	-	-	-	-	-	-
	3Y	94,78	43,3	44,9	580	-	-	-	-	-	-

\*)  $W_m$  — момент сопротивления приведенного сборно-монолитного сечения с учетом работы монолитного бетона в растянутой зоне

По результатам испытаний выполнен анализ фактического влияния неупругих деформаций в сжатой зоне при расчете выполненный по предложенной автором методике [3], с учетом изменения напряженно-деформируемого состояния сечений сборно-монолитных конструкций.

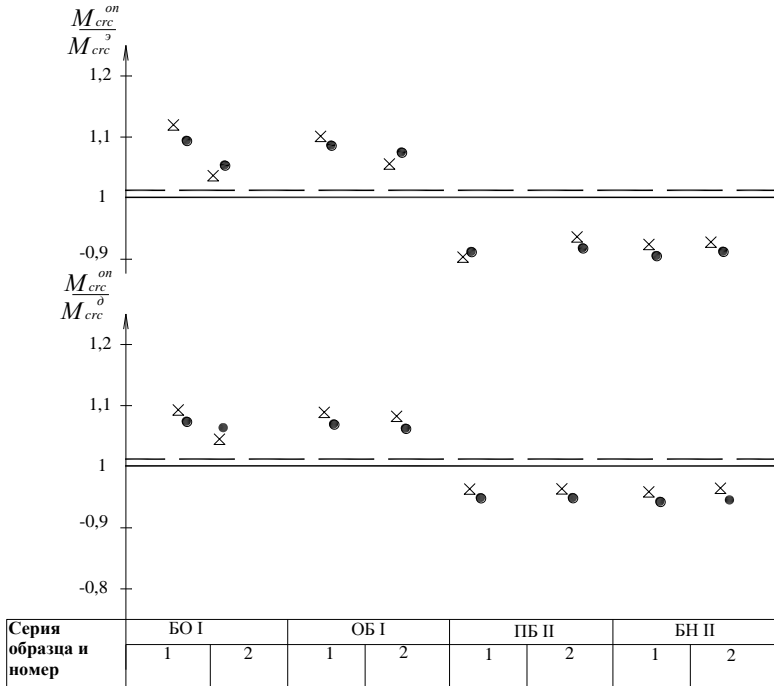
Величины моментов трещинообразования определены с использованием характеристик (табл. 1) и вычислены по напряжениям, установленным с учетом экспериментально замеренных эксцентриситетов  $M_{crc}^{\text{Э}}$  и с учетом распределения деформаций по высоте поперечного сечения  $M_{crc}^{\text{Д}}$ .

Согласно данным расчета, теоретические значения высоты сжатой зоны ( $X_{crc}$ ) для обоих случаев мало отличалось с изменением начальных параметров, и оказались близки к опытным значениям. С увеличением соотношения напряжений к призменной прочности  $\sigma'_M/R_{b,M}$  в бетоне сжатой зоны опытных конструкций проявляются значительные пластические деформации. При одинаковых значениях начальных напряжений, действующих в сечении, проявление пластических деформаций больше у низких классов бетонов.

На рис. 2 приведены графики сопоставления опытных и теоретических значений моментов трещинообразования. Максимальные отклонения опытных и теоретических значений момента трещинообразования, вычисляемых по методике [3] составили (для двух случаев при учете замеренных эксцентриситетов и распределении по деформациям) отклонения 7 и +5 % при достаточно малом коэффициенте вариации  $C_V = 7.5\%$ .

Принимая во внимание, что предварительно-напряженных образцов в приведенных опытах было недостаточно для статистической обработки, были привлечены также опыты по исследованию сборно-монолитных преднапряженных балок [1]. Это не только расширило возможности анализа, но и повысило его достоверность.

Анализ фактического влияния неупругих деформаций в сжатой зоне при расчете также выполнялся по вышеописанному алгоритму и предложенной автором методике (пункты 2.1—2.3) с учетом изменения напряженно-деформируемого состояния сечений сборно-монолитных конструкций. Необходимые расчетные параметры сведены в табл. 1



**Рисунок 2. Сопоставление экспериментальных и теоретических значений моментов трещинообразования для образцов четырех серий**

Приведены результаты сопоставления опытных расчетных значений моментов трещинообразования для составных железобетонных конструкций, в том числе преднапряженных, показало, что учет в методике расчета таких важных параметров, как относительный сосредоточенный сдвиг, неупругие деформации сжатого бетона, классов бетона, составляющих элементов сечения обеспечивает хорошее согласование опытных и расчетных данных.

### Список литературы:

1. Абдель-Кадер Г.Ю. и др. Исследование напряженных сборно-монолитных балок. Реф. Информ. О законченных научно-исследовательских работах в вузах УССР.-К.: Высш. шк., 1977. — Вып. 12 — С. 15—16.
2. Бондаренко В.М. Расчетные модели силового сопротивления железобетона: Монография [Текст] / В.М. Бондаренко, В.И. Колчунов. — М.: АСВ, 2004. — 472 с.
3. Колчунов В.И. Напряженно-деформированное состояние железобетонных конструкций составного сечения до появления трещин [Текст] / В.И. Колчунов, С.И. Горностаев // Известия ОрелГТУ, науч. журнал, серия «Строительство и транспорт». — Изд. ОрелГТУ. — № 1, 2008. — С. 27—31.
4. Колчунов В.И. Основные результаты экспериментальных исследований деформативности и трещиностойкости железобетонных конструкций составного сечения с преднапряженной рабочей арматурой [Текст] / В.И. Колчунов, Е.А. Скобелева, С.И. Горностаев // Сб. РААСН, М.: изд. МГТУ. — 2007. — С. 56—62.
5. Колчунов В.И., Скобелева Е.А., Горностаев С.И. Экспериментальные исследования трещиностойкости, деформирования и разрушения составных конструкций // Известия ОрёлГТУ, науч.журнал, серия «Строительство». — Изд. ОрёлГТУ. 1—2 (9—10), 2006. — С. 11—15.
6. Ржаницын А.Р. Составные стержни и пластинки [Текст] / Р.А. Ржаницын. — М.: Стройиздат, 1986. — 316 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ВИБРИРОВАНИЯ ГРУНТОЦЕМЕНТА НА ОБРАЗЦАХ, ОТОБРАННЫХ ИЗ ОПЫТНЫХ СВАЙ

*Нестеренко Татьяна Николаевна*

*аспирант, Полтавский национальный технический университет  
имени Юрия Кондратюка,  
г. Полтава*

*E-mail: [tanya-n-poltava@rambler.ru](mailto:tanya-n-poltava@rambler.ru)*

## RESEARCH EFFECT OF VIBRATION ON STANDARDS, SELECTED FROM THE EXPERIENCED SOILCEMENT PILES

*Tatiana Nesterenko*

*Postgraduate student Poltava National Technical Yuri Kondratyuk  
University*

### АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты сравнения качества уплотнения грунтоцементных свай в лабораторных и полевых условиях с применением эффекта вибрирования.

### ABSTRACT

In the article the results comparison quality of compression of soilcement piles are pointed in laboratory and field terms with the use effect of vibration.

**Ключевые слова:** грунтоцемент; вибрирование; прочность; плотность скелета грунтоцемента.

**Keywords:** soilcement; vibrating; strength; frame density of soilcement.

**Целью данной работы** является сравнение качества уплотнения грунтоцементных свай в лабораторных и полевых условиях с применением эффекта вибрирования.

**Метод.** Одним из эффективных направлений снижения стоимости фундаментостроения есть использование залегающих почв в основе объектов строительства, как материала для возведения

фундаментов. Устраивание грунтоцементных свай возможно в разнообразных почвах, как в илах и торфяниках, так и в «слабых» скальных породах, независимо от их химического состава, влажности, растительных остатков, проницаемости и других характеристик. Грунтоцементные сваи достаточно эффективны при укреплении фундаментов и их основ, особенно при условиях плотной застройки. Их применяют для укрепления слабых почв непосредственно в массиве без его выемки, для предотвращения обвалов склонов, а также для увеличения несущей способности свай на горизонтальную и вертикальную нагрузку [1, 2].

Грунтоцементные сваи, кроме преимуществ, имеют и недостатки, такие как пористость и сравнительно небольшую прочность материала. Как известно, прочность грунтоцемента зависит от таких факторов, как гранулометрический и минералогический состав почвы, количество, состав и активность вяжущего, формовочная влажность смеси, степень взрыхления почвы и равномерность перемешивания компонентов, режим, условия, срок отвердения, наличие разнообразных добавок [3, 4]. Также существенное влияние на свойства грунтоцемента может оказать уплотнение с помощью вибрационного воздействия [5].

Применение вибрационного метода уплотнения грунтоцемента уменьшает силы внутреннего трения между частицами смеси за счет энергии колебаний. Уплотняемая смесь приобретает повышенную подвижность при переходе в состояние «тяжелой жидкости» и уплотняется за счет вытеснения из нее воды и пузырьков воздуха [6, 7]. Уплотнение грунтоцементных свай может быть осуществлено глубинными вибраторами [8], навесным вибратором [9], предложенным автором этой работы.

**Результат.** Лабораторные исследования показали эффективность вибрирования грунтоцементной смеси, изготовленной на основе глинистой почвы, с целью повышения прочности грунтоцемента. Опыты показали, что вибрирование грунтоцементной смеси практически вдвое увеличивает прочность грунтоцемента при 90 сутках его твердения во влажных условиях [9]. Накопленный опыт также показывает, что физико-химические свойства лессовых и лессовидных суглинков, а именно, незначительное содержимое глинистых частиц, щелочная реакция среды, незначительное количество легкорастворимых солей, легкое диспергирование при увлажнении за счет водорастворимых связей между частицами способствуют их использованию при изготовлении грунтоцемента.

Механические свойства грунтоцемента, то есть призменная прочность, модуль деформации и сопротивление сдвигу обеспечиваются в большей степени наличием кристаллизационных связей, которые возникли как новообразование в процессе твердения материала. При этом на скорость твердения материала больше всего влияет температура среды. На величину модуля деформации грунтоцемента значительно влияет его плотность. Экспериментально доказано, что при одинаковой призменной прочности модуль деформации больше для образцов с большей плотностью.

В процессе изготовления грунтоцементных свай из жидкой грунтоцементной смеси отбирали образцы в кубические формы размером 10x10x10 см. Также образцы отбирались из свай после проведения вибрирования. Для сравнения были отобраны образцы смеси из свай непосредственно перед вибрированием. На этом этапе определяли влажность и плотность смеси. Результаты соответствующих опытов приведены в табл. 1.

**Таблица 1.**

**Результаты испытаний образцов грунтоцемента через 56 суток**

Дата отбора образцов	Влажность W/v*	Плотность скелета, $\rho_d/v$ , т/м <sup>3</sup>	Прочность R/v, МПа	Модуль деформации, E/v, МПа
Данные полученные после вибрирования смеси в течении 180 с				
27.10.2012	0,32/0,09	1,51/0,1	1,8/0,13	150/0,13
31.10.2012	0,30 /0,11	1,49/0,07	1,5/0,10	120/0,12
01.11.2012	0,295/0,14	1,47/0,11	1,4/0,12	120/0,11
14.11.2012	0,31/0,09	1,46/0,07	1,4/0,14	130/0,1
15.11.2012	0,315/0,08	1,505/0,09	1,9/0,11	180/0,12
16.11.2012	0,29/0,14	1,49/0,1	1,7/0,08	145/0,08
17.11.2012	0,32/0,08	1,49/0,07	2,0/0,12	150/0,014
19.11.2012	0,305/0,07	1,50/0,09	2,1/0,12	175/0,1
Суммарная /v	0,31/0,035	1,49/0,11	1,73/0,15	146/0,15
Данные полученные без вибрирования смеси				
01.11.2012	0,34/0,11	1,40/0,09	1,4/0,1	140/0,09

*Примечание: v\* — коэффициент вариации из 6 определений*

Параллельно исследовались образцы, отобранные путем распилки грунтоцементных свай, которые были откопаны через 2 месяца после изготовления (рис. 1). Результаты исследований представлены в табл. 2.



*Таблица 2.*

**Результаты испытаний образцов грунтоцемента через 60 суток**

<b>№ образцов</b>	<b>Влажность, W</b>	<b>Плотность скелета, <math>\rho_d</math>, т/м<sup>3</sup></b>	<b>Прочность, R, МПа</b>	<b>Модуль деформации, E, МПа</b>
<i>Данные полученные после вибрирования смеси в течении 180 с</i>				
1	0,28	1,52	3,1	290
2	0,29	1,48	2,9	300
3	0,27	1,495	2,8	250
4	0,30	1,53	3,3	310
5	0,275	1,51	3,0	285
6	0,26	1,53	2,9	270
7	0,29	1,49	2,6	250
8	0,29	1,49	4,0	340
Средняя/ v	0,28/0,04	1,506/0,12	3,08/0,13	287/0,1
<i>Данные полученные без вибрирования смеси</i>				
1	0,29	1,39	2,3	220
2	0,32	1,45	2,5	230
3	0,31	1,42	2,0	220
4	0,30	1,41	2,0	200
5	0,32	1,40	2,4	240
6	0,29	1,44	2,3	250
Средняя/ v	0,305/0,04	1,42/0,015	2,25/0,08	227/0,071



*Рисунок 1. Образцы грунтоцементных свай отобранные путем распиловки откопанных свай*

Таблица 3.

## Сравнение методов изготовления грунтоцемента

№ п/п	Условия проведения изготовления образцов грунтоцемента	Влажность, W	Плотность скелета $\rho_a$ , т/м <sup>3</sup>		Прочность R, МПа	Модуль деформации, E, МПа
			экспериментальная	расчётная		
1	2	3	4	5	6	7
1	В лабораторных условиях без вибрирования	0,35	1,38		3,5	330
2	В лабораторных условиях с вибрированием 180 с	0,28	1,49	1,48	5,0	480
3	Путем отбора смеси из изготовленной сваи без вибрирования	0,34	1,40		1,4	140
4	Путем отбора смеси из изготовленной сваи с вибрированием 180 с	0,31	1,49	1,50	1,7	146
5	Путем вырезания образцов из готовых свай, изготовленных без вибрирования	0,31	1,42		2,25	227
6	Путем вырезания образцов из готовых свай, изготовленных с вибрированием 180 с	0,28	1,51	1,52	3,08	287

В табл. 3 представлены осредненные физико-механические характеристики грунтоцемента образованного из лессовидных почв строительной площадки 10-ти этажного жилого дома по ул. Казака, 14 в г. Полтаве в лабораторных и полевых условиях с вибрированием и без вибрирования жидкой грунтоцементной смеси.

Данные расчета статистических показателей по трем опытным строительным площадкам представлены в табл. 4.

Таблица 4.

Результаты статистических расчетов по опытным строительным площадкам

№ площадок	Количество свай, n	Интервал возможных величин, $k_h$	Показатель уплотнения, $k_h = \Delta h/h_0$	Коэффициент вариации, v
1	175	0,042—0,084	1,063	0,147
2	125	0,044—0,082	1,064	0,103
3	35	0,045—0,081	1,062	0,11

**Выводы:**

1. Анализ приведенных данных позволяет утверждать, что:
  - при перемешивании грунтоцементной смеси в лабораторных условиях процесс перемешивания смеси контролировался визуально, при этом не допускалось содержание агрегатов глинистых частиц крупнее 5 мм;
  - на строительной площадке грунтоцемент изготовлялся по бурсмесительной технологии – разрыхленная бурсмесителем грунт перемешивалась с цементной суспензией при В/Ц = 0,6. Так как перемешивание осуществлялось четырьмя проходами буросмесителя по длине ствола свай, то обеспечение необходимого качества перемешивания грунтоцементной смеси ненадежное;
  - при лабораторных и полевых исследованиях состав грунтоцемента был приблизительно одинаковым: грунт — лессовидный суглинок с числом пластичности  $I_p = 14—15 \%$ ; начальная влажность  $W = 28—30 \%$ ; содержание цемента 20 % от веса сухой почвы;
  - эффект вибрирования жидкой грунтоцементной смеси на лабораторном стенде и с помощью глубинного вибратора в полевых условиях проявляется в уменьшении влажности и пористости смеси, увеличении плотности скелета грунтоцемента;
  - показатель уплотнения грунтоцементной смеси в результате вибрирования ее в течение 180 с в лабораторных условиях изготовления грунтоцемента составляет  $k_h = 0,065$  ( $k_h = \Delta h/h_0$ , где  $\Delta h$  — высота оседания свай,  $h_0$  — начальная высота свай); по образцам полученных отбором непосредственно из грунтоцементных свай —  $k_h = 0,063—0,064$ ; что свидетельствует о достаточной эффективности вибрирования грунтоцементной смеси;
  - при виброуплотнении грунтоцементной смеси увеличивается прочность изготовления грунтоцемента в лабораторных условиях

на 43 %; по образцам отобранным непосредственно из грунтоцементных свай — 21—37 %;

- существенная разница прочности грунтоцемента, изготовленного в лабораторных и полевых условиях, объясняется разной однородностью перемешивания смеси.

2. С помощью статистической обработки результатов опытного изготовления грунтоцементных свай на трех опытных площадках установлены объективные значения величин показателя уплотнения грунтоцемента в результате вибрирования.

### Список литературы:

1. Виленкина Н.М. Цементогрунтовые камни / Н.М. Виленкина. — М.: Гостройиздат, 1961 — 86 с.
2. Гольдштейн Б.Г. Глубинные вибраторы для уплотнения бетона. Конструкция, теория и расчет. / Б.Г. Гольдштейн, Л.П. Петрунькин. — М.: Машиностроение, 1966. — 172 с.
3. Зоценко Н.Л. К оценке механических свойств грунтоцемента в зависимости от содержания его составляющих / Н.Л. Зоценко, О.В. Борт, М.В. Бидношия, Р.В. Петраш // Сборник научн. трудов (отраслевое машиностроение, строительство). — Полтава: ПолтНТУ, 2007. — Вып. 19. — С. 44—53.
4. Нестеренко Т.Н. Влияние вибрирования на механические характеристики грунтоцемента / Т.Н. Нестеренко // Строительные конструкции, межведомственный научно-технический сборник научных трудов (строительство) / Государственное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций» Министерства регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины. — Вып. 75. Кн. 2. — К.: ГП НИИСК, 2011. С. 656—660.
5. Нестеренко Т.Н. Разработка навесного глубинного вибратора для уплотнения грунтоцементных свай / Т.Н. Нестеренко // Сборник научн. трудов (отраслевое машиностроение, строительство). — Полтава: ПолтНТУ, 2012. — Вып. 1(31). — С. 257—262.
6. Савинова О.А. Теория и методы вибрационного формирования железобетонных изделий / О.А. Савинова, Е.В. Лавринович. — Ленинград.: Стройиздат, 1972. — С. 152.
7. Токин А.Н. Закрепление грунтов буромесительным способом / А.Н. Токин, А.Н. Шапошников // Ускорение научно-технического прогресса фундаментостроения: новейшие методы исследования строительных свойств грунтов, прогрессивные способы возведения фундаментов и устройства оснований: сб. научн. трудов. — М.: Стройиздат, 1987. — С. 254—255.

8. Токин А.Н. Фундаменты из цементогрунта / А.Н. Токин. — М.: Стройиздат, 1984. — 184 с.
9. A laboratory model study of the performance of vibrated stone columns in soft clay / V. Sivakumar, D. Glynn, J. Black, J. McNeill // Geotechnical Engineering in Urban Environments. Proc. of the 14th European Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (Madrid, 24—27 September 2007). — Millpress Science Publishers Rotterdam, 2007. — V. III — P. 1545—1550.

## **ОБЗОР РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ВОЛЫНИ В ПЕРИОД РОССИЙСКОЙ ИМПЕРИИ (КОНЕЦ XVIII — НАЧАЛО XX В.)**

*Шапран София Юрьевна*

*аспирант кафедры архитектуры НУВХП,  
г. Ровно*

*E-mail: [sofya\\_tabachuk@ukr.net](mailto:sofya_tabachuk@ukr.net)*

## **OVERVIEW OF VOLYN INDUSTRY IN THE RUSSIAN EMPIRE (LATE XVIII — BEGINNING OF XX CENTURY)**

*Sofia Shapran*

*post-graduate student of architecture of NUWMNRU, Rivne*

### **АННОТАЦИЯ**

Рассмотрено развитие промышленности Волыни в период Российской империи. Указаны основные факторы развития промышленности в губернии. Сгруппированы по различным источникам статистические данные фабрик и заводов Волынской губернии в разные годы. Автор прослеживает изменения в промышленном развитии Волынской губернии, осуществляет классификацию промышленных предприятий по количеству заведений и продукции. В статье присутствуют иллюстрации. Автор делает вывод о значительном влиянии промышленного переворота на развитие промышленности на Волыни в конце XVIII — начале XX веков.

## ABSTRACT

Considered the development of Volyn industry during the Russian Empire. Outlines the main factors of industrial development in the province. According to the various sources it is grouped the statistics factories of Volyn province at different times. The author traces the changes in the industrial development of Volyn province, classifies industries by the number of establishments and their products. This paper presents the illustrations. Author makes concludes of the significant impact of the industrial revolution in the development of industry in Volyn in the late XVIII — early twentieth centuries.

**Ключевые слова:** промышленный переворот; Волынская губерния; фабрики и заводы.

**Keywords:** industrial revolution; Volyn province; factories and plants.

В истории Волынской губернии конец XVIII — начало XX в. отмечается чрезвычайно активным развитием экономики, в частности промышленного производства. Исследование этих процессов является важной составляющей в комплексном изучении истории промышленной архитектуры Волыни, что особенно актуально на современном этапе в контексте развития туристических маршрутов на Украину.

Итак, в данной статье, хронологические рамки которой очерчены концом XVIII — началом XX в. (с момента входа Волыни в состав Российской империи до начала Первой мировой войны 1914 г.), попробуем проследить этапы и уровень развития промышленности Волынской губернии.

Отметим, что некоторые аспекты и важные факты промышленного развития губернии в конце XVIII — нач. XX в. нашли место в трудах таких исследователей как Братчиков А., Орлов П.А., Забелин А., Прищепа О.П., Прищепа Б.А., Цинкаловский А.Н., Оксенюк Г.Н., Буравский О.А., Андрухов П.С. и др. Их исследования дают нам возможность сформировать общую картину состояния промышленности и в будущем определить местоположение того или иного промышленного объекта для возможности его сохранения.

В результате второго и третьего разделов Речи Посполитой (1793, 1795 гг.) Волынь вошла в состав Российской империи, объединив в себе восточную и западную части бывшего Волынского и северной части Киевского воеводств. Так была образована Изяславская губерния, которая располагалась в западной, европейской части Российской империи на границе с Австрийской империей. (Рис. 1)

Царским указом от 1 мая 1795 Изяславская губерния была переименована в Волынскую. А 5 июля 1795 административным центром губернии был определен г. Звягель с переименованием его в Новоград-Волынский. Однако из-за отсутствия в городе зданий для размещения губернских «присутственных» мест, их временно разместили в Житомире. Царским указом от 20 июня 1804 г. Житомир был официально утвержден центром Волынской губернии [14, с. 87]. Тогда же окончательно определился и административно-территориальное устройство новой губернии, которая состояла из 12 уездов, административными центрами которых были: Ровно, Луцк, Ковель, Овруч, Дубно, Владимир-Волынский, Староконстантинов, Заслав, Острог, Кременец, Новоград-Волынский, Житомир. С 12 городов принадлежали частным владельцам [16, с. 129].



Рисунок осуществлен на основе карты Российской империи из книги  
 "The Hammsworth universal Atlas and Gazetteer." (Amalgamated Press, London, 1909. 97-98 pp.)

**Рисунок 1. Размещение Волынской губернии на территории Европейской части Российской империи в начале. XX в.**

Одним из основных занятий населения губернии до и после промышленного переворота было сельское хозяйство — в основном земледелие, что объяснялось преобладанием сельских жителей. Поэтому промышленность губернии специализировалась в основном на переработке сельскохозяйственной продукции, прежде всего растениеводства.

В первой половине XIX в. помещики способствуют развитию вотчинной мануфактуры Волыни с использованием крепостных. Также характерной была купеческая промышленность, основанная на вольнонаемном труде [10, с. 10]. В отличие от XVIII века, где развивались преимущественно те отрасли промышленности, которые удовлетворяли спрос государства (суконное, бумажное, горнозаводское производство), XIX век характеризовался развитием промышленности, которое было полностью независимым от потребностей империи. По данным книги «Ведомость о мануфактурах в России за 1812 год» [5], в Волынской губернии в 1812 году насчитывалось 32 промышленных предприятий, на которых работало 331 рабочий (см. табл. 1).

*Таблица 1.*

**Промышленные предприятия Волынской губернии по книге  
«Ведомость о мануфактурах в России за 1812 год»**

<b>Промышленные предприятия Волынской губернии по книге «Ведомость о мануфактурах в России за 1812 год»</b>				
<b>№ п/п</b>	<b>Мануфактуры</b>	<b>Количество мануфактур</b>	<b>Количество рабочих</b>	<b>Количество произведенной продукции</b>
1	Суконных	8	152	9995 аршин
2	Шляпных	4	8	1981 шт.
3	Кожевенных	4	14	1404 шт.
4	Полотняных	1	4	240 аршин
5	Бумажных	2	11	1190 стопь
6	Хрустальных и стеклянных	10	127	52974 шт.
7	Медных и пуговичных	3	15	1230 шт.
	<b>Всего</b>	<b>32</b>	<b>331</b>	<b>-----</b>

Ведущее место в фабрично-заводском производстве занимали сахароварения, винокурение и мукомольное производство [4, с. 80]. Именно последнее оказалось самым массовым из всех производств, и таких объектов, как водяные, паровые мельницы и ветряки сохранилось более всего. На сегодняшний день нами выявлено



25 мельниц и ветряков; по конструкции мельницы преимущественно каменные, ветряки — деревянные.

Промышленному перевороту предшествовал технический прогресс, который проходил в ходе индустриального развития. В мире патентуются первые станки, паровые машины, создаются первые машиностроительные заводы. В Украине промышленный переворот проходил в два этапа. В течение первого этапа (40—50-е годы XIX в.) Передового промышленного развития приобрела свеклосахарная отрасль. Владельцы сахарных заводов применяли современную иностранную технику и иностранный опыт.

Развитию второго этапа промышленного переворота (60—90-е годы XIX в.) способствовали реформы второй половины XIX века, в частности отмена крепостного права в 1961 году. Содержанием этого этапа стал переход от мануфактуры к фабрике, от рабочей силы крепостных к наемному рабочему труду, от мелкого товарного производства к широкому применению паровых двигателей и системы машин.

Важным фактором развития промышленности было формирование новых путей сообщения. Главными путями сообщения в губернии были грунтовые дороги, почтовые тракты, шоссе. В 1857 г. через территорию Волыни было проложено Киево-Брестское шоссе, которое прошло через Житомир, Новоград-Волынский, Ровно, Луцк, Ковель. Это значительно усилило развитие торговли в губернии. В связи с развитием промышленности в 70—90 годах XIX в. На Волыни проводилось строительство железнодорожных путей. И с тех пор железнодорожный транспорт начал играть доминирующую роль. В 1873 г. здесь был открыт участок Киево-Брестской железной дороги Бердичев-Здолбунов-Ровно-Ковель, у 1874 — Здолбунов-Радивилово Красное, Киверцы-Луцк-Белосток, у 1885 г. — Лунинец-Сарны-Ровно, в 1896 — Каменица-Кременец. В 1877 г. была закончена линия Варшава-Люблин-Ковель, а в 1889 через северные просторы прошла еще одна железная дорога Ковель-Кривин-Чарторыйск-Сарны-Коростень. В начале XX в. были также проложены железнодорожные пути Клевань-Степань (1910 р.) и Бердичев-Житомир (1913 г.). В 1988 году на территории Волынской губернии пролегла узкоколейная железная дорога Антоновка-Заречное.



**Рисунок 2. Развитие железнодорожных путей на территории Волынской губернии во второй пол. XIX — нач. XX в.**

В 90-х годах железнодорожные пути протянулись по губернии на 745 верст (794,8 км), в начале XX в. их расстояние уже выросла до 1133 верст (1208,7 км), а шоссейных — до 1158 верст (1235,4 км) [9, с. 31, 11, с. 20]. Наиболее длинной был участок Юго-Западной железной дороги — Киево-Брестская линия, которая проходила почти параллельно Киево-Брестскому шоссе. Населенные пункты в местах пересечения участков железных дорог превращались в значительные транспортные узлы. Такими были Ровно, Здолбунов, Ковель, Сарны [14, с. 98]. Прокладка их дала хороший толчок для развития производительных сил края (рис. 2).

В начале XX в. на Волыни развивается электрификация. Уличные керосиновые фонари заменяют электрическими, строятся первые электростанции. Житомир, Луцк и Ровно стали первыми городами Волынской губернии, которые использовали электрическое освещение [15]. Электростанции также работали в Ковеле, Владимире, Кременце, в г. Корец при сахарном заводе, при кирпичном заводе «Волынь» в Здолбунове, при государственной каменоломни в Яновий Долине и при каменоломни в Клесове [7].

По данным, освещенным в книге «Военно-статистическое обозрение Российской империи. Волынская губерния» [6], в 1950 г. в губернии действовало 440 промышленных предприятий с общей суммой производства товара на 1 448 519 руб. и привлечено 6 337 рабочих. Следует отметить, что наибольшую прибыль идет от свеклосахарных (635970 руб.) и суконных (447721 руб.) заводов. (см. табл. 2)

**Таблица 2.**

**Сравнительная характеристика фабрик и заводов 1850-го года по их количеству и сумме производства товара на основе книги «Военно-статистическое обозрение Российской империи. Волынская губерния»**

№ п/п	Рейтинг фабрик та заводів по їх кількості(шт.), 1850 р.		Рейтинг фабрик та заводів по сумі виробництва товару (руб.), 1850 р.	
1	Кожевенных	96	Свеклосахарных	635 970
2	Суконных	87	Суконных	447 721
3	Железо-плавных	58	Кожевенных	79 631
4	Кирпичных	54	Бумажных	47 785
5	Поташных	22	Кирпичных	37 447
6	Свечкосальных	21	Поташных	33 641
7	Стекланных	20	Свечкосальных	32 243
8	Свеклосахарных	10	Стекланных	18 190
9	Известковых	10	Чугунных	18 070
10	Экипажных	9	Фарфорных	16 000
11	Другие	53	Другие	100 011
	Всего	440	Всего	1 448 519

По обработанным сведениям из книги Братчикова А. «Материалы для исследования Волынской губернии» [3], стало известно, что в 1868 году в Волынской губернии насчитывалось 426 промышленных предприятий, из них: кожаных — 108, пивоваренных — 44, винокуренных — 43, кирпичных — 39, свечных — 31, известковых — 30, мукомольных — 24, маслобойных — 17, суконных — 16, табачных — 13 и др.

По данным книги «Памятная книжка Волынской губернии на 1886 г.» [13], в 1884 году насчитывалось 866 фабрик и заводов на сумму выработки в 14 млн. руб. и работало 12585 рабочих (см. табл. 3).

По подсчетам, сделанным на основе книги П.А. Орлов «Указатель фабрик и заводов Европейской России и Царства Польского» [12], в 1887 году в Волынской губернии насчитано 806 промышленных предприятий, из которых кожаных — 166, смоляных, дегтярные, скипидарных — 123, винокуренных — 101, кирпичных — 79, пивоваренных — 73, суконных — 37, свечносальных и мыловаренных — 37, стеклянных — 28, маслобойных — 27, известковых — 23 и других фабрик и заводов с общей суммой произведенной продукции на 18,9 млн. руб., на которых работало уже более 10 тысяч рабочих. Лидерами по производству товаров были винокуренные предприятия (7,8 млн. руб.), свеклосахарные (5,3 млн. руб.) и сахаро-рафинадные предприятия (2,6 млн. руб.). В число фабрик и заводов не вошли мельницы, которых в 1884 году считалось 3334, из них 40 паровых [8].

Более 2/3 промышленных предприятий Волынской губернии были мелкими, с небольшим количеством работающих и незначительным объемом производства. Многие предприятия располагались в селах. Произведенный товар большей части фабрик и заводов Волынской губернии сбывается на месте, или в ближайших городах Волынской губернии [3].

*Таблица 3.*

**Сравнительная характеристика фабрик и заводов 1884 года по их количеству и сумме производства товара на основе книги «Памятная книжка Волынской губернии на 1886 год»**

№ п/п	Рейтинг фабрик и заводов по их количеству (шт.), 1884 р.		Рейтинг фабрик и заводов по сумме произведенного товара (руб.), 1884 р.	
1	Кожевенные	188	Сахарные	7 959 381
2	Смоляные	132	Винокуренные	3 414 833
3	Винокуренные	108	Лесопильные	381 119
4	Кирпичные	80	Писче-бумажные	332 500
5	Пивоваренные	59	Табачные	227 733
6	Суконные	37	Смоляные	185 050
7	Маслобойные	37	Кожевенные	178 259
8	Свечные	27	Суконные	166 280
9	Стеклянные	25	Стеклянные	151 945
10	Известковые	22	Железные	148 649
11	Другие	151	Другие	856 503
	<b>Всего</b>	<b>866</b>	<b>Всего</b>	<b>14 002 252</b>

По данным статистического обзора, опубликованного в книге Оксенюк Р.Н. «Очерки истории Волыни. 1861—1939 гг.», в 1900 г. в Волынской губернии насчитывалось 1823 предприятия, доходы которых достигли 22 357 тыс. руб. Одновременно с ростом предприятий происходила концентрация производства и рабочей силы. С 1901 по 1911 гг. количество предприятий увеличилось до 1728, а численность рабочих — более чем 23 тыс. чел. Выпуск промышленной продукции вырос на 84,6%. Крупнейшими предприятиями в Волынской губернии в настоящее время были 16 сахарных заводов, 17 заводов по производству стекла и 9 заводов фарфора, 26 суконных фабрик. Заметное место в промышленном производстве занимали винокуренные, табачные и бумажные предприятия, фабрики по обработке кожи, кирпичные заводы. Большинство из них были мелкими и располагались в сельской местности [9, с. 39, 1, с. 42, 11, с. 31]. Торгово-промышленного характера приобрело хмелеводство. Волынь стала одним из основных производителей хмеля в стране, производством которого в основном занимались чехи-переселенцы.

Можно утверждать, что промышленный переворот совершил значительное влияние на развитие промышленности на Волыни. С начала XIX века до начала XX века промышленных предприятий увеличилось в 54 раза (с 32 до 1728 шт.), а численность рабочих — в 76 раз (с 331 до 25 519 человек). Однако Волынь оставалась аграрной губернией, в которой по переписи 1897 г. сельское население составляло 92,2 %.

Основными факторами развития промышленности стали технический прогресс, реформы второй половины XIX в., особенно отмена крепостного права 1861 г., формирования новых путей сообщения (шоссейных дорог, железных дорог). Это способствовало появлению новых городских поселений, а также быстрому развитию уже существующих. Земледелие и скотоводство неизменно оставались главными занятиями жителей Волыни. Наиболее успешно выращивали зерновые культуры (пшеницу, рожь), а также технические — сахарная свекла, хмель, табак. Крупнейшими предприятиями в губернии были сахарные и рафинадные заводы, мукомольные предприятия, винокуренные и пивоваренные заводы.

Конец XVIII в. и первая половина XIX в. характеризовалась использованием крепостных как рабочей силы, значительно замедляло развитие промышленности. К тому же большинство фабрик и заводов работало на нужды государства. А во второй половине XIX и в начале XX веков основной рабочей силой стали вольнонаемные рабочие, особенно после крестьянской реформы 1961. Хотя темпы развития экономики Волынской губернии были достаточно высокими, однако

більшість фабрик і заводів по об'ємам виробництва і кількості робочих були невеликими і задовольняли лише місцеві потреби. В той же час значительна кількість населення продовжувало займатися ремісничою діяльністю.

### Список літератури:

1. Андрухов П. Волинська земля /хроніка-джерело-постаті/. — Сокаль, 1992.
2. Архитектура України на рубежі ХІХ—ХХ століть / В.Е. Ясевич. — К.: Будивельник, 1988.— 184 с.
3. Братчиков А. Матеріали для дослідження волинської губернії в статистичному, етнографічному, сільсько-господарському і інших відношеннях. Вип. 2. — Житомир, Типографія Губернського Управління, 1869.
4. Буравський О.А. Поляки Волині у другій половині ХІХ — на початку ХХ ст. — Житомир: Вид-во ЖДУ, 2004. — 168 с.; іл.
5. Ведомость о мануфактурах в России за 1812 год. — Санктпетербург, 1814. — 174 с.
6. Военно-статистическое обозрение Российской империи. Том Х. Часть 3. Волинская губерния. — Санктпетербург, 1850. — 32 с.
7. Дорошук С. Особливості промислового розвитку Волині у міжвоєнний період// науковий історико-філософський журнал "Університет". № 1. — К.: Київський славістичний університет, 2010. — с. 88—94.
8. Забелин А. Военно-статистическое обозрение Волинской губернии. Ч. 1. — К., 1887. — 305 с.
9. Історія Волині: з найдавніших часів до наших днів. — Львів: Вища школа, 1988 р. — 239 с.
10. Оглоблин А.П. Очерки истории украинской фабрики. Предкапиталистическая фабрика. — К., 1925.
11. Оксенюк Р.Н. Нариси історії Волині. 1861—1939. — Львів: видавництво львівського університету, 1970.
12. Орлов П.А. Указатель фабрик и заводов Европейской России с Царством Польским. — СПб., 1881. — 753 с.
13. Памятная книжка Волинської губернії на 1886 г. Издание Губернского статистического комитета / под ред. Секретаря Комитета И.Ф. Мацкевича. — Житомир, Типографія Губернского Правління, 1885.
14. Прищеп Б.А. Історичне краєзнавство Волині: Навчальний посібник /Б.А. Прищеп, О.П. Прищеп. — Рівне: ПП ДМ, 2008. — 352 с; іл.
15. Прищеп О.П. Міста Волині в другій половині ХІХ — на початку ХХ ст. — Рівне: [б. и.], 2010. — 285 с. : карти, табл., фото. — Б. ц.
16. Прищеп О.П. Правові та економічні аспекти розвитку приватно-власницьких міст Волині у другій половині ХІХ — на початку ХХ ст./ Проблеми історії України ХІХ — початку ХХ ст. 36. наук. праць. Вип. 5. — Київ., Ін-т історії України НАН України, 2002 р. — 210 с.

## СЕКЦИЯ 9.

### ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ И СТРОЕНИЕ ПИВАЛОИЛПИРОВОИНОГРАДНОЙ КИСЛОТЫ

*Козьминых Владислав Олегович*

*зав. кафедрой химии, д-р хим. наук, профессор Пермского  
государственного гуманитарно-педагогического университета,  
г. Пермь*

*E-mail: [kvoncstu@yahoo.com](mailto:kvoncstu@yahoo.com)*

#### DETAILS OF CHEMICAL TECHNOLOGY AND STRUCTURE OF PIVALOYLPIRUVIC ACID

*Kozminykh Vladislav*

*Head of the Chemical Department, Doctor of Chemical Sciences,  
Professor of Perm State Humanistic Pedagogical University, Perm*

*Исследование выполнено в рамках проекта 1.3.09 Федерального  
агентства по образованию Российской Федерации на 2011—2013 гг.*

#### АННОТАЦИЯ

Разработаны химико-технологические особенности получения и изучены детали строения пивалоилпировиноградной (2-гидрокси-5,5-диметил-4-оксо-2-гексеновой) кислоты.

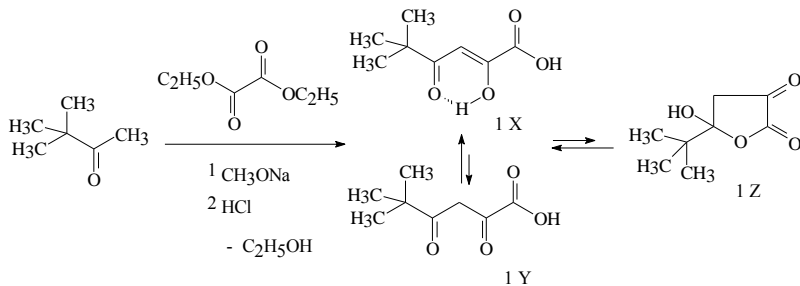
#### ABSTRACT

Chemical technology peculiarities for the synthesis of pivaloylpyruvic (5,5-dimethyl-2-hydroxy-4-oxo-2-hexenoic) acid are worked out and details of its structure are studied.

**Ключевые слова:** пивалоилпировиноградная (2-гидрокси-5,5-диметил-4-оксо-2-гексеновая) кислота; получение; строение.

**Key words:** pivaloylpyruvic (5,5-dimethyl-2-hydroxy-4-oxo-2-hexenoic) acid; synthesis; structure.

Пивалоилпировиноградная (2-гидрокси-5,5-диметил-4-оксо-2-гексеновая) кислота (**1**) и её производные успешно используются в органическом синтезе [1—5]. Разработаны технологические особенности получения и изучены детали строения кислоты (**1**) (рис. 1).



**Рисунок 1. Синтез и строение пивалоилпировиноградной кислоты (1)**

**Получение пивалоилпировиноградной кислоты (1).** К 100 мл абсолютного метанола прибавляют порциями 9,2 г (0,4 моля) натрия (примечание 1), затем метанол отгоняют и к сухому метилату натрия добавляют 150 мл абсолютного диэтилового эфира. При охлаждении и перемешивании к суспензии прибавляют по каплям смесь 29,2 г (0,2 моля) диэтилоксалата и 40,0 г (0,4 моля) пинаколиина. На следующий день к осадку натриевого енолята добавляют при перемешивании 40 мл горячей воды и порциями концентрированную соляную кислоту до кислой реакции среды (pH 3—4). Растворитель упаривают, сухой остаток перекристаллизовывают из тетрахлорметана, смесей толуол-гексан (1:1) или бензол-гексан (2:1). Получают бесцветные игольчатые кристаллы кислоты (**1**) (примечание 2). Выход 24,6 г (71 %). Т. пл. 55—56°C (лит.: 60°C [9, 11], 64°C [12]). ИК спектр ( $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ): 3455—3510 ( $\text{COOH}$ ), 1675—1708 ( $\text{COOH}$ ), 1615—1622, 1580—1590 ( $\text{C}=\text{O}_{\text{хелат}}$ ), 1458, 1372, 1293, 1257, 1138, 1115 (примечание 3). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ,  $\delta$ , м.д.): 1,20 с (9 H, 3  $\text{CH}_3$ ), 6,62 с (1H, CH, 100 % формы **1X**). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{DMCO-d}_6$ ,  $\delta$ , м.д.): 1,02 с (9 H, 3  $\text{CH}_3$ , минорная таутомерная форма **1Z**, 5 %); 1,08 с (9 H, 3  $\text{CH}_3$ , форма **1Y**, 24 %); 1,17 с (9 H, 3  $\text{CH}_3$ , форма **1X**, 71 %); 2,90, 3,38 два д (2 H,  $\text{CH}_2$ ,

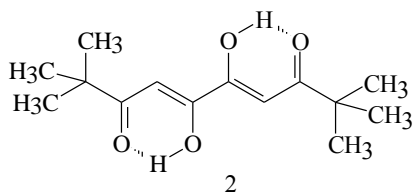


форма **1Z**); 4,06 с (1 Н, CH<sub>2</sub>, форма **1Y**); 5,42 с (1 Н, ОН, форма **1Z**); 6,50 с (1 Н, СН, форма **1X**), 13,90—14,30 уш. с (2 Н, 2 ОН в COOH, формы **1X** и **1Y**). Масс-спектр, m/z (I, %), приведены пики ионов с I > 5 %: 172 (30) M<sup>+</sup>, 144 (20) M — CO<sup>+</sup> или (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>C-COCH<sub>2</sub>COOH<sup>+</sup>, 128 (8) M — CO<sub>2</sub><sup>+</sup>, 127 (81) M — CO<sub>2</sub> — H<sup>+</sup> или (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>C-COCH<sub>2</sub>-C≡O<sup>+</sup>, 116 (34) M — 2 CO<sup>+</sup>, 115 (8), 111 (8), 88 (21), 83 (12), 69 (40) O=C-CH=C=O<sup>+</sup>, 60 (5), 57 (100) (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CH-CH<sub>2</sub><sup>+</sup>, 55 (11), 45 (13), 44 (20), 43 (62), 42 (21), 41 (57), 40 (32), 39 (25). C<sub>8</sub>H<sub>12</sub>O<sub>4</sub>. Мол. Масса 172,18.

#### Примечания

1. Метанол перед использованием перегоняют, предварительно растворив в 100 мл 3—4 г натрия. Метилат натрия берут в двукратном избытке для предотвращения образования метилового эфира пивалоилпировиноградной кислоты [11], так как хорошо известно, что при избытке основания в результате конденсации Клайзена образуются именно ацилпировиноградные кислоты, а не их эфиры [8, 10].

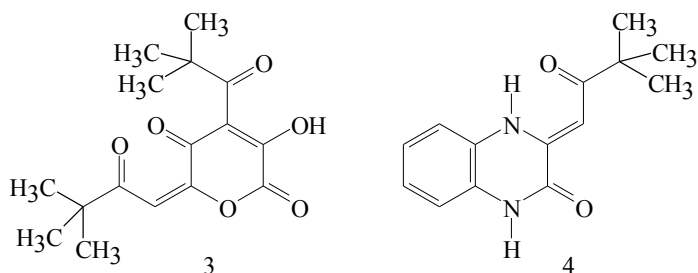
2. Из фильтрата после кристаллизации пивалоилпировиноградной кислоты (**1**) выделен также 5,6-дигидрокси-2,2,9,9-тетраметил-4,6-декадиен-3,8-дион (**2**) (рис. 2), выход 1,30 г (2 %), т. пл. 85-86 °С (из этанола) (лит.: 98°С [7]). ИК спектр (ν, см<sup>-1</sup>): 1605, 1580—1545 (C=O<sub>хелат.</sub>, C=C), 1530, 1458. Спектры ЯМР <sup>1</sup>H тетракетона (**2**) (в CDCl<sub>3</sub> и DMSO-d<sub>6</sub>) приведены в работе [13]. C<sub>14</sub>H<sub>22</sub>O<sub>4</sub>. Мол. масса 254,32.



**Рисунок 2. Структура 5,6-дигидрокси-2,2,9,9-тетраметил-4,6-декадиен-3,8-диона (2)**

Нерастворившийся после кристаллизации остаток (19,6 г) с т. пл. > 300°С (разл.) представляет собой побочно образующийся инертный по отношению к кислотам 4-пивалоил-6-пивалоилметил-3-гидрокси-2,5-пирандион (**3**). Соединение (**3**) при действии *o*-фенилендиамина легко образует хорошо кристаллизующийся 3-

пивалоилметилен-1*H*-3,4-дигидро-2-хиноксалон (**4**) (рис. 4) подобно аналогичной реакции с пивалоилпировиноградной кислотой [2].



**Рисунок 3. Структуры 4-пивалоил-6-пивалоилметилен-3-гидрокси-2,5-пирандиона (3) и 3-пивалоилметилен-1*H*-3,4-дигидро-2-хиноксалона (4)**

При проведении конденсации с эквимолярным соотношением диэтилоксалата и пинаколина (по 0,05 молей) без отгонки метанола от метилата натрия и без добавления к метилату эфира (реакция в метаноле) выход пивалоилпировиноградной кислоты незначительно снижается — до 67 %.

Пивалоилпировиноградная кислота (**1**) даёт характерное тёмно-красное окрашивание в цветной пробе на енольный гидроксил [6] с 10 % спиртовым раствором хлорида железа(III). *Другие методы получения.* Пивалоилпировиноградная кислота (**1**) была также получена мягким гидролизом её этилового эфира в основной среде [9, 11, 12].

3. В кристаллах и растворе хлороформа пивалоилпировиноградная кислота (**1**) существует полностью в енольной форме (**1X**). В растворе ДМСО появляются ещё две минорные таутомерные формы: цепная  $\beta$ -дикетонная (**1Y**) и кольчатая 2,3-диоксофурановая (**1Z**).

## Список литературы:

1. Березина Е.С., Козьминых В.О., Игидов Н.М., Ширинкина С.С., Козьминых Е.Н., Махмудов Р.Р., Буканова Е.В. Амиды и гидразиды ацилпировиноградных кислот. VIII. Синтез амидов пивалоилпировиноградной кислоты и их взаимодействие с бензиламином и ариламинами // Журнал органической химии. — 2001. — Т. 37. — № 4. — С. 574—581.
2. Козьминых В.О., Гончаров В.И., Козьминых Е.Н. Простой метод получения 3-[оксо(цикло)алкил(иден)]производных хиноксалин-2(1H)-она // Журнал органической химии. — 2006. — Т. 42. — № 11. — С. 1727—1730.
3. Козьминых В.О., Гончаров В.И., Козьминых Е.Н., Оборин Д.Б. Реакции пивалоилпировиноградной кислоты с ацилгидразинами в синтезе пиразолинкарбоновых кислот // Химия гетероциклических соединений. — 2006. — № 5 (467). — С. 792—794.
4. Козьминых В.О., Игидов Н.М., Березина Е.С., Козьминых Е.Н., Касаткина Ю.С. Пивалоилпировиноградная кислота — новый реагент для ацилирования аминов // Известия Академии Наук. Серия химическая. — 2000. — № 9. — С. 1564—1568.
5. Козьминых В.О., Игидов Н.М., Зыкова С.С., Колла В.Э., Шуклина Н.С., Одегова Т.Ф. Синтез и фармакологическая активность 3-гидрокси-1,5-диарил-4-пивалоил-2,5-дигидро-2-пирролонов // Химико-фармацевтический журнал. — 2002. — Т. 36. — № 4. — С. 23—26.
6. Шрайнер Р., Фьюзон Р., Кёртин Д., Моррилл Т. Идентификация органических соединений. — Москва: изд-во «Мир», 1983. — С. 405.
7. Balenović K., Deljac A., Gašpert B., Štefanac Z. Reaktion der  $\alpha,\gamma,\delta,\xi$ -Tetraketone mit Selentetrachlorid und Schwefeldichlorid. Synthese von 2,5-Diacyl-3,4-dihydroxy-selenophenen und -thiophenen // Monatsh. Chem. — 1967. — Bd 98. — № 4. — S. 1344—1351.
8. Beilsteins Handbuch der Organischen Chemie. Vierte Auflage. Die Literatur bis 1. Januar 1910 umfassend. Isocyclische Oxy-carbonsäuren und oxo-carbonsäuren. — Berlin, 1927. — Bd 10. — S. 814.
9. Beilstein Handbuch der Organischen Chemie. Vierte Auflage. Erstes Ergänzungswerk. Die Literatur von 1910—1919 umfassend. — Berlin, 1929. — Bd III. — S. 264.
10. Brömme E., Claisen L. Über die Einwirkung des Oxaläthers auf Acetophenon // Ber. Deutsch. Chem. Ges. — 1888. — Bd 21. — S. 1131—1135.
11. Couturier F. Kondensation des Pinakolins mit Estern // C. r. Acad. sci. — 1910. — Vol. 150. — № 4. — P. 928—930.
12. Meister A., Greenstein J.P. Enzymic hydrolysis of 2,4-diketo acids // J. Biol. Chem. — 1948. — Vol. 175. — P. 573—588.
13. Poje M., Balenović K. 3(2H)-Furanone derivatives. Ring-chain tautomerism in the 1,3,4,6-tetraketone series // J. Heterocycl. Chem. — 1979. — Vol. 16. — № 3. — P. 417—420.

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД КРАСИЛЬНО-ОТДЕЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Мустафанова Гульнар Карибаевна*

*канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Водные ресурсы  
и мелиорация» Казахского национального аграрного университета,  
г. Алматы, Казахстан  
E-mail: [gulnar1010@mail.ru](mailto:gulnar1010@mail.ru)*

*Бестереков Уйлесбек*

*д-р техн. наук, профессор кафедры «Химическая технология  
неорганических веществ» Южно-Казахстанского государственного  
университета имени М. Ауезова, г. Шымкент, Казахстан  
E-mail: [besterek\\_80@mail.ru](mailto:besterek_80@mail.ru)*

## **DEVELOPMENT OF WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGIES DYEING AND FINISHING OF TEXTILES**

*Gulnar Mustafanova*

*Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department  
of "Water resource and melioration" Kazakh National Agrarian University,  
Almaty, Kazakhstan*

*Uilesbek Besterekov*

*The department "Chemical technology of inorganic substances",  
Doctor of Technical Sciences, Professor of M.Auezov South Kazakhstan  
State University, Shymkent, Kazakhstan*

### **АННОТАЦИЯ**

Целью работы является разработка экологичной технологии мембранной очистки сточных вод красильно-отделочного производства. Разработанные мембранные технологии достаточно высокой степени экологичны, т.к. позволяют повторно использовать ценные компоненты сточных вод. В результате прекращения сброса загрязненной воды в канализационную сеть одновременно достигается максимально возможная эколого-экономическая эффективность процесса крашения.

## ABSTRACT

The aim is to develop green technology membrane wastewater dyeing and finishing production. Membrane technology developed sufficiently high environmentally friendly because allow re-use of valuable components of the wastewater. As a result of the termination of discharge of polluted water into the sewage network at the same time achieve the highest possible environmental and economic efficiency of the dyeing process.

**Ключевые слова:** мембранная технология; полупроницаемые мембраны; разделительная ячейка; красильные растворы; концентрат; пермеат.

**Keywords:** membrane technology; semipermeable membrane; separation cell; dye solutions; concentrate; permeate.

Защита окружающей среды от загрязнения токсичными выбросами промышленных предприятий и переработка их отходов в ценный продукт — актуальная проблема современной науки и технологии и важная народно-хозяйственная экологическая задача, т. к. технологические процессы, традиционно используемые для очистки производственных сточных вод, не удовлетворяют требованиям охраны окружающей среды. Научный прогноз экологических процессов свидетельствует о необходимости создания модифицированной технологии очистки сточных вод, обеспечивающей значительно более глубокое удаление загрязнений и надежную защиту окружающей среды по сравнению с технологическими процессами, традиционно используемыми для этой цели [1, 6].

Для того, чтобы противостоять растущим экологическим угрозам, государства мирового сообщества все больше используют нормативные документы ООН-органа, обладающего широким мандатом и достаточным членством для принятия решений по проблемам окружающей среды. В основополагающих документах ООН и Республики Казахстан указывается на необходимость принятия срочных мер по снижению загрязнения окружающей природной среды путем экологизации всех видов производств.

В этой связи применение мембранных методов разделения, являющегося универсальным, экологически чистым и высокоэффективным, весьма перспективно, т. к. данная технология обладает рядом преимуществ [2].

За последние десятилетия мембранные методы разделения интенсивно развиваются и реализуются в самых различных сферах деятельности человека. Особенно широко эти методы используются для опреснения соленых и очистки сточных вод. Так, в 1980 году

более половины всей опресненной воды на земле получали мембранными методами, причем производительность некоторых мембранных установок достигала нескольких десятков тысяч кубических метров опресненной воды в сутки [3].

Весьма перспективно применение полупроницаемых мембран для аналитических целей и контроля окружающей среды (за содержанием в воде и воздухе различных загрязнений), при освоении космоса и вод мирового океана.

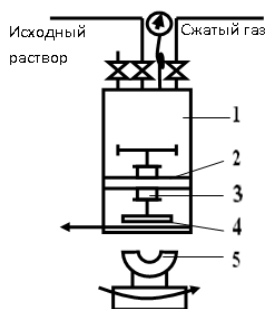
В данной работе разработаны основы мембранной технологии очистки сточных вод красильно-отделочных производств [4].

Процессы мембранного разделения отработанных красильных растворов изучались на двух установках различного назначения:

1. со статическим давлением и перемешиванием раствора в аппарате для изучения гидродинамических условий на характеристики разделения;

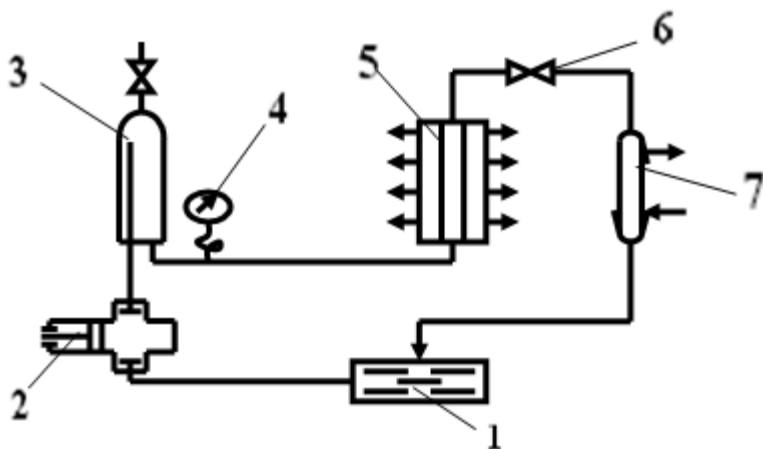
2. проточного типа с регулируемой высотой канала и поверхностью мембран — для исследования процесса очистки сточных вод от красителей на мембранах разного типа при различных скоростях потока над мембраной.

Схема установки со статическим давлением и перемешиванием раствора показана на рисунке 1. Давление в рабочей емкости 1 создается с помощью сжатого инертного газа (азота). Перемешивание жидкости осуществляется мешалкой 4, которая крепится внутри рабочей емкости с помощью распорного кольца 2 и втулки 3 таким образом, чтобы мешалка располагалась близко к поверхности мембраны. Давление контролируется манометром 6.



**Рисунок 1. Схема установки со статическим давлением и перемешиванием раствора: 1 — рабочая емкость; 2 — распорное кольцо; 3 — втулка; 4 — мешалка; 5 — магнитная мешалка; 6 — манометр**

Схема установки с циркуляцией исходного раствора представлена на рисунке 2.



**Рисунок 2. Схема установки с циркуляцией исходного раствора**  
**1 — емкость для исходного раствора; 2 — плунжерный насос;**  
**3 — гидроаккумулятор; 4 — манометр; 5 — фильтрующий**  
**элемент; 6 — вентиль регулирующий; 7 — теплообменник**

Исходный раствор из емкости 1 подается плунжерным насосом через гидроаккумулятор 3 в фильтрующий элемент 5. Концентрат через теплообменник 7 возвращается в емкость 1. Пермеат (фильтрат) собирается в мерные цилиндры. Рабочее давление в разделительном элементе контролируется манометром 4 и поддерживается постоянным с помощью вентиля 6.

Конструкция фильтрующего элемента позволяет проводить исследование процесса разделения в условиях, моделирующих работу реальных промышленных аппаратов при давлении 0—0,5 МПа (0-5 кгс/см<sup>2</sup>), скорости движения исследуемого раствора 0—2,5 м/с, высоте межмембранного канала 0—5·10<sup>-3</sup>. Элемент сконструирован таким образом, что имеется возможность отбирать пробы пермеата по зонам. При изготовлении каждая зона выфрезирована отдельно и ограничивается перегородкой. Высота межмембранного канала регулируется подбором прокладки определенной толщины и силой стяжки болтов.

Для проведения опытов использовались отечественные марки мембран производства НПО «Полимерсинтеза» (г. Владимир): ацетатцеллюлозные МГА-95 — для обратного осмоса; ацетатцеллюлозные

УАМ-50, УАМ-100, УАМ-200, полиамидные УПМ-50М, УПМ-100, УПМ-200, УПМ-500 — для ультрафильтрации. Паспортные данные исследованных мембран представлены в таблице 1.

*Таблица 1.*

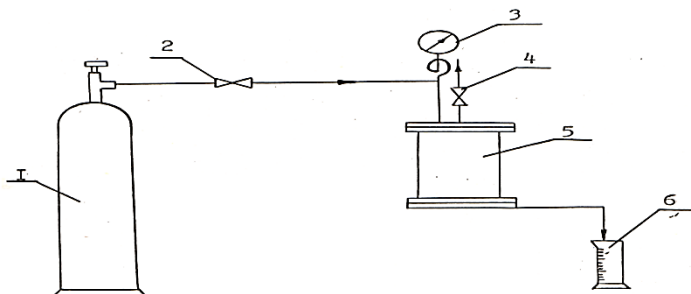
**Характеристика мембранных материалов**

№ пп	Вид полимера	Марка мембраны	Средний диаметр пор, нм.	Удельная производительность по дистиллированной воде, л/м <sup>2</sup> ·ч
1	Ацетат-целлюлоза	МГА-95	< 2,5	15 ÷ 18 (P=0,5 МПа)
2	»	УАМ-50	5 ± 2,5	1,26 ÷ 5,4 (P=0,15 МПа)
3	»	УАМ-100	10 ± 2,5	6 ÷ 16,2 (P=0,15 МПа)
4	»	УАМ-200	20 ± 2,5	33,6 ÷ 57 (P=0,15 МПа)
5	полиамид	УПМ-50М	50 ± 5,0	450 ÷ 500 (P=0,1 МПа)
6	»	УПМ-100	75 ± 7,5	1100 ÷ 1300 (P=0,1 МПа)
7	»	УПМ-200	100 ± 10	1700 ÷ 1900 (P=0,1 МПа)
8	»	УПМ-500	150 ± 15	5000 ÷ 6000 (P=0,1 МПа)
9	»	МФ	30-40	

В ряду указанных мембран материалы № 5—8 представляют собой новое поколение ультрафильтрационных мембран из ароматического полиамида, отличающиеся высокой пористостью, порядка 90—95 %, и механической прочностью за счет использования подложек из лавсана и полипропилена. Указанные мембраны пригодны для эксплуатации в агрессивных средах с рН от 1 до 13 и при температурах не выше 150<sup>0</sup>С. отличительной особенностью полиамидных мембран является высокая водопроницаемость при относительно малых размерах пор.

Лабораторные исследования проводились на лабораторной установке в соответствии с рисунком 3. Перед началом эксперимента проводилось уплотнение ультрафильтрационных мембран в течение двух часов давлением, превышающем рабочее в 1,25—1,5 раза, после чего определялась водопроницаемость. В ходе эксперимента периодически контролировалась проницаемость всех мембран по дистиллированной воде. Как правило, она оставалась постоянной.





**Рисунок 3. Схема лабораторной установки: 1 — баллон со сжатым азотом; 2 — вентиль тонкой регулировки; 3 — манометр образцовый; 4 — воздушник; 5 — разделительная ячейка; 6 — мерный цилиндр**

Во время экспериментов измеряли следующие параметры:

- объем, концентрацию пермеата и концентрата;
- производительность по пермеату и воде;
- давление и температуру в системе.

Объем растворов измеряли мерным цилиндром с точностью 0,5 %, давление — образцовым манометром типа МО с классом точности не ниже 0,4, температуру — ртутным термометром. Концентрацию красителя и хрома (III) в исходных сточных водах определяли по отраслевому сборнику методик проведения химического анализа веществ [5]. Для определения концентрации красителя в очищенной воде (пермеата) применялся фотоколориметрический метод, а содержание хрома определяли на хроматографе «Хром-4». При построении таблиц и графиков использовали средние значения, полученные в нескольких параллельных опытах. Расчет основных показателей процесса разделения — селективности и проницаемости рассчитывали по формулам:

$$\varphi = \frac{C_0 - C_\phi}{C_0} \cdot 100$$

где:  $\varphi$  — селективность мембраны, %;

$C_0, C_\phi$  — соответственно концентрация компонента в исходном растворе и фильтрате (пермеате), мг/л.

$$G = \frac{V}{F \cdot t}$$

где: G — проницаемость мембраны, л/м<sup>2</sup>\*ч;  
 V — объем фильтрата (пермеата), л;  
 F — площадь рабочей поверхности, м<sup>2</sup>;  
 t — время фильтрования, ч.

С целью выработки решений по организации локальной схемы очистки воды мембранными методами было проведено предварительное изучение количества и качества образующихся сточных вод в красильном цехе. Установлено, что крашение изделий производится прямыми, дисперсными красителями и их смесью в различных количественных сочетаниях. При крашении изделий используются также некоторые вспомогательные вещества, например, хлорид натрия и ПАВ. После проведения процесса крашения осуществляется сброс отработанных красильных растворов в канализацию и далее на городские очистные сооружения. При этом сброс отработанных растворов производится с одновременной подачей промывной воды в красильные баки. Процесс промывки осуществляется в течение 1—1,5 часов с бъемным расходом промывной воды порядка 50—60 м<sup>3</sup>/ч. При этом происходит разбавление красильных растворов и снижение концентрации красителей до 200—300 мг/л. Общее количество сточных вод, образующихся в красильном цехе составляет около 3000 м<sup>3</sup>/сутки.

Для проведения лабораторных исследований были отобраны 3 пробы сточной воды при сбросе отработанных красильных растворов в период первой промывки. Данные по количественной характеристике применяемых красителей, а также по фоновому содержанию других примесей приведены в таблице 3.

Как видно из приведенных данных концентрация красящих веществ в отработанных растворах может изменяться в относительно широких пределах от 0,5 до 2,6 г/л и зависит от технологических показателей выбираемости красителя, а также от продолжительности и интенсивности промывки полотна. Содержание остальных примесей неорганической формы находится в пределах фонового содержания, за исключением ионов натрия и хлора, концентрация которых задается искусственно.

Таблица 2.

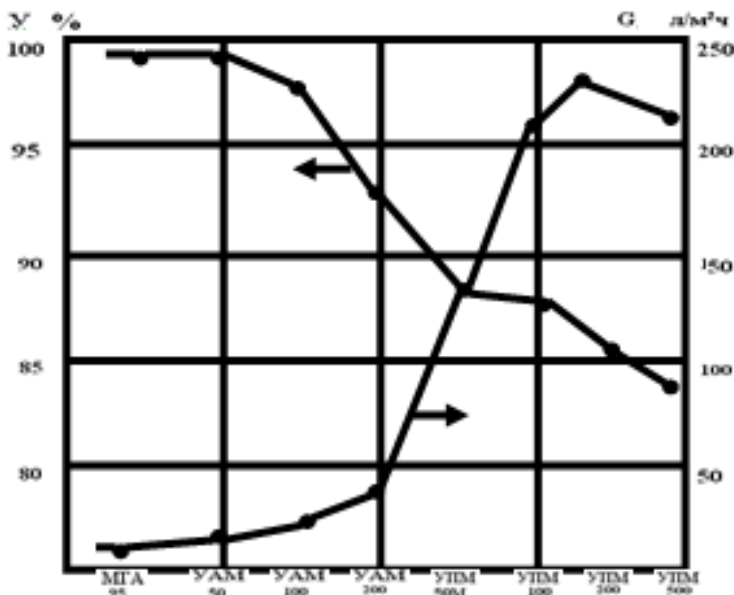
**Данные химического анализа состава отработанных  
красильных растворов**

	№ проб		
	1	2	3
<b>Тип и количество используемого красителя</b>	<b>Прямой черный У-26 кг. Прямой коричневый 2КХ — 1,8 кг. Вес полотна — 900 кг.</b>	<b>Дисперсный синий ПФФ — 3,6 кг, дисперсный фиолетовый К — 0,9 кг. Вес полотна — 180 кг.</b>	<b>Прямой черный У- 5,6 кг. Прямой коричневый 2КХ — 0,3 кг. Дисперсный темнокоричневый ПЭ-2,4 кг. Дисперсный синий ПЭ-1 кг. Вес полотна — 170 кг.</b>
Объем красильного раствора, м <sup>3</sup> .	7,0	2,8	3,0
Анализируемые компоненты, мг/л:			
1) pH	8,6	8,5	8,3
2) Взвешенные вещества	1512	282	179
3) Красители	2645	937	539
4) Ca <sup>2+</sup>	68	63,7	35,6
5) Mg <sup>2+</sup>	18	7,59	10,2
6) Fe <sup>3+</sup>	0,2	0,12	0,15
7) Na <sup>+</sup>	2800	48	298
8) SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	610	112	214
9) Cl <sup>-</sup>	4260	73,5	453
10) Сухой остаток	14998	1012	1288

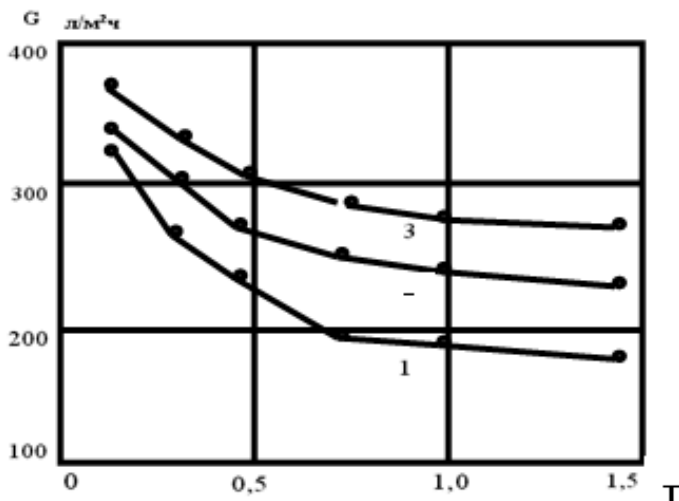
Характеристики использованных типов мембран приведены в таблице 1. Рабочее давление выбиралось в соответствии с паспортными данными мембран по их эксплуатации и составило: для обратноосмотических мембран марки МГА-95 — 6,0 МПа (60 кгс/см<sup>2</sup>); для ультрафильтрационных мембран марки УАМ-50 — 1,2 МПа (12 кгс/см<sup>2</sup>); марок УАМ-100 и УАМ-200 — 0,5 МПа (5 кгс/см<sup>2</sup>); марок УПМ-50, УПМ-100, УПМ-500 — 0,35 МПа (3,5 кгс/см<sup>2</sup>).

В качестве объекта исследований использовался отработанный красильный раствор № 3. Полученные экспериментальные данные приведены на рисунке 4.

Установлено, что более плотные мембраны (МГА-95, УАМ-50, УАМ-100) обладают высокой задерживающей способностью по красителям. При этом селективность процесса составила более 97 %. Однако, проницаемость указанных марок мембран была на низком уровне и составила 8—12 л/м<sup>2</sup>\*ч. С применением мембран марок УПМ удается повысить удельную производительность процесса на 1—2 порядка. При этом проницаемость в ряду мембран УАМ-200 — УПМ-50М — УПМ-100 — УПМ-200 возрастает практически линейно, и это сопровождается уменьшением селективности от 92 до 82 %.



*Рисунок 4. Показатели процесса разделения на различных марках мембран (Красильный раствор № 3 — смешанный)*



**Рисунок 5.** Влияние скорости потока жидкости на производительность процесса разделения, Мембрана УПМ-100. Краситель № 3 — смешанный.  $P = 0,35$  МПа. 1—0,05 м/с; 2—0,3 м/с; 3—0,8 м/с

Как видно, использование марок мембран УПМ-500 или УПМ-100 обеспечивают удовлетворительную селективность при высоких удельных производительностях мембраны.

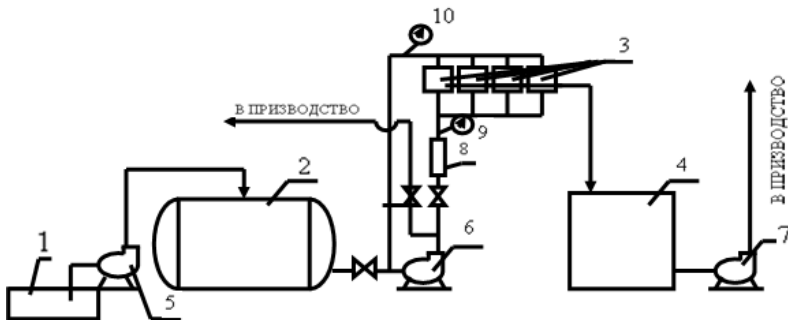
Использование проточных режимов разделения способствует снятию или уменьшению накопления растворенного вещества у поверхности мембраны и поддержанию производительности процесса на необходимом уровне. Данные по влиянию скорости потока в канале приведены на рисунке 5. Установлено, что увеличение скорости потока жидкости от 0,05 до 0,8 м/с приводит к возрастанию производительности процесса от 186 до 286  $\text{л/м}^2\cdot\text{ч}$ , а селективность процесса при этом остается постоянной. Поэтому процесс мембранного разделения растворов целесообразно осуществлять при скоростях в межмембранном канале 0,8—1,0 м/с.

Результаты проведенных экспериментальных исследований свидетельствуют о принципиальной возможности использования мембранных методов разделения для очистки и концентрирования отработанных красильных растворов. Установлено, что основные показатели мембранного разделения — проницаемость и селективность зависят от типа и материала использованной мембраны. Исходя

из технико-экономических соображений, предлагается к использованию в опытной установке ультрафильтрационных мембран марок УПМ-50М или УПМ-100. Использование этих мембран обеспечивает удовлетворительное задержание красителей при достаточно высоких показателях удельной производительности мембран.

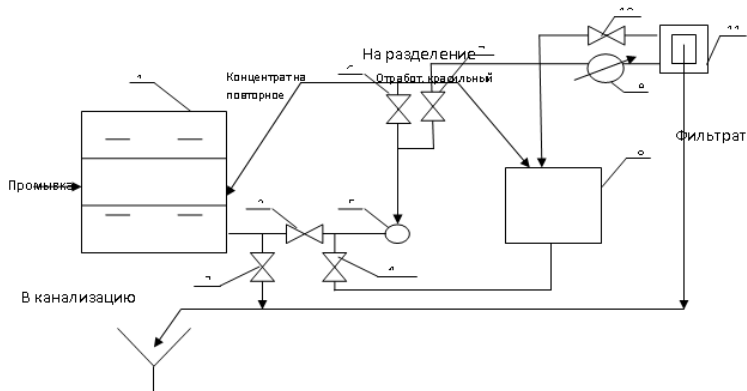
Производительность мембраны зависит также от типа используемых красителей. Увеличение производительности мембран может быть достигнуто путем осуществления процесса разделения в проточном режиме. На основе проведенных исследований для реальных условий мембранной очистки сточных вод от красителей рекомендуются аппараты плоскостороннего типа с узкими межмембранными каналами 1,5—2 мм, что обеспечивает оптимальную скорость потока в межмембранном канале.

На основе проведенных исследований предложена следующая технологическая схема мембранного разделения и повторного использования отработанных растворов красителей в соответствии с рисунком 6. Сточные воды от первой промывки преимущественно темного крашения самотеком поступают в приемок сточных вод (1) или непосредственно в приемную емкость (2). После сбора и усреднения разделяемый раствор подается на мембранную установку (3), где в процессе очистки происходит разделение общего потока на два — концентрат и пермеат (очищенная вода). В качестве разделительных модулей предлагается использование аппаратов типа фильтр-пресс марки АІ-ОУС, производства Ростовского-на-Дону ПО «Продмаш» с рабочей поверхностью фильтрования 7 м<sup>2</sup>. Циркуляция раствора в замкнутом контуре мембранный аппарат — приемная емкость осуществляется с помощью вихревого насоса марки ВК-4/24 (6). Рабочее давление в мембранном аппарате составляет 0,3—0,4 МПа и контролируется с помощью манометров (9,10). Расход раствора на один аппарат составляет не менее 10 м<sup>3</sup>/ч и контролируется расходомером (8). Процесс мембранного разделения заканчивается при достижении концентрации красителя в концентрате уровня, достаточного для его использования в повторном крашении. Пермеат самотеком собирается в отдельную промежуточную емкость (4) и используется повторно для приготовления новых порций красильных растворов или направляется на дополнительную очистку методом осаждения.



**Рисунок 6.** Схема опытно-промышленной установки мембранного разделения: 1 — прямок сточных вод; 2 — приемная емкость; 3 — мембранные модули; 4 — промежуточная емкость; 5—7 центробежные насосы; 8 — расходомер; 9,10 — манометры

Результаты лабораторных испытаний подвергались опытно-промышленной проверке в условиях АПТТО им. Дзержинского на установке, смонтированной согласно приведенной схеме в соответствии с рисунком 7.



**Рисунок 7.** Технологическая схема опытно-промышленной мембранной установки для очистки сточных вод от красителей: 1. Красильная барка. 2. Перепускной вентиль. 3. Дренажный вентиль. 4. Расходный вентиль. 5. Насос вихревой. 6. 7. Регулирующие вентили. 8. Сборник отработанного красильного раствора. 9. Манометр. 10. Запорный вентиль. 11. Мембранный аппарат А1-ОУС

Мембранное разделение осуществлялось следующим образом: Отработанный красильный раствор из красильной барки 1 непосредственно после процесса крашения вихревым насосом 5 перекачивается в сборник 8 при открытых вентилях 2,6 и закрытых 3,4,7. После заполнения емкости 8 насос 5 отключается, клапан 2 закрывается и при открытом дренажном клапане 3 начинается промывка полотна водой. Более концентрированная часть промывной воды направляется в приемную емкость 8, а разбавленная сбрасывается в канализацию. После окончания промывки клапан 3 закрывается и барка 1 готовится к следующему крашению. Во избежание забивания аппарата грубодисперсными примесями отработанные красильные растворы при отборе в сборник 8 пропускаются через мелкоячеистые сетки или сита. Сбор отработанного красильного раствора осуществляется из красильной барки непосредственно после окончания процесса крашения. Отобранный красильный раствор подвергался мембранному разделению путем циркуляции красильного раствора в замкнутом контуре: сборник 8 — вихревой насос 5 — мембранный аппарат 11 — сборник 8 при открытых вентилях 4,7. При этом рабочее давление в аппарате составляет 0,2—0,35 МПа и поддерживается с помощью запорного клапана 10. Контроль процесса разделения осуществляется манометром 9. Фильтрат из аппарата самотеком поступает в дренажную систему и отводится в канализацию. Процесс разделения осуществляется до уменьшения исходного объема раствора в 4 раза и более. После окончания процесса разделения мембранный аппарат 11 промывается технической водой в течение 3-5 мин. путем подачи воды на входной штуцер аппарата. Забор воды на промывку осуществляется из барки 1 с помощью насоса 5. Первоначальная концентрированная промывная вода направляется в сборник 8, последующие порции отводятся в канализацию.

Использованный на установке мембранный аппарат представлял собой плоскостной фильтр-пресс, с рабочей поверхностью фильтрования  $7 \text{ м}^2$ . Аппарат разработан во Всесоюзном научно-исследовательском и экспериментально-конструкторском институте продовольственного машиностроения и защищен авторским свидетельством СССР № 680220.

Рабочие технологические параметры разделения были следующие:

- рабочее давление в аппарате  $P=0,04 \text{ МПа}$  ( $0,4 \text{ кгс/см}^2$ );
- расход жидкости на аппарат  $Q=2 \text{ м}^3/\text{час}$ ;
- удельная производительность мембраны  $G=50\div 60 \text{ л/м}^2 \cdot \text{час}$ ;
- температура разделяемого раствора  $T=50\div 55^\circ\text{C}$ ;



- исходный объем разделяемого раствора  $V_{\text{исх.}}=1800$  л;
- конечный объем раствора (концентрата)  $V_{\text{кон.}}=400—500$  л.

Результаты опытных испытаний полностью подтвердили правильность выводов и заключений, сделанных на основе лабораторных исследований и оформлены в виде акта промышленных испытаний мембранной установки для очистки сточных вод красильного производства, где отмечается высокая экологическая эффективность разработки за счет прекращения сброса загрязненной высокотоксичными красильными веществами воды в канализационную сеть.

На основе результатов опытно-промышленных исследований составлены исходные данные для проектирования схемы мембранной очистки и повторного использования сточных вод красильно-отделочных производств, разработан разовый технологический регламент.

### **Список литературы:**

14. Грушко Я.М. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах. Справочник. 2-е изд. перераб. и доп. Л. Химия, 1982. — 216 с.
15. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет. М.: Химия, 1986. — 272 с.
16. Дытнерский Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация. М.: Химия, 1978. — 352 с.
17. Мустафанова Г.К. Исследование закономерностей мембранного разделения водных смесей с разработкой технологии очистки производственных сточных вод: дис. канд. техн. наук. — Шымкент, 2006. — 75—85 с.
18. Отраслевой сборник методик проведения химического анализа веществ, применяемых в легкой промышленности, содержащихся в сточных водах. М.: ЦНИИТЭИЛегпром, 1988. — С. 153—160.
19. Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников В.С. Техника защиты окружающей среды. М.: Химия, 1989. — 512 с.

**ВЛИЯНИЕ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ  
НА ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ  
ДВУХКАЛЬЦИЕВОГО СИЛИКАТА**

***Шаповалов Николай Афанасьевич***

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

***Бушуева Наталья Петровна***

*канд. техн. наук, доцент Белгородского государственного  
технологического университета им. В.Г. Шухова, г. Белгород  
E-mail: [px\\_2011@list.ru](mailto:px_2011@list.ru)*

***Панова Ольга Александровна***

*инженер I категории Белгородского государственного  
технологического университета им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

**THE INFLUENCE  
OF THE IRON-CONTAINING MINERALS  
IN THE PROCESS OF FORMATION  
OF DICALCIUM SILICATE**

***Nikolay Shapovalov***

*Doctor tech. sciences, Professor  
of The Belgorod state technological university of V.G.Shuhov, Belgorod*

***Nataliya Bushueva***

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
of The Belgorod state technological university of V.G.Shuhov, Belgorod*

***Olga Panova***

*Engineer of I category  
of The Belgorod state technological university of V.G.Shuhov, Belgorod*

**АННОТАЦИЯ**

Железосодержащие минерализующие и модифицирующие компоненты в смесях ускоряют процессы декарбонизации, способствуют

образованию двухкальциевого силиката  $\alpha'$ - и  $\beta$ -модификаций. Используя методы физико-химического анализа, определена последовательность фазовых изменений при обжиге и формировании структуры  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ .

#### ABSTRACT

Iron-containing mineralizing and modifying components in stocks accelerate the process of the decarbonization, promote the formation of dicalcium silicate  $\alpha'$ - and  $\beta$ -modifications. Using the methods of physical-chemical analysis, define the sequence of phase changes during firing and formation of the structure of  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ .

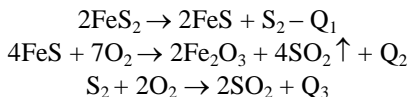
**Ключевые слова:** двухкальциевый силикат; полиморфизм; пирит; слоистые силикаты; минералообразование.

**Keywords:** dicalcium silicate; polymorphism; pyrite; layered silicates; mineralogenesis.

Двухкальциевый силикат — один из основных минералов портландцементного клинкера, белитовых цементов, участвующий во всех процессах минералообразования системы  $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ . В настоящее время проведены исследования по использованию различных отходов горнорудной промышленности при производстве вяжущих материалов. Например, получено известково-белитовое вяжущее на основе металлургических шлаков [3], отсева дробления метаморфических сланцев [1], в составе которого основные кристаллические фазы — двухкальциевый силикат и известь.

Метаморфические сланцы кроме кварца (25—45 %) содержат сульфидные минералы (пирит, халькопирит, галенит), значительное количество слоистых алюможелезистых силикатов до 45 % (серицит, биотит, хлорит), в составе которых 3,5—5,2 % оксидов железа ( $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Доменный гранулированный шлак представлен кристаллическими (мелилиты, двухкальциевый силикат, волластонит, монтичеллит и др.) и стекловидной фазами. Стекловидная фаза имеет кальциево-магнийевый алюмосиликатный состав. Для получения белитсодержащего вяжущего на основе металлургических шлаков при корректировке состава исходной смеси вводили отходы ГОКа, содержащие кроме кварца (45—50 %) слоистые алюмосиликаты биотит, хлорит в количестве 10—13 % и оксиды железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{FeO}$ , суммарное количество которых достигает 40—43 %.

Сульфидные минералы представлены в основном пиритом  $\text{FeS}_2$ , халькопиритом  $\text{CuFeS}_2$  и галенитом  $\text{PbS}$ . Пирит при нагревании до 450—470°C сначала разлагается до  $\text{FeS}$  и  $\text{S}_2$ , а затем окисляется до  $\text{Fe}^{3+}$  [4].



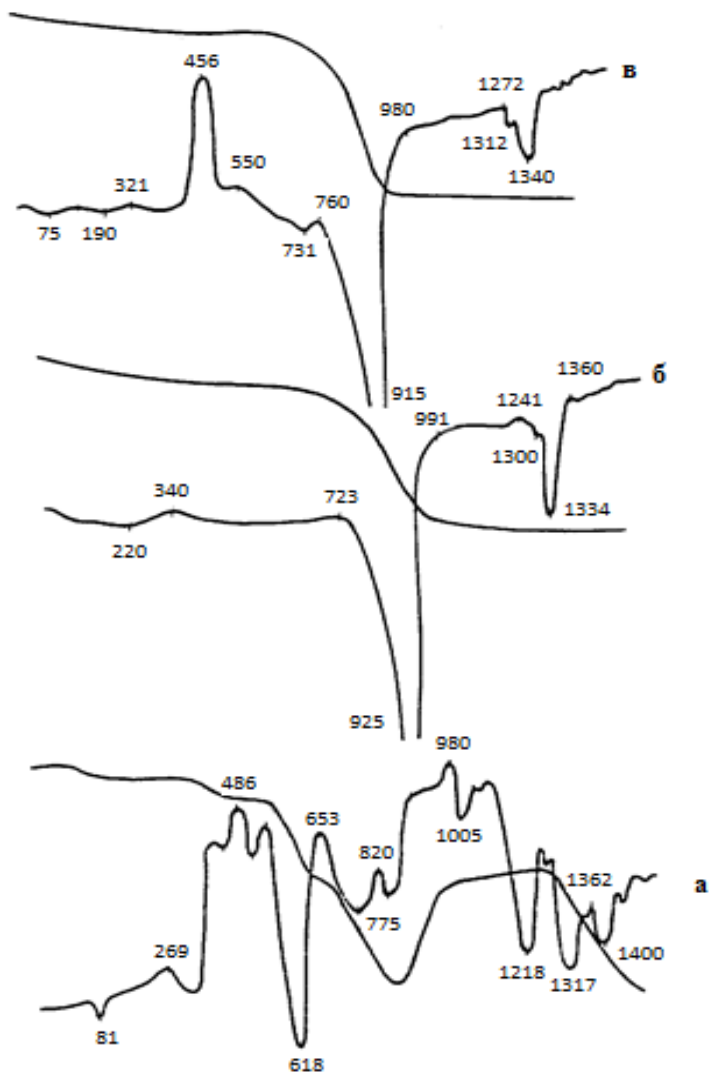
В интервале температур 550—650°C происходят сложные процессы диссоциации продуктов окисления пирита.

Слоистые алюмо- и алюможелезистые силикаты при нагревании теряют химическую связанную воду при температурах 960—1000°C, разлагаются с образованием оксидов, которые при появлении СаО в результате декарбонизации взаимодействуют с ним с образованием силикатов, алюминатов и ферритов. Поскольку температурный интервал дегидратации слоистых минералов практически совпадает с появлением оксида кальция, следует ожидать ускорение процессов образования новых фаз при синтезе вяжущего.

Структуру  $\text{C}_2\text{S}$ , формирующуюся в процессе обжига карбонатно-кремнеземной смеси, определяет минеральный состав сырья, присутствие в нем примесей.

Силикату кальция ( $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ) присущ сложный полиморфизм и связанные с этим объемные изменения, приводящие к саморазрушению материала. Ортосиликаты кальция, насчитывающие по разным данным от четырех до шести полиморфных модификаций [5], включают изолированные кремнекислородные тетраэдры  $\text{SiO}_4$ , связанные ионами  $\text{Ca}^{2+}$ . Известно, что гидравлической активностью в естественных условиях твердения обладают  $\beta$ - и  $\alpha'$ - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ,  $\gamma$ -модификация при затворении водой твердеет при автоклавной обработке.

Взаимодействие СаО с  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , образовавшегося в результате разложения слоистых силикатов, окисления железосодержащихся сульфидов, начинается при очень низких температурах (250—425°C), однако с заметной скоростью и с выделением хорошо идентифицируемых новообразований — ферритов кальция оно протекает при 600—800°C. Первично образующимся соединением является  $\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ , начиная образовываться при  $\sim 650^\circ\text{C}$ , он хорошо кристаллизуется при 850-1000 °C, а выше 1000°C насыщается известно до  $2\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$  [2].



**Рисунок 1. Термограммы смесей: а — мел-пирит; б — мел-биотит; в — мел-биотит-пирит**

Дифференциально-термический анализ смеси мела и пирита, содержание которого в сланцах 1,2—3,5 % (рис. 1), показывает,

что процесс декарбонизации происходит в интервале температур 700—950°C, что является следствием интенсифицирующего воздействием минерала и продуктов его окисления (экзотермический эффект 410—550°C с максимумами (+) 456, (+) 550°C).

Образование экзотермического эффекта (+) 820°C (рис. 1, а) можно отнести к окислению закиси железа. В интервале температур 450—500°C пирит разлагается на FeO и SO<sub>2</sub>, происходит ускорение взаимодействия оксида кальция и SO<sub>2</sub> и, благодаря каталитическому воздействию ионов железа, при 1000—1100°C через ряд промежуточных реакций образуется CaSO<sub>4</sub>, о чем свидетельствует экзотермический эффект (+) 980°C. Образующийся при обжиге смесей CaSO<sub>4</sub> способствует возникновению сульфоалюмината кальция.

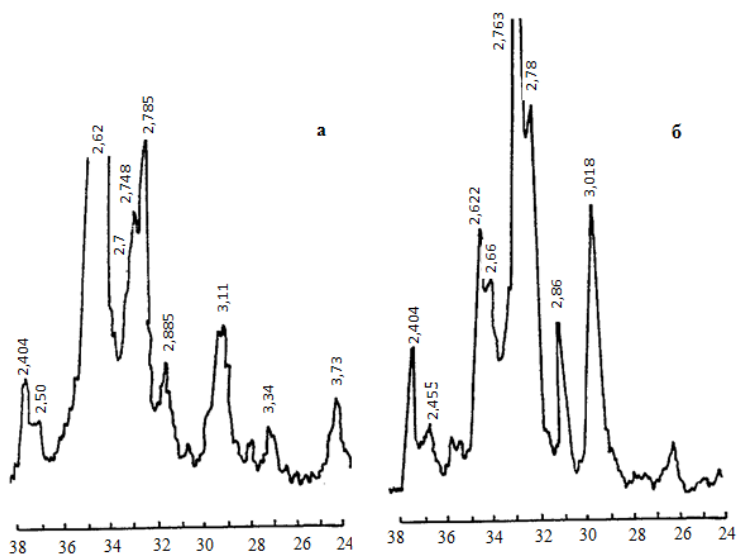
У смесей мел-биотит, мел-биотит-пирит декарбонизация углекислого кальция происходит в интервале 700—1000°C, на кривых ДТА (рис. 1, б и в) эндотермический эффект (-) 925°C и (-)915 °C соответственно, что также свидетельствует об интенсифицирующем воздействии процесса разложения CaCO<sub>3</sub> обоих минералов.

Количество свободного оксида кальция, содержащееся в сырьевых смесях  $m=1,81—3,85$  после обжига при различных температурах, зависит от температуры синтеза. Максимальное содержание CaO (32—48 %) обнаружено после обжига при температуре 1000 °C. Одновременно происходят процессы минералообразования силикатов, алюминатов, сульфоалюминатов и алюмоферритов кальция; количество оксида кальция постепенно уменьшается и при обжиге до температуры 1300°C количество CaO<sub>своб.</sub> в зависимости от состава исходной смеси составляет от 2,5 до 22 %.

Следовательно, минералы биотит, пирит,  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ускоряют процессы декарбонизации и минералообразования, усиливают диффузионные процессы в системе CaO-SiO<sub>2</sub>. В данном случае синтез минералов, лимитируемый диффузией кристаллов оксида кальция к SiO<sub>2</sub> через слои новообразований, происходит в условиях твердофазового спекания. Причем возможно образование микрорасплава, где процессы протекают значительно интенсивнее, что и подтверждается уменьшением содержания оксида кальция в свободном состоянии при увеличении температуры и продолжительности обжига смеси (при длительности обжига 60 мин CaO<sub>своб.</sub> в спеках уменьшается на 2,5—3 %).

Данные рентгенофазового анализа полученного вяжущего (рис. 2) свидетельствуют о наличии значительного количества силикатов и оксида кальция (дифракционные максимумы, 2,78; 2,75; 2,73; 2,62; 2,40 Å). Это преобладающие фазы продукта обжига.

Определение  $\alpha'$ - и  $\beta$ - $C_2S$  на рентгенограммах осуществимо по соотношению дифракционных максимумов  $I_{2,40}/I_{2,86}$ . При соотношении меньше 0,95 для продукта обжига идентифицируют наличие в нем некоторого количества  $\alpha'$ - $C_2S$ . В конкретном случае  $I_{2,40}/I_{2,86}=0,68—0,75$ , что характерно для  $\alpha'$ - $C_2S$ .



**Рисунок 2. Рентгенограммы продукта обжига  $t=2,53$ : а — 1100 °C; б — 1200 °C**

Присутствие 0,5—1,5 %  $SO_3$  стабилизирует  $\beta$ -модификацию  $C_2S$  (возможно изоморфное замещение  $SiO_4$  на  $SO_4$ ), в исследуемых продуктах обжига  $\gamma$ - $C_2S$  не обнаружено,  $\alpha'$ - и  $\beta$ - $C_2S$  находятся в мелкокристаллическом состоянии, что предопределяет ускорение их гидратации и образование гидросиликатов кальция в ранние сроки твердения.

В продукте обжига наблюдается смещение полос деформационных колебаний группы  $SiO_4$  в  $\beta$ - $C_2S$  от 470 к 510, от 890 к 910  $cm^{-1}$ , что говорит о дефектности структуры, вызванной внедрением в его структуру  $SO_4^{2-}$  и образовании некоторого количества  $\alpha'$ - $C_2S$ . В пользу последнего свидетельствуют диффузный характер и уширение участка спектра в области 800—1100  $cm^{-1}$ .

Трехкальциевый алюминат в вяжущем отсутствует; алюминатная фаза представлена  $C_{12}A_7$  ( $\text{Å}$ : 4,89; 2,68) и  $CA$  ( $\text{Å}$ : 4,66; 2,98; 2,53; 2,50).

С понижением гидравлического модуля максимальное значение температуры гашения оксида кальция и частичной гидратации минералов продукта обжига падает до  $40^\circ\text{C}$ , что согласуется с уменьшением содержания свободного оксида кальция в вяжущем. Время повышения температуры до максимума не превышает 25 мин. Однако оказалось, что продукт обжига, полученный при  $1250^\circ\text{C}$  и выше, не выдержал испытаний на равномерность изменения объема. Причиной этого является, по-видимому, образование медленногасящегося оксида кальция — пережога, поэтому рекомендуется проводить обжиг до  $1250^\circ\text{C}$ .

Итак, присутствие железосодержащих минерализующих и модифицирующих компонентов в смесях для получения низкообжигового вяжущего позволяет получить реакционноспособную сырьевую смесь, способствует образованию минералов-силикатов, что обусловлено внедрением иона  $SO_4^{2-}$  в их структуру, искажением кристаллической решетки и приводящим к образованию более высокотемпературной формы  $\alpha'$ -совместно с  $\beta$ - $C_2S$ .

### Список литературы:

1. А.с. СССР № 1655946. Бушуева Н.П., Воробьев Х.С., Соколовский В.А., Кудярова Н.П. Вяжущее для изготовления изделий автоклавного твердения // 1991. — Бюл. № 22. — 6 с.
2. Бушуева Н.П., Кудярова Н.П., Кириосова Т.Б. Особенности получения известково-белитового вяжущего из пиритсодержащих отходов ГОКов // Материалы Всесоюзной конференции «Физико-химические проблемы материаловедения и новые технологии», Белгород, 1991. — Ч. 5. — С. 40—41.
3. Кудярова Н.П., Цыпченко Н.В. Вяжущее на основе сталеплавильных шлаков // Известия ВУЗов «Серия Строительство». 2004. — № 5. — С. 48—50.
4. Силаев В.И., Забоев А.Ф., Иловайский В.И., Хорошилова Л.А. Фазовые превращения некоторых сульфидов при нагревании // Сб.тр. ин-та геологии Коми Филиала АН СССР. 1977. — Вып. 23. — С. 88—94.
5. A composite refractory binder based on stabilized belite / R.R. Gareev, A.S. Korolev, M.Kh. Shaimov, B.Ya. Trofimov // Refractories and Industrial Ceramics. 2006. Vol. 47. № 6. P. 381—385.



**СЕКЦИЯ 10.**  
**ТЕХНОЛОГИЯ**  
**ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ**

**МОЛОЧНЫЙ НАПИТОК «ПРИМОРСКИЙ» —  
ПРОДУКТ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

***Головкова Евгения Владимировна***  
*студентка, Школа биомедицины,  
Дальневосточный Федеральный университет,  
г. Владивосток*  
*E-mail: [barmatuctha@mail.ru](mailto:barmatuctha@mail.ru)*

***Медведева Елена Валентиновна***  
*аспирант кафедры биотехнологии продуктов из животного сырья  
и функционального питания, Школа биомедицины,  
Дальневосточный Федеральный университет,  
г. Владивосток*

***Каленик Татьяна Кузьминична***  
*д-р. биол. наук, профессор, заведующий кафедрой биотехнологии  
продуктов из животного сырья и функционального питания,  
заместитель директора по учебно-воспитательной работе,  
Школа биомедицины Дальневосточный Федеральный университет,  
г. Владивосток*

## MILK DRINK «PRIMORYE» — A PRODUCT OF NEW GENERATION

***Golovckova Eugeniya***

*student, School of biomedicine Far Eastern Federal University, Vladivostok*

***Medvedeva Elena***

*post-graduate student of the Department of biotechnology products  
from animal raw materials and functional food, School of biomedicine  
Far Eastern Federal University, Vladivostok*

***Kalenik Tatyana***

*doctor of biological Sciences, Professor, head of the Department  
of biotechnology products from animal raw materials and functional food,  
Deputy Director on teaching and educational work, School of biomedicine  
Far Eastern Federal University, Vladivostok*

### АННОТАЦИЯ

Изложено обоснование использования функциональных ингредиентов — полисахаридов из бурых и красных водорослей — фуколама, каррагинана и полисорбовита в технологиях молочных продуктов: подтверждены выбор и дозировка функциональных ингредиентов из морских водорослей; обоснованы, разработаны и практически апробированы рецептуры новых молочных продуктов трех наименований.

### ABSTRACT

Stated rationale for the use of functional ingredients — polysaccharides of brown and red algae — fucolam, carrageenan and polysorbovit in the technology of dairy products: confirmed by the choice and dosage of functional ingredients from marine algae; founded, developed and practically tested formulations of new dairy products three names.

**Ключевые слова:** молочный напиток; полисорбовит; каррагинан; «Фуколам-С».

**Keywords:** milk drink; polysorbovit; carrageenan; «Fucolam-S ».

Ухудшение экологической ситуации, изменение структуры питания требует разработки новых видов продуктов питания функционального назначения. Функциональную направленность этим продуктам придают в основном вводимые в рецептуры биологически

активные добавки. Все больше отечественных пищевых предприятий начинают выводить на рынок продукты, которые не только обладают питательными свойствами в традиционном смысле, но и восполняют дефицит определенных нутриентов в рационе. Одним из таких продуктов является молочный напиток, обогащенный полисахаридами морских водорослей. Это особенно актуально в Дальневосточном регионе из-за наличия протяженной прибрежной зоны, где может вестись добыча водорослей для последующей переработки их и выделения полисахаридов. Эти полисахариды-полисорбовит, каррагинан, фукоидан, компонент добавки «Фуколам-С» [1 2, 5].

Каррагинан-полисахарид красных водорослей рода *Rhodophyceae*, которые столетиями использовались в пищу на Дальнем Востоке и в Европе, он обладает уникальными технологическими свойствами, которые можно использовать для желирования, загущения и стабилизации пищевых продуктов и пищевых систем. Еще каррагинаны характеризуются биологической активностью: антикоагулирующей, антивирусной, антираковой и антиязвенной, а также выводят из организма тяжелые металлы [4].

Полисорбовит-гранулы, полученные путем этерификации растительных пектинов. Полисорбовит способен связывать и выводить из организма разнообразные токсические вещества. Пектин, особенно низкометоксилированный, обладает высокой комплексообразующей способностью, благодаря чему способствует выведению из организма тяжелых металлов и радионуклидов [6].

Активным компонентом добавки «Фуколам-С» является фукоидан. Фукоиданы, содержащиеся во всех без исключения видах бурых водорослей, представляют особый интерес как природные биополимеры растительного происхождения, наделенные разнообразной биологической активностью. Они обладают антиоксидантной, противовирусной, противоопухолевой активностями, способствуют нормализации состава крови и предотвращению образования тромбов, также благоприятствуют комплексному лечению заболеваний желудочно-кишечного тракта [3].

Целью проведенной работы было создание биотехнологии молочных напитков с использованием полисахаридов из морских водорослей.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

- разработать рецептуры производства новых видов напитков молочных с использованием полисахаридов водорослей;
- разработать технологию производства нового вида молочных напитков с использованием полисахаридов водорослей;

- проведение товароведной экспертизы качества и безопасности разработанных молочных продуктов;
- разработка пакета нормативной документации на производство новых напитков молочных с использованием полисахаридов водорослей.

Молочные напитки функционального назначения разрабатывались на кафедре биотехнологии продуктов из животного сырья и функционального питания Школы биомедицины Дальневосточного федерального университета. В процессе выполнения работы были разработаны три рецептуры молочного напитка с пищевыми добавками: каррагинан, полисорбвит и «Фуколам-С» в количестве 9 образцов (таблица 1).

*Таблица 1.*

**Рецептуры разработанных молочных напитков**

№ образца	Молоко, 200 дм <sup>3</sup> , жирность, %	Количество добавки, г		
		«Фуколам-С»	Полисорбвит-95	Каррагинан
1	3,5	0,3	-	-
2	3,2	0,7	-	-
3	2,5	1,2	-	-
4	3,5	-	0,2	-
5	3,2	-	0,3	-
6	2,5	-	0,5	-
7	3,5	-	-	0,03
8	3,2	-	-	0,01
9	2,5	-	-	0,5
Контрольный образец	3,2	-	-	-

Для оценки качества разработанных молочных напитков были определены органолептические, физико-химические и микробиологические показатели. В качестве контрольного образца было взято пастеризованное молоко.

Среди разработанных молочных напитков наиболее высокую оценку по органолептическим показателям получили образцы № 1 и № 7, набравшие равное количество баллов; а наименьшую оценку получили образцы № 1 и № 5.

В ходе физико-химического исследования разработанных молочных напитков определялись такие показатели как: массовая доля

жира, белка, сухих веществ, кислотность, рН и плотность, которые представлены в таблице 2.

**Таблица 2.**

**Физико-химические показатели молочного напитка, обогащенного полисахаридами морских водорослей**

№ образца	Реакция среды	Кислотность, °Т	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Массовая доля белка, %	Массовая доля сухих веществ, %	Массовая доля жира, (м.д.ж.), %
1	6,66	14	1029	3,6	12,1	3,2
2	6,60	14	1029	3,6	12,6	2,8
3	6,73	14	1028	3,8	11,3	2,2
4	6,66	13	1030	3,0	11,6	3,3
5	6,63	13	1030	3,2	12	3,1
6	6,80	10	-	3,2	11,3	2,3
7	6,64	12	1029	3,0	11,6	3,4
8	6,58	13	1029	3,0	11,9	3,0
9	6,72	10	-	3,0	11	2,2
Контрольный образец	6,8	17	1027	2,6	-	3,2

Таким образом, из таблицы следует, что разработанные молочные напитки по физико-химическим показателям отличаются от контрольного образца. Кислотность молочного напитка по сравнению с контрольным образцом ниже (17°Т), особенно при внесении каррагинана (10°Т). Плотность молочного напитка выше (1028—1030 кг/м<sup>3</sup>), чем у контрольного образца (1027 кг/м<sup>3</sup>). Анализируя данные экспериментальных исследований, видно, что по физико-химическим показателям качество молочных напитков соответствует требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и Федерального закона Российской Федерации от 12 июня 2008 г. № 88-ФЗ «Технический регламент на молоко и молочную продукцию».

Микробиологические показатели качества молочных напитков отражены в таблице 3.

Таблица 3.

**Микробиологические показатели молочного напитка, обогащенного полисахаридами из морских водорослей**

Показатели	Допустимые уровни, СанПиН 2.3.2. 1078 1.2.1.2.	№ образца									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Контроль- ный образец
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	1*10 <sup>5</sup>	1*10 <sup>2</sup>	3*10 <sup>3</sup>	2*10 <sup>4</sup>	2*10 <sup>2</sup>	1*10 <sup>2</sup>	1*10 <sup>2</sup>	2,2*10 <sup>4</sup>	Менее 10	Менее 10	1*10 <sup>5</sup>
Масса продукта (г, см <sup>3</sup> ), в которой не допускаются											
БГКП (колиформы)	0,1	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют
Патогенные, в т. ч. сальмонеллы	25	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют

В результатах микробиологического исследования показано, что разработанные молочные напитки по микробиологическим показателям соответствуют нормам СанПиН 2.3.2. 1078-01.

В результате исследований нами были отобраны три оптимальных рецептуры молочных напитков — это образцы № 2, 4 и 9.

На данный вид разработанных молочных напитков утверждена нормативная документация СТО 9222-02067942-017-2013 Молочный напиток «Приморский».

### **Список литературы:**

1. Кочеткова А.А. Функциональные продукты в концепции здорового питания /А.А. Кочеткова // Пищевая промышленность. — 1999. — № 3. — С. 4—5.
2. Лобуцкая Н.В./ Биотехнологические аспекты производства комбинированных напитков с использованием каррагинанов водорослей российского Тихоокеанского шельфа: дис. к-та биол. наук: 03.00.23: защищена 2003/ Лобуцкая Наталья Викторовна. — Владивосток, 2003. — 215 с.
3. Облучинская Е.Д. Технологии лекарственных и лечебно-профилактических средств из бурых водорослей — Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2005. — 164 с.
4. Пищевые загустители, стабилизаторы, гелеобразователи/ А. Аймесон (ред.-сост.). — Перев. с англ. д-ра. хим. наук С.В. Макарова. — СПб.: ИД «Профессия», 2012. — 408 с.
5. Технологические особенности производства молочных продуктов (технология продуктов цельномолочной отрасли): лабораторный практикум. В 2-х ч. Ч. 1 / Н.А. Генералова, И.А. Мазеева; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. — Кемерово, 2009. — 156 с.
6. Хотимченко Ю.С., Одинцова М.В., Ковалев В.В. Полисорбвит. — Томск: Изд-во НТЛ, 2001. — 132 с.

## СЕКЦИЯ 11.

### ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

#### ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ СШИВАЮЩИХ АГЕНТОВ В МАЛОСМИНАЕМОЙ ОТДЕЛКЕ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ

***Шубина Валентина Викторовна***

*канд. техн. наук, доцент Димитровградского инженерно-технологического института — филиала НИЯУ МИФИ,  
г. Димитровград  
E-mail: [shubv3@mail.ru](mailto:shubv3@mail.ru)*

***Курныкина Елена Юрьевна***

*канд. техн. наук, доцент Димитровградского инженерно-технологического института — филиала НИЯУ МИФИ,  
г. Димитровград  
E-mail: [kurnykinaelena@mail.ru](mailto:kurnykinaelena@mail.ru)*

#### APPLICATION OF NEW CROSSLINKING AGENTS IN CREASE RESISTANCE FINISHING OF COTTON FABRICS

***Shubina Valentina Viktorovna***

*candidate of Engineering Sciences, assistant professor of Dimitrovgrad  
engineering-technological Institute — branch of NRNU MEPhI,  
Dimitrovgrad*

***Kurnykina Elena Yurievna***

*candidate of Engineering Sciences, assistant professor of Dimitrovgrad  
engineering-technological Institute — branch of NRNU  
MEPhI, Dimitrovgrad*



## АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрено применение многоосновных карбоновых кислот в качестве поперечно сшивающих агентов в процессах малосминаемой отделки хлопчатобумажных тканей с целью повышения экологичности отделочного производства. В результате проведенных исследований методом инфракрасной спектроскопии выявлены закономерности взаимодействия смеси лимонной и малеиновой кислот с целлюлозными волокнами с образованием сложных эфиров целлюлозы.

## ABSTRACT

The article describes of the application of polycarboxilic acids as a crosslinking agents in the processes of crease resistance finishing of cotton fabrics with a view to improve the environmental performance of finishing production. As a result of studies the method of infrared spectroscopy revealed regularities of interaction of a mixture of lemon acid and maleic acid with the cellulose fibers with the formation of cellulose esters.

**Ключевые слова:** хлопчатобумажная ткань; малосминаемая отделка; многоосновные карбоновые кислоты; формальдегид; смолообразующее вещество; отделочные препараты; гипофосфит натрия; сложноэфирные связи; реакция этерификации; инфракрасная спектроскопия.

**Keywords:** cotton fabric; crease resistance finishing; polycarboxilic acids; formaldehyde; gum former; finishing preparations; sodium hypophosphite; ester crosslinkages; etherification; infrared spectroscopy.

К основной проблеме отделочного производства, над которыми постоянно работают научные и производственные работники, можно отнести использование при производстве продукции, небезопасных веществ, которые ухудшают санитарно-гигиенические условия труда на предприятиях и не позволяют получать безопасную продукцию высокого качества. Нерешенность этой проблемы порождает более глобальную — низкую экологичность отделочного производства.

Наиболее ярко данная проблематика прослеживается при анализе существующих и вновь разрабатываемых процессов малосминаемой отделки хлопчатобумажных тканей, которые так или иначе связаны с использованием формальдегидсодержащих препаратов.

Применение в качестве активных препаратов для малосминаемой отделки хлопчатобумажных тканей многоосновных карбоновых кислот, позволяет, в определенной мере, решить проблему безопасности технологии малосминаемой отделки, как на этапе производства продукции, так и на стадии потребления ее человеком.

Малосминаемые свойства текстильных материалов в первую очередь зависят от эластических свойств волокон, определяемых их химическим строением и внутренней структурой и, кроме того, от структурно-механических свойств, как пряжи, так и выработанных из нее тканей или трикотажных полотен. Малосминаемой отделке в основном подвергаются ткани, выработанные из целлюлозных волокон. Для повышения упругости и эластичности таких волокон с рыхлой надмолекулярной структурой, характеризующихся большим числом аморфных областей обычно используют смолообразующие вещества, обработка которыми позволяет снизить подвижность макромолекул и кристаллитов за счет заполнения аморфных областей и образования химических связей с макромолекулами целлюлозы.

Для придания малосминаемости текстильным материалам на уровне волокон используются следующие основные способы:

- подбор волокон с необходимыми деформационными свойствами для изготовления определенного изделия;
- образования межмолекулярных связей (сшивок) между макромолекулами данного волокна с помощью би- или полифункциональных соединений с учетом структурного состояния волокна в сухом или влажном состоянии;
- образования синтетической смолы в аморфных субмикроскопических пространствах волокон.

До настоящего времени для малосминаемой отделки повсеместно применяются  $N$ -гидроксиметильные производные мочевины, меламина, циклических этилен — и пропиленмочевины, дигидроксиэтиленмочевины, триазона, урона, алкилкарбаматов и других веществ. На их основе разработаны многочисленные рецепты отделочных составов и применительно к ним технологические процессы придания текстильным материалам малосминаемых, малоусадочных и формоустойчивых свойств.

К основным недостаткам таких препаратов можно отнести: высокую вероятность выделения формальдегида и большую потерю прочности ткани при жестких условиях проведения ее термообработки.

Основной задачей новых исследований является снижение количества свободного формальдегида, выделяющегося при термообработке или полное устранение его из технологического процесса. В этой связи можно выделить два направления в соответствии, с которыми проводятся исследования:

- разработка отделочных препаратов с минимальным содержанием формальдегида или создание активных веществ, не выделяю-

щих последний в процессе взаимодействия с функциональными группами волокон;

- введение в обрабатываемую композицию акцепторов формальдегида, поглощающих его в процессе выделения или вступающих с ним в реакцию.

Применение многоосновных карбоновых кислот в качестве поперечно сшивающих агентов, в процессах малосминаемой отделки хлопчатобумажных тканей, основано на способности карбоксильных групп вступать в реакцию этерификации с гидроксильными группами целлюлозных волокон.

В настоящее время к числу кислот, которые могут быть использованы для придания тканям из целлюлозных волокон малой сминаемости, исследователи относят: 1,2,3,4-бутантетракарбоновую, лимонную, малеиновую и итаконовую кислоты.

Проведенные исследования, в основном зарубежными учеными, позволили выявить ряд общих закономерностей, характеризующих физико-химические процессы, протекающие между многоосновными карбоновыми кислотами и целлюлозными волокнами, и выявить условия, при которых данные вещества могут быть использованы в качестве сшивающих агентов при малосминаемой отделке хлопчатобумажных тканей. Здесь следует отметить следующие основные положения, установленные в результате проведенных исследований:

- образование сложноэфирных связей между карбоксильными группами кислоты и гидроксильными группами целлюлозы осуществляется через промежуточную стадию: кислота → ангидрид кислоты → взаимодействие с целлюлозой;

- в качестве катализаторов, ускоряющих такой переход, наибольшее распространение получили фосфорсодержащие неорганические соединения. К ним, в первую очередь, относятся: гипофосфит  $\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  и фосфаты натрия  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , а также пиррофосфат натрия -  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . При этом более высокие показатели малосминаемой отделки тканей достигаются при использовании гипофосфита натрия;

- при использовании ряда кислот, например лимонной, малеиновой и некоторых других, в процессе термообработки происходит пожелтение ткани, которое может быть устранено добавлением в обрабатываемый раствор борной кислоты, аминокспиртов, в частности, триэтанолamina и полиэтиленгликолей;

- применение смеси многоосновных карбоновых кислот в качестве активных агентов может быть оправдано в том случае, если

их совместное воздействие на целлюлозные волокна превышает положительный эффект, достигаемый при их раздельном использовании.

Применение многоосновных карбоновых кислот и, в частности, малеиновой кислоты, как самостоятельно, так и в сочетании с лимонной, характеризуется рядом особенностей. Так, гидроксильные группы лимонной кислоты препятствуют поперечной шивке малеиновой кислоты с целлюлозными волокнами. Однако при определенных условиях термообработки хлопчатобумажных тканей эти кислоты могут быть использованы для малосминаемой отделки. При этом было высказано предположение, что лимонная кислота превращается из трех- в четырехфункциональную с формированием связей с малеиновой кислотой [1, с. 32].

В этой связи были проведены исследования по выявлению закономерностей взаимодействия смеси лимонной и малеиновой кислот с целлюлозными волокнами, в условиях пропитывания хлопчатобумажных тканей их водными растворами, с последующей термообработкой.

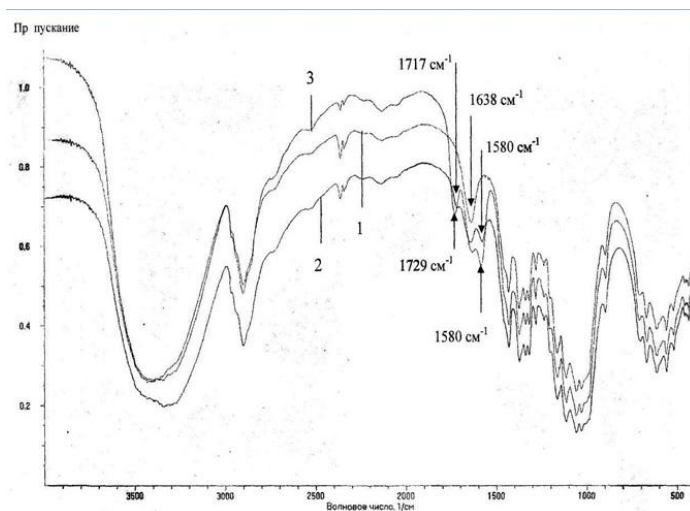
Для характеристической оценки взаимодействия малеиновой и лимонной кислот, а также их смеси с целлюлозными волокнами, с образованием сложных эфиров был использован метод инфракрасной спектроскопии в диапазоне волновых частот 400—4000 см<sup>-1</sup>.

Для исследования были использованы образцы хлопчатобумажной ткани, подвергшиеся пропитке водными растворами малеиновой и лимонной кислотами, а также их смесью, в присутствии катализатора и без него. Концентрация однокомпонентных растворов кислот во всех случаях составляла 90 г/л, в смесевом растворе по 45 г/л каждая.

После пропитывания, ткань отжимали до 100 % влажного привеса, высушивали при температуре 70°C, до постоянной массы, и подвергали термообработке при температуре 185°C в течение 2 минут. После термообработки и нейтрализации в 0,1 М растворе едкого натра (NaOH), образцы ткани в течение 5 минут промывали теплой (50°C) дистиллированной водой и в течение 3 минут дистиллированной водой при температуре 20°C. Промытые образцы ткани подвергали окончательной сушке в ИК влагомере при температуре 80°C до постоянной массы [2, с. 74].

Для снятия ИК спектров, образцы целлюлозных волокон, подвергшихся обработке многоосновными карбоновыми кислотами, табулировали с КВг. Спектры снимали с помощью Фурье спектрометра ФСМ 1201 в диапазоне волновых частот 4000—400 см<sup>-1</sup>.

ИК спектры исследуемых образцов приведены на рисунке 1. Для сравнения на рисунке приведен также спектр целлюлозы необработанной ткани (кривая 1).



**Рисунок 1. ИК спектры целлюлозы, обработанной смесью малеиновой и лимонной кислотами: 1 — исходная целлюлоза; 2 — целлюлоза, обработанная смесью без гипофосфита натрия; 3 — целлюлоза, обработанная смесью с гипофосфитом натрия**

При анализе спектров, представленных на рисунках, можно заметить, что спектры целлюлозы, обработанной кислотами, по сравнению с исходной целлюлозой, претерпели значительные изменения. И это касается, в первую очередь, появления в диапазоне волновых чисел  $1730\text{—}1570\text{ см}^{-1}$  двух новых характеристических полос поглощения. Однако, появление двух полос поглощения с максимумами при  $1729\text{ см}^{-1}$  и  $1580\text{ см}^{-1}$ , свидетельствует о неполном превращении двух- и трехосновной кислот при реакции с целлюлозой в сложный эфир, поскольку полосы в диапазоне  $1750\text{—}1710\text{ см}^{-1}$  связаны с эфирной группой, а в диапазоне  $1610\text{—}1550\text{ см}^{-1}$  с ионизованной  $\text{COO}^-$  группой. Это свидетельствует о том, что не все карбоксильные группы вступают в реакцию этерификации и, соответственно, не все молекулы малеиновой и лимонной кислот образуют поперечные «сшивки» целлюлозы. В спектре целлюлозы, обработанной смесью малеиновой и лимонной кислот, (рис. 1, кривая 2) максимумы полос поглощения в диапазоне волновых чисел  $1730\text{—}1717\text{ см}^{-1}$  практически

совпадают с максимумами полос поглощения в спектре целлюлозы, обработанной малеиновой кислотой. Это позволяет сделать вывод о том, что в отсутствие катализатора, целлюлоза взаимодействует, в основном, с молекулами малеиновой кислоты, как более реакционно-способным веществом в данной смеси.

Наличие катализатора ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) в обрабатываемых растворах, повышает реакционную способность как малеиновой, так и лимонной кислот, что хорошо прослеживается при исследовании спектров (рис. 1, кривая 3). Во всех случаях, интенсивность полос поглощения увеличивается, подтверждая тем самым, что количество карбоксильных групп, вступивших в реакцию с целлюлозой, повышается.

Таким образом, с учетом проведенных исследований, можно сделать вывод, что при обработке целлюлозы смесью малеиновой и лимонной кислот, последние вступают в реакцию этерификации, с образованием сложных эфиров целлюлозы. При этом если у малеиновой кислоты в реакцию этерификации, в основном, вступает одна карбоксильная группа, то у лимонной, как минимум две, с образованием поперечных мостиков между макромолекулами целлюлозы. Введение в обрабатываемый раствор гипофосфита натрия (катализатора) повышает реакционную способность как малеиновой, так и лимонной кислот.

### **Список литературы:**

1. Шубина В.В., Павутницкий В.В. Применение пены при малосминаемой отделке тканей многоосновными карбоновыми кислотами // Текстильная промышленность. Научный альманах. — 2007. — № 8. С. 30—34.
2. Шубина В.В. Исследование и разработка технологии малосминаемой отделки хлопчатобумажных тканей многоосновными карбоновыми кислотами в пенной среде: дис. канд. техн. Наук — СПб., 2008. — 112 с.

## СЕКЦИЯ 12.

### ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА

#### ОЦЕНКА ЧАСТОТЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ТРЕНДА В ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ СИГНАЛЕ

*Левенец Алексей Викторович*

*канд. техн. наук, доцент кафедры автоматики и системотехники  
Тихоокеанского государственного университета  
, г. Хабаровск  
E-mail: [levalvi@bk.ru](mailto:levalvi@bk.ru)*

#### ESTIMATING OF FREQUENCY OF THE PERIODIC TREND IN THE MEASUREMENT SIGNAL

*Levenets Alexey Viktorovich*

*Candidate of Science, assistant professor of faculty of automatics and  
system engineering of Pacific National University, Khabarovsk*

#### АННОТАЦИЯ

В статье предлагается способ оценки частоты периодического тренда в измерительном сигнале. Способ основан на вычислении квазиспектра сигнала по числам пересечения сигналом нулевого уровня. Приведены результаты исследования предложенного способа на моделях измерительных сигналов с периодическими трендами разных типов. Показано, что предложенный способ позволяет оценивать частоту периодического тренда с малой погрешностью.

#### ABSTRACT

In article the way of a estimating of frequency of a periodic trend in a measurement signal is offered. The way is based on calculation of quasispectrum by zero-crossing number. Results of research of the proposed method on models of measuring signals with periodic trends of different

types are submitted. It is shown, that the proposed method allows estimating frequency of a periodic trend with a small error.

**Ключевые слова:** тренд; измерительный сигнал; пересечение нуля; квазиспектр.

**Keywords:** trend; measurement signal; zero-crossing; quasispectrum.

Обнаружение тренда в измерительных данных является одной из важных процедур обработки измерительных данных. Такая процедура, в частности, позволяет снижать объемы данных, передаваемых по линиям связи информационно-измерительных систем. Процедуры выявления трендов, описываемых линейными уравнениями хорошо известны, однако выделение других типов тренда является более сложной, по крайней мере, в вычислительном отношении задачей.

Для определения параметров гармонического тренда обычно используют один из методов спектрального оценивания, например, быстрое преобразование Фурье, вычисление периодограмм и др. Здесь следует отметить большие вычислительные затраты, свойственные таким методам, что особенно касается периодограммного метода оценки спектра. Очевидно, что вычислительные затраты можно существенно снизить, если иметь априорную информацию о частоте гармонического тренда. Здесь следует обратить внимание на метод анализа сигнала по числам пересечения нулевого уровня. Очевидно, что не зашумленный гармонический сигнал с частотой  $f$  за единицу времени пересечет нулевой уровень  $2f$  раз. Естественно, наличие шумов будет существенно искажать эту величину, поэтому судить о спектральном составе сигнала по одному такому числу в общем случае некорректно.

Возможность применения свойств чисел пересечения сигналом нулевого уровня (нулей сигнала) для спектрального анализа показал Б. Кедем. Так, в его работах было доказано, что если в анализируемом процессе преобладает какая-либо полоса частот, то число пересечений нуля будет принимать значения, соответствующие этой полосе, а при наличии в исследуемом сигнале доминирующей составляющей с частотой  $f_d$ , число пересечений нуля будет стремиться к числу, соответствующему этой частоте [1]. Таким образом, применяя к исследуемому сигналу ряд линейных фильтров, с различными частотами среза, и определяя после каждой фильтрации путём подсчитывания НС частоту доминирующей составляющей, можно определить наличие в анализируемом сигнале периодичности с некоторой частотой.

В качестве фильтров было предложено использовать простые повторно-разностные (ПР) и повторно-суммирующие (ПС) фильтры.



Реализация первого порядка таких фильтров сводится к последовательному вычитанию (сложению) соседних отсчетов исходной последовательности данных, причем применение такой операции к уже отфильтрованной последовательности является реализацией фильтра второго порядка и т. д. Следует отметить, что ПР фильтр является высокочастотным, а ПС фильтр — низкочастотным. Отличительной особенностью описанных фильтров является простота реализации и, как следствие, низкая требовательность к вычислительным затратам

Так как нули сигнала связаны со спектральной функцией анализируемого сигнала, в [2] было предложено использовать этот факт для грубого спектрального анализа сигнала. Для этого к исходному сигналу последовательно применялись ПР и ПС фильтры в различных сочетаниях (максимальный порядок фильтров при этом ограничивается) и производился подсчет чисел пересечения нулевого уровня (ЧПН) для каждого сочетания таких фильтров. Совокупность ЧПН, полученную после применения к сигналу ряда простейших фильтров можно рассматривать как некоторое подобие спектральной функции, которое в [2] предложено называть «квазиспектр».

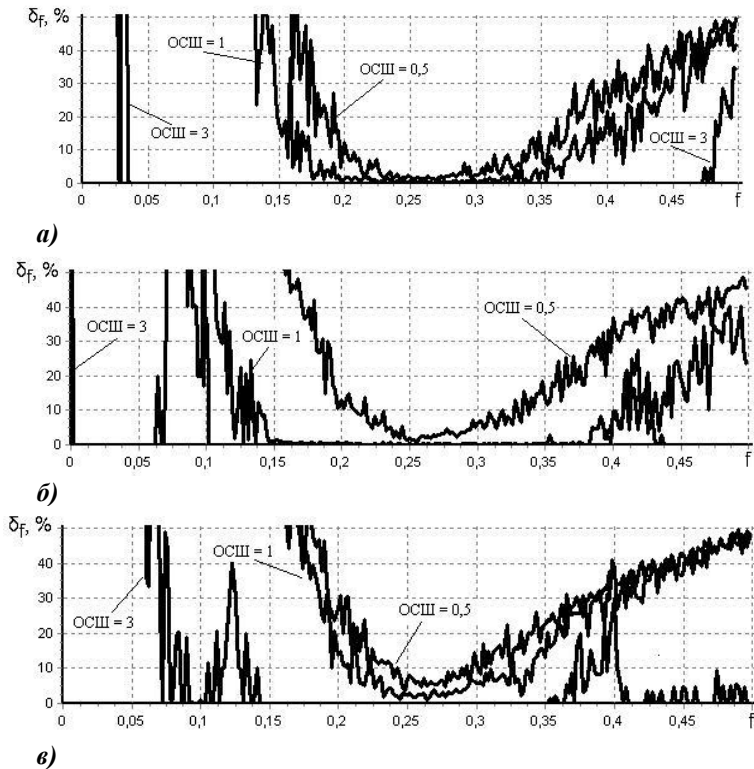
Очевидно, что с помощью квазиспектра можно оценивать частоту периодического тренда в анализируемом сигнале, причем с достаточно низкими вычислительными затратами. Суть предлагаемого способа заключается в следующем. Для исходной выборки рассчитывается квазиспектр, причем для любого сочетания фильтров величина ЧПН подсчитывается по  $N$  отсчетам. Таким образом, квазиспектр будет состоять из  $N$  составляющих, причем некоторой относительной частоте  $f$  будет соответствовать квазиспектральная составляющая  $Q_i$ , индекс которой определяется как  $i = 2fN$ . Величина квазиспектральной составляющей (КСС) представляет собой частоту появления соответствующей величины НС, поэтому по ней можно судить о присутствии в исходной выборке периодичности с соответствующей частотой. Для определения частоты гармонического тренда находится максимальное значение КСС в полученном квазиспектре и вычисляется частота, соответствующая этой КСС.

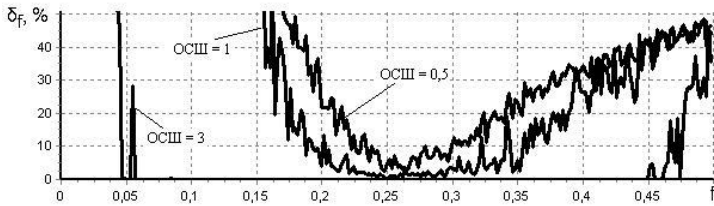
Оценка эффективности предлагаемого способа оценки частоты периодического тренда производилась по относительной погрешности определения частоты. Исследования проводились на модели измерительного сигнала в виде аддитивной смеси периодического сигнала с заданной частотой и шума с нормальным и равномерным распределением. Полученные результаты показали, что в целом результаты оценки частоты периодического тренда для различных типов шумов имеют близкие параметры, хотя для равномерного шума

можно отметить несколько более низкие погрешности оценки частот. Исходя из полученных результатов, в данной статье предлагаются для рассмотрения только результаты, полученные для случая зашумления нормальным шумом.

В качестве периодического тренда рассматривались синусоида, меандр, пилообразный и треугольный сигналы. Как показали исследования, объем выборки  $N$  практически не сказывается на величине относительной погрешности, поэтому далее в работе приведены результаты для  $N = 512$ . При определении квазиспектра использовались ПР и ПС фильтры не выше девятого порядка, а результаты усреднялись по десяти реализациям.

На рис. 1 приведены зависимости относительной погрешности определения частоты  $\delta_f$  для различных типов периодического тренда и различных значений отношения сигнал/шум (ОСШ), условно вычисляемого как отношение квадрата амплитуды тренда к дисперсии шума.





з)

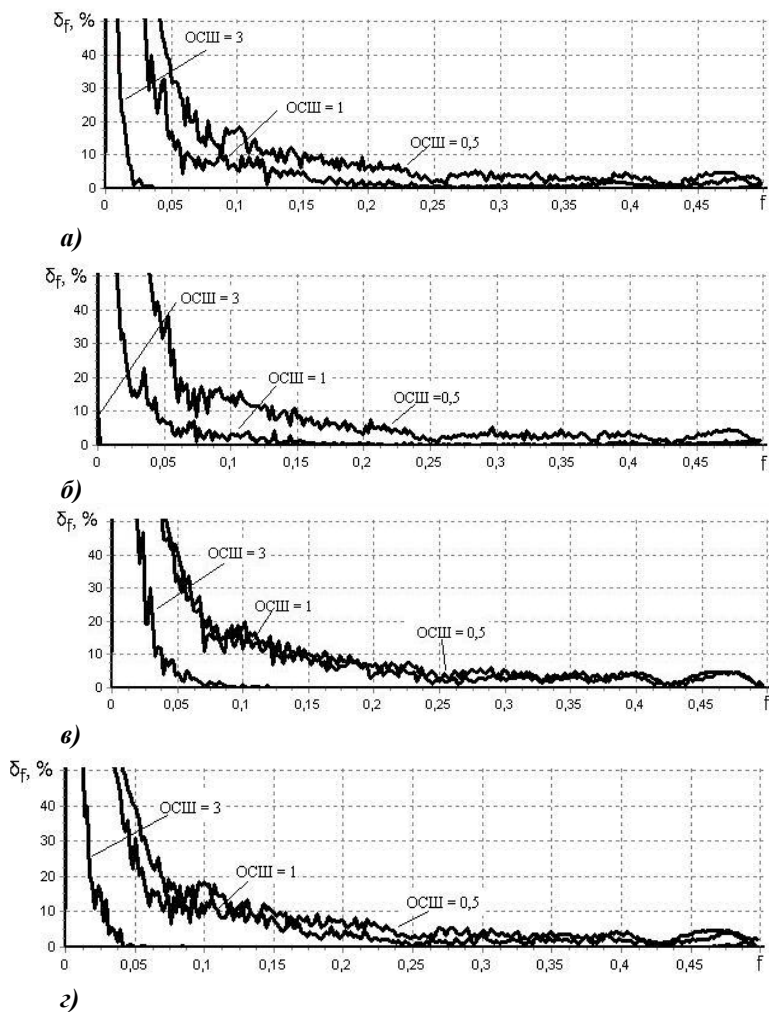
**Рисунок 1. Относительная погрешность определения частоты для разных типов периодического тренда: а) синусоидальный, б) меандр, в) пилообразный, з) треугольный**

Полученные результаты показывают, что предлагаемый способ оценки частоты при значениях ОСШ более трех обеспечивает погрешность не выше 0,5 % практически во всем диапазоне относительных частот (примерно, 0,05...0,45) для всех типов тренда. Исключение здесь составляет тренд типа «меандр», для которого при повышении ОСШ характерно появление нерегулярных резких всплесков погрешностей на краях относительного частотного диапазона. Этот факт можно связать со сложным спектром такого рода сигналов и слабой чувствительностью квазиспектра на краях относительного частотного диапазона [3]. При этом, в случае единичного ОСШ частотный диапазон, в котором погрешность определения частоты тренда не превышает 2 %, для такого типа тренда имеет наибольшее значение и составляет примерно 0,15...0,35, в то время как для трендов других типов этот диапазон существенно ниже.

Таким образом, можно отметить существенное снижение частотного диапазона, в котором погрешность не превышает приемлемого уровня при снижении ОСШ. Так, уже при ОСШ, равном 0,5 средняя погрешность в диапазоне 0,2...0,3 составляет для синусоидального тренда примерно 5 %, для меандра — 7,5 %, для пилообразного тренда — 12 %, а для пилообразного — 11 %. Наилучшие результаты, проявляемые методом при определении синусоидального тренда можно объяснить более простым характером спектра этого сигнала, в силу чего и вид квазиспектра имеет меньше ложных максимумов, которые и играют решающую роль при определении частоты тренда.

Для повышения эффективности определения частоты было предложено искать не общий максимум по всем значениям квазиспектра, а локальные максимумы, лежащие в окрестностях частоты тренда. Очевидно, что для этого требуется априорное знание о значении частоты тренда. Приведенные результаты были получены

при поиске локальных максимумов в области относительных частот  $\pm 5\%$  от истинного значения частоты тренда. Результаты такого способа оценки частоты приведены на рис. 2.



**Рисунок 2. Относительная погрешность определения частоты для разных типов периодического тренда при поиске локальных максимумов: а) синусоидальный, б) меандр, в) пилообразный, г) треугольный**

Полученные результаты свидетельствуют о существенном снижении величины относительной погрешности в области как низких, так и высоких относительных частот. Так, при ОСШ равном трем частотный диапазон, в котором погрешность определения частоты предлагаемым способом не превышает 1 %, для синусоидального тренда составляет примерно 0,03...0,5, для пилообразного тренда — 0,08...4,9, для пилообразного тренда — 0,05...0,46. Лучший результат показывает тренд типа «меандр», для которого погрешность составляет величину менее 0,5 % практически во всем относительном частотном диапазоне. При снижении ОСШ погрешность существенно возрастает, причем следует отметить, что максимум погрешности приходится на низкочастотную область относительного спектра. Это можно объяснить свойствами квазиспектра, который для любого типа сигнала часто дает ложную составляющую, соответствующую относительной частоте 0,25, причем эффект особенно сильно проявляется при анализе низкочастотных сигналов.

Таким образом, предложенный способ оценки частоты гармонического тренда позволяет оценивать частоту тренда с относительной погрешностью не более 1 % практически во всем частотном диапазоне при величине ОСШ не менее трех. Следует также отметить низкие вычислительные затраты, свойственные для предложенного способа, позволяющие реализовывать его на микроконтроллерной технике

### **Список литературы:**

1. Кедем Б. Спектральный анализ и различение сигналов по пересечениям нуля // ТИИЭР. т. 74. — 1986. — № 11. С. 6—24.
2. Левенец А.В., Чернявский Е.А., Чье Ен Ун. Оценки спектра сигнала методом выделения скрытых периодичностей по пересечениям нуля // Измерительная техника. — 1996. — № 9. С. 13—16.
3. Левенец А.В., Чье Ен Ун, Иванов В.Э. Первичная обработка данных. Оценка спектра, сжатие, распознавание. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. — 160 с.

## СЕКЦИЯ 13.

### ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОДИОДА ДЛЯ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ

*Серебренникова Ирина Вячеславовна*

*магистрант ТУСУР,*

*г. Томск*

*E-mail: [irin\\_88@mail.ru](mailto:irin_88@mail.ru)*

*Маломуж Павел Александрович*

*студент ТУСУР,*

*г. Томск*

*E-mail: [pavel\\_141289@mail.ru](mailto:pavel_141289@mail.ru)*

*Солдаткин Василий Сергеевич*

*старший преподаватель каф. РЭТЭМ ТУСУР,*

*г. Томск*

*E-mail: [issledowatel86@mail.ru](mailto:issledowatel86@mail.ru)*

*Туев Василий Иванович*

*д-р техн. наук, заведующий каф. РЭТЭМ ТУСУР,*

*г. Томск*

*E-mail: [tvi\\_retem@main.tusur.ru](mailto:tvi_retem@main.tusur.ru)*

# **SIMULATION OF LIGHT CHARACTERISTICS OF LEDS FOR LIGHTING SYSTEMS**

*Irina Serebrennikova*

*undergraduate TUSUR, Tomsk*

*Pavel Malomuzh*

*student TUSUR, Tomsk*

*Vasily Soldatkin*

*Senior Lecturer of Department. RETEM TUSUR, Tomsk*

*Vasily Tuiv*

*PhD, Head of Department. RETEM TUSUR, Tomsk*

## **АННОТАЦИЯ**

В работе приведены результаты моделирования светового потока светодиода в зависимости от показателя преломления компаунда и вариантов двухуровневой герметизации светодиода компаундами с различными значениями показателей преломления, с целью определения наиболее эффективного варианта герметизации светодиода и обеспечения равномерности излучения. Моделирование световых характеристик светодиода осуществлялись в программе Lambda Research Corporation TracePro. В результате исследования установлено наилучшее соотношение двухуровневой послойной герметизации составляет 20 % оптической среды с  $n=1,45$  у поверхности кристалла и 80 % с  $n=1,41$ .

## **ABSTRACT**

The paper presents the results of modeling the LED light output as a function of the refractive index of the compound and the two-level options sealing compound LEDs with different refractive indices, with a view to determining the most effective option sealing the LED, and to ensure uniformity of the output radiation. Simulation of light characteristics LED have been implemented in the program Lambda Research Corporation TracePro. In the simulation shown that the best ratio of the two sealing tier waterline at 20 % of the optical medium with  $n = 1,45$  on the surface of the crystal and 80 % of  $n = 1,41$ .

**Ключевые слова:** светодиод; показатель преломления; двухуровневая герметизация; равномерность излучения.

**Keywords:** LED; refractive index; two-level sealing; the uniformity of the radiation.

Светодиоды уже в настоящее время стали источниками света, которые производятся в промышленных масштабах для самых разных применений в светотехнике. Светодиоды эффективны, имеют малые размеры и длительный срок службы [1]. Линейки и матрицы светодиодов излучают свет такой мощности, которая достаточна для освещения внутри помещений и улиц. Они также используются для цветной декоративной подсветки зданий. Если свойства светодиодов будут полностью контролироваться, они станут гораздо более мощными, чем обычные источники света и появится возможность управлять такими свойствами светодиодов, как их спектр излучения, цветовая температура, угловая диаграмма и т. д. Светодиоды станут универсальными источниками света, превосходя в этом отношении все другие световые источники, которые известны человечеству [2].

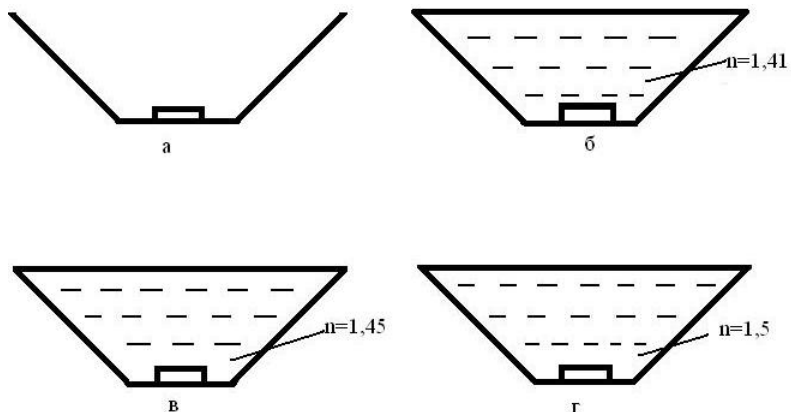
Преимущества светодиодов: 1) возможность получения разнообразных стилистических решений; 2) возможность регулирования силы света в диапазоне 0—100 %; 3) большой срок службы; 4) «моментальность» выхода на рабочие характеристики. Одним из основных параметров светодиодов является: яркость — величина, равная отношению силы света к площади светящейся поверхности (измеряется в канделах на квадратный метр) [3]. Спектральная характеристика светодиода выражает зависимость интенсивности излучения от длины волны излучаемого света и дает представление о цвете свечения светодиода. Излучение светодиода характеризуется диаграммой направленности (угол половинной яркости), которая определяется конструкцией светодиода, наличием линзы и оптическими свойствами защищающего кристалл материала. Основные параметры светодиодов зависят от окружающей температуры. С увеличением температуры яркость (сила света), а также падение напряжения при питании постоянным током на светодиоде уменьшаются. Зависимость яркости от температуры практически линейная [4].

Основная часть.

В данной работе моделировали светодиод, изучая выход излучения из светодиода далее наносили в отражатель оптическую среду с показателями преломления 1,41, 1,45 и 1,5 и в разных соотношениях. Анализ проводился с помощью программы Lambda Research Corporation — TracePro. На рисунке 1 схематично показано

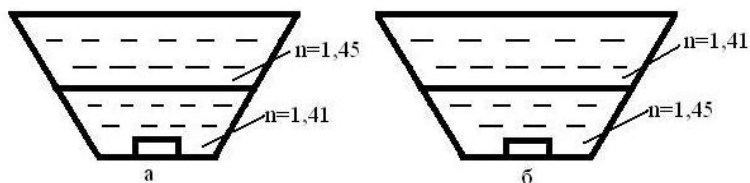


расположение светодиодного кристалла в отражателе с оптическими средами с показателями преломления  $n=1$ ,  $n=1,41$ ,  $n=1,45$  и  $n=1,5$ . При использовании люминофора происходит потеря оптической мощности при переходе от синего к белому свету (рисунок 1 (в)). Потери могут достигать до 25 % при различной плотности тока. Связано это может быть с потерями непосредственно при переизлучении люминофора, так и с изменением спектрального состава излучения синего кристалла при изменении тока [5].



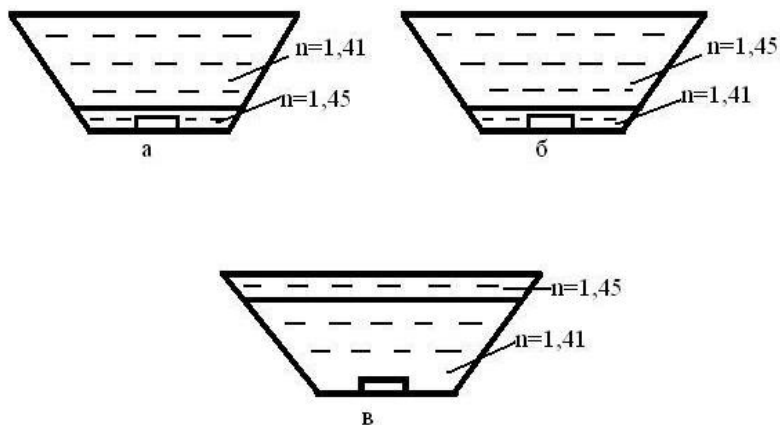
**Рисунок 1. Светодиодный кристалл в отражателе:**  
*а) с оптической средой  $n=1$ , б) с оптической средой  $n=1,41$ ,  
 в) с оптической средой  $n=1,45$ , г) с оптической средой  $n=1,5$*

Далее, моделировали светодиод в оптической среде из двух слоев компаундов с соотношением толщины слоев 1 к 1 с показателями преломления 1,41 и 1,45 (рисунок 2), в случае (а) — вблизи светодиодного кристалла располагалась оптическая среда с коэффициентом преломления  $n=1,41$ , в случае (б) — оптическая среда с  $n=1,45$ .



**Рисунок 2. Светодиодный кристалл в оптической среде из двух слоев компаундов**

На рисунке 3 показаны варианты моделирования светодиодного кристалла с нанесением в отражателе оптически прозрачных сред в разных соотношениях по толщине.



**Рисунок 3. Светодиодный кристалл в отражателе оптически прозрачных сред в разных соотношениях по толщине**

Результаты.

В таблицах 1, 2 и 3 приведены значения максимального излучения по каждому варианту смоделированного светодиода.

**Таблица 1.**

**Значения максимального излучения**

Оптическая среда	n=1	n=1,41	n=1,45	n=1,5
Световой поток (Лм)	0,05	0,19291	0,18852	0,18537

**Таблица 2.**

**Значения максимального излучения**

Оптическая среда в соотношении 50/50	n=1,45 и n=1,41 вблизи кристалла	n=1,41 и n=1,45 вблизи кристалла
Световой поток (Лм)	0,070264	0,04824

**Таблица 3.**

**Значения максимального излучения**

<b>Оптическая среда</b>	80 % оптической среды с $n=1,45$ и 20 % с $n=1,41$ вблизи кристалла	20 % оптической среды с $n=1,45$ и 80 % с $n=1,41$ вблизи кристалла	80 % оптической среды с $n=1,41$ и 20 % с $n=1,45$ вблизи кристалла
<b>Световой поток (Лм)</b>	0,095327	0,19291	0,04824

Во всех варианта моделирования светодиода, получились диаграммы направленности распределения с боковыми лепестками и только в случае, где в отражателе нанесено 20 % оптической среды с  $n=1,45$  и 80 % с  $n=1,41$  вблизи кристалла, получилось распределение Гаусса. При использовании светодиодов в качестве источника света необходимо, чтобы диаграмма направленности была плавной, без ярко выраженных дополнительных максимумов и минимумов. В данном случае идеальным можно считать случай с оптической средой с показателем преломления 1.

**Список литературы:**

1. Вилисов А.А., Дохтуров В.В., Тепляков К.В., Солдаткин В.С. Индикаторные светодиоды для поверхностного монтажа // Полупроводниковая светотехника. — 2011. — Т. 5. — № 13. — С. 50—51.
2. Забелин В.А., Гуревич С.А. Моделирование процессов распространения излучения в светодиодах на основе AlGaInN и методы повышения их эффективности // Тез. докл. 3-й Всероссийской конф. «Нитриды галлия, индия и алюминия — структуры и приборы». — СПб. — 2004. — С. 123—124.
3. Никифоров С.Г. Проблемы, теория и реальность светодиодов // Компоненты и технологии. — № 5. — 2005. — С. 48—57.
4. Удальцов В.Е., Уварова (Титова) А.А. Моделирование процессов распространения излучения в светодиодах // Известия вузов: Приборостроение. — Вып. 7. — 2010. — С. 67—73.

## СЕКЦИЯ 14.

### БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ

#### ФАКТОР БЕЗОПАСНОСТИ — ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

*Апросимова Екатерина Петровна*

*канд. техн. наук, доцент Горный факультет Федеральное  
Государственное Автономное Образовательное учреждение  
Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,  
г. Якутск*

*E-mail: [MF\\_YSU@mail.ru](mailto:MF_YSU@mail.ru)*

#### FACTOR OF SAFETY — THEORY AND PRACTICE

*Aprosimova Ekaterina*

*candidate of technique, associate professor Mining faculty of North-Eastern  
Federal University, Yakutsk*

#### АННОТАЦИЯ

В статье говорится об анализе нарушения законодательных, нормативно-правовых актов, выявленных студентами по итогам прохождения производственных практик. Высказано мнение:

- о влиянии фактора безопасности на профессиональную подготовку студентов;
- об использовании современных технологий при проведении инструктажа по технике безопасности.

#### ABSTRACT

The article is about analysis of breach of legislative and normative acts, revealed by the students during their practical work. There are the following opinions:

- about influence of factor of safety on the professional training of students;
- about use of the modern technologies in instructions of safety of labor.

**Ключевые слова:** безопасность; профессионализм; современные технологии; нарушения законодательства.

**Key words:** safety; professionalism; modern technologies; breach of legislation.

По аналитическим данным Государственной инспекции труда по Республике Саха (Якутия) за 2012 год в организациях и предприятиях произошло 88 несчастных случаев (НС), что на 7,3 % больше, чем в 2011 году. Из них:

- со смертельным исходом 27 (в 2011 — 18);
- с тяжелым исходом 50 (в 2011 — 60);
- 11 групповых (в 2011 — 0).

В аналитическом материале отмечается, что наибольшее количество погибших в результате НС на производстве со смертельным исходом зарегистрировано в организациях связанных с добычей полезных ископаемых, строительством (15,9 %), транспортом (10,2), производством газа, воды и энергетики, торговлей, операций с недвижимым имуществом, образованием и обрабатывающим производством (7,9 %).

*Таблица 1.*

**Хронограмма НС со смертельным исходом на ГДП РС (Я)  
за 2012 год**

Месяц	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь
Дата НС	-	08.05	10.06	-	-	-	09.10
	21.04	19.05	-	15.07	-	-	-
	-	21.05	-	29.07	28.08	-	26.10
Всего	1 НС	3 НС	1 НС	2 НС	1 НС	-	2 НС

В аналитическом материале отмечается, что наибольшее количество погибших в результате НС на производстве со смертельным исходом зарегистрировано в организациях связанных с добычей полезных ископаемых, строительством (15,9 %), транспортом (10,2), производством газа, воды и энергетики, торговлей, операций с недвижимым имуществом, образованием и обрабатывающим производством (7,9 %).

*Таблица 2.*

**Количество погибших в результате НС на ГДП РС (Я) в 2012 году**

Месяц	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь
Дата НС	-	1	1	-	-	-	1
	1	1	-	1	-	-	-
	-	1	-	1	6	-	2
Всего	1	3	1	2	6	-	3

Наибольший удельный вес пострадавших от несчастных случаях приходится на организации связанные с добычей полезных ископаемых — 23,8 %. Групповые НС так же произошли в горнодобывающей отрасли. При этом наибольшее количество НС на горнодобывающих предприятиях (ГДП) со смертельным исходом произошло в весеннее — летний период (таблица 1).

Общее количество погибших 16 человек средний возраст погибших 43 года, количество погибших в соответствие с хронологией представлено в таблице 2.

В 2012 году на горнодобывающих предприятиях Якутии произошло 10 несчастных случаев с тяжелым исходом, при этом пострадало — 14 человек.

По данным Роструда, до 70 % причин несчастных случаев на производстве с тяжелыми и смертельными последствиями носят организационный порядок [1]. Это утверждение подтверждается косвенным анализом практических работ студентов, представленных на занятиях по дисциплине «Безопасность труда при эксплуатации горных машин».

На занятиях по дисциплине студенты изучают не только федеральные законы (ФЗ), но и отраслевые нормативные акты (ОН) и в качестве практического задания разбирают нарушения, выявленные на производственных практиках. Подобные практические занятия проводятся у студентов специальности 150402 «Горные машины и оборудования» с 2007 года [2]. В качестве примера приведем аналитические работы 10 студентов группы ГМ-08, выполненных в 2012—13 учебном году (таблицы 3, 4). Следует заметить, что дисциплина изучается на 5 курсе. Традиционно, за редким исключением, студенты проходят производственные и преддипломные практики на одних и тех же предприятиях. При выполнении аналитической работы студент вправе указывать или не указывать наименование предприятия, но обязан представить наиболее объективную оценку, поскольку оценивает достоверность «коллега» по практике.

Все нарушения студенты разделили на две основные группы:

- нарушения в области охраны труда;
- нарушения в области обеспечения прав работников.

Данные приведены в таблицах 3 и 4.

*Таблица 3.*

**Нарушения в области организации охраны труда**

№ п/п	Вид нарушения	Статья закона	Количество фиксаций	Примечание
1	2	3	4	5
1	<b>Не был проведен инструктаж по безопасности труда</b>	<b>П. 21 ЕПБ ОГР, ст. 22 ТК</b>	<b>6</b>	Или проведен формально, поставлена подпись в журнале ТБ
2	<b>Отсутствие инструктажа по обеспечению безопасного ремонта оборудования</b>	<b>П.п 21, 25, 214 ЕПБ ОГР</b>	<b>4</b>	
3	Стажеры водители БелАЗ выходили на работу без прохождения должной стажировки (через 3 дня возжжения без инструктора)	Ст. 328 ТК	2	Время прохождения стажировки составляет от 2 до 15 дней в сопровождении инструктора
4	Из-за отсутствия водителя работу выполнял слесарь, не имеющий допуск к работе на транспорте;	а) Ст. 12.7 гл. 12 КАП	1	Студент оценил, как административное нарушение
5	Автоэлектрик не смог правильно настроить компьютер самосвала	П. 214 ЕПБ ОГР	1	Не достаточная квалификация рабочего персонала
6	Без права допуска рабочие работали на экскаваторе	б) П. 214 ЕПБ ОГР	1	
7	<b>Студенты работали стропальщиками без допуска и обучения</b>	в) Ст. 379 ТК	<b>4</b>	
8	Водитель бульдозера Komatsu D-65 работал без допуска на D-375A	г) Ст. 263-1 УК	1	
9	Водитель автосамосвала КАМАЗ, зная, что колесо неисправно ехал на авось	Ст. 330 УК	2	Оценено, как самоуправство

10	Кабина самосвала не имела специального защитного козырька, но водитель во время погрузки не выходил из кабины	П 387 ЕПБ ОГР	1	
11	<b>На участке ОГР не было дорожных знаков</b>	а) Ст. 264, 293 УК, п.п. 38, 38-2 ЕПБ ОГР	5	
12	Отсутствие ограждений на дороге	б) Ст. 294 УК	1	Оценено, как халатность
13	В работе использовали списанную технику	УК	1	
14	<b>Курение в неположенных местах</b>	П. 421 ЕПБ ОГР	4	
15	Делали ремонт не по инструкции, более опасным методом	Ст. 214-1 УК	1	
16	Самоходная техника не имела технические паспорта	П. 172 ЕПБ ОГР	1	
17	Зумпфы землесосов не были ограждены и закрыты	П. 190 ЕПБ ОГР	1	
18	Не было инструкций по ремонту основного оборудования	П. 208 ЕПБ ОГР	1	Не было технологических карт и руководства
19	<b>В машинах не было средств пожаротушения</b>	П.п. 172, 380 ЕПБ ОГР	3	
20	Допуск к технике без удостоверения	Ст. 263-1 УК	1	
21	Рабочие выполняли работу без наряд-допуска	ТК	2	
22	Отсутствие в наличии специальных инструментов для ремонта	Ст. 212 ТК, п.п. 28, 29 ЕПБ ОГР	2	

*Сокращения, принятые в таблице 3:*

*ЕПБ ОГР — Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом;*

*ТК — Трудовой кодекс Российской Федерации;*

*КоАП — Кодекс российской федерации об административных правонарушениях;*

*УК — Уголовный кодекс Российской Федерации.*



В таблицах виды нарушений приведены в авторской (студенческой) редакции, в столбце 4 указано количество фиксации нарушения в 10 работах студентов.

Данные таблиц достаточно объективны, поскольку составлены на основании анализа работ на различных горнодобывающих предприятиях по итогам прохождения двух производственных практик.

**Таблица 4.**

**Нарушения в области обеспечения прав работников**

№ п/п	Вид нарушения	Статья закона	Количество фиксаций	Примечание
1	2	3	4	5
1	Выполнение работ, не обусловленных трудовым договором	Ст. 60 ТК	1	
2	<b>Студенты работали не по специальности</b>	Ст. 379 ТК	8	В том числе занимались уборкой территории, склада, погрузкой и выгрузкой мусора
3	На участке отсутствовали мастерские по ремонту спецодежды и специальной обуви	а) П. 539 ЕПБ ОГР	4	
4	Помещения не имели приточно-вытяжную вентиляцию	б) П. 540 ЕПБ ОГР	1	
5	Организацией не организуется стирка, починка спец. обуви и одежды	в) 542 ЕПБ ОГР	3	В том числе место для сушки одежды
6	Не поддерживали нормальную температуру в жилом помещении и на рабочих местах	П. 540 ЕПБ ОГР	1	
7	<b>Студенты работали стропальщиками без допуска и обучения</b>	в) Ст. 379 ТК	4	
8	<b>Не выдавали специальную одежду, обувь и средства индивидуальной защиты</b>	Ст. 212 ТК, п. 28 ЕПБ ОГР	8	В том числе шлемы и маски

9	В самосвале не было аптечки	а) П. 380 ЕПБ ОГР	1	
10	<b>В аптечках не было определенных медикаментов</b>	б) <b>П. 544 ЕПБ ОГР</b> , ст. 212 ТК	<b>4</b>	Бинтов, йода, обезболивающих
11	Не было специально устроенных пешеходных дорог	в) П. 39 ЕПБ ОГР	1	
12	<b>Для питья использовали не проверенную на состав воду</b>	<b>П 543 ЕПБ ОГР</b> , ст. 212 ТК	<b>6</b>	В компоте легко можно было найти червей
13	<b>В машинах не было средств пожаротушения</b>	П. п. 172, 380 ЕПБ ОГР	<b>3</b>	
14	Рабочие выполняли работу без наряд-допуска	ТК	<b>2</b>	
15	Не выдавали спасательные жилеты, когда переплывали реку Лена до участка работ	Ст. 143 УК	1	Нарушение правил ОТ
16	Продолжительность рабочего дня превышала нормы	Ст. 91 ТК	1	
17	Не проводилось санитарно-бытовое обслуживание	Ст. 11 ТК	1	Речь о лечебно-профилактическом обслуживании на участке

*Сокращения, принятые в таблице 4:*

*ЕПБ ОГР — Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом;*

*ТК — Трудовой кодекс Российской Федерации;*

*КоАП — Кодекс российской федерации об административных правонарушениях;*

*УК — Уголовный кодекс Российской Федерации.*

Данные таблицы достаточно объективны, поскольку составлены на основании анализа работ на различных горнодобывающих предприятиях по итогам прохождения двух производственных практик.

Представленные студентами сведения показывают наличие на ГДП грубейших нарушений правил и техники безопасности.

Прослеживается взаимосвязь:

- отсутствие инструктажа по ТБ;
- отсутствие спецодежды и средств индивидуальной защиты;
- отсутствие аптечки.

Зная менталитет студентов, косвенно можно предположить, что **они получили травмы** и не нашли необходимых средств в аптечках.

Данные показывают так же наличие на горнодобывающих предприятиях **неквалифицированного персонала**.

Очевидно, что вахтовый метод работы, при котором нет постоянных рабочих кадров, привело к снижению ответственности работодателем по выполнению требований статьи 212 Трудового кодекса РФ (ТК).

Основываясь на сопоставлении данных студентов и данных по несчастным случаям со смертельным исходом, произошедших на предприятиях горнодобывающей отрасли, можно предположить наличие нарушений законодательных норм, которые квалифицируются статьей 330 Уголовного Кодекса РФ (УК).

Увеличение числа несчастных случаев в 2012 году на ГДП Якутии можно объяснить, в том числе, недостаточным количеством квалифицированных специалистов в области промышленной безопасности и охране труда.

Известно, что производственный контроль при наличии компетентных специалистов по охране труда снижает количество несчастных случаев в несколько раз. Поскольку чем выше уровень профессионализма специалиста по охране труда, тем эффективнее проводимые профилактические работы, тем меньше ущерб от неблагоприятных условий труда таблица 5 [6].

С другой стороны известна существование взаимосвязи динамики эффективности проведения обучения вопросам охраны труда и статистики несчастных случаев на предприятиях.

Например, на предприятиях Челябинской области с 2005 по 2007 год количество обучений на предприятиях по охране труда увеличилось с 2200 до 3400, при этом производственный травматизм снизился с 285 до 109 соответственно [1].

Безусловно, нельзя при проведении профилактических работ не учитывать особенности российского менталитета. В августе 2012 года групповой несчастный случай произошел при ведении проходческих работ на Удачнинском ГОК АК АЛРОСА. Между тем в 2008 году автор статьи говорил, что на руднике «Интернациональный» при эксплуатации проходческих комбайнов АМ-105 и АМ-75 не учитывается временной разрыв срока твердения закладочного материала. Из-за бетонирования колокола редуктора привода шарошки происходит обрыв шестерен и валов. Что приводило, в лучшем случае, к простоя комбайна, дорогостоящему ремонту, потере прибыли [2].

*Таблица 5.*

**Зависимость К<sub>ч</sub> от уровня образования специалиста  
по охране труда**

Значение К <sub>ч</sub>					<b>21.01</b>
					<b>14,39</b>
		<b>6,00</b>			
			<b>4.08</b>		
		<b>1, 74</b>			
Уровень образования	Высшее по охране труда	Высшее техническое	Среднее спец. техническое	Высшее гуманитарное	Среднее спец. гуманитарное

На практических занятиях по дисциплине «Безопасность труда при эксплуатации горных машин» студенты не только анализируют нарушения отраслевых и федеральных законодательных норм, но и ищут пути решения проблем безопасности труда на горнодобывающих предприятиях.

Достаточно компетентными суждениями за последние годы, по мнению автора, было предложение о введении поощрительных коэффициентов за соблюдение требований охраны труда и безаварийную работу, а так же предоставление специализированного кабинета с аудио и видеозаписью для устранения фиктивного проведения инструктажей. С хранением записи, как и всей документации, для использования их при расследовании несчастных случаев и решении конфликтных ситуаций.

Кроме того, для улучшения качества фактора безопасности студенты предложили установить видеорекамеры на рабочих местах с дистанционной передачей видеофайлов на компьютер диспетчера. К сожалению, последнее предложение, с учетом обширности территории республики, на сегодня выполнить сложно.

**На основе аналитического материала, представленного во время проведения практических работ, с 2013 года студенты вносят предложения в раздел дипломного проекта по охране труда.**

Руководителям горных предприятий нельзя забывать, что при организации производственных практик студентов они нарабатывают профессиональный капитал.

Профессиональный капитал строится не только на теоретическом накоплении знаний, а прежде всего на практическом опыте работы, в том числе на примере организации труда на предприятии.

Профессиональный капитал включает три компонента [3]:

человеческий — включающий совокупность способностей отдельных личностей;

социальный — модели отношений внутри коллектива и администрации;

методический — накопленные знания и опыт, позволяющие глубоко и верно понимать существующую ситуацию и принимать оптимальные решения.

В свою очередь наработка профессионального капитала связано с будущим развитием горного предприятия, именно поэтому на ГДП необходимо внести изменения, которые явно видны из представленного материала.

**Одним из существенных факторов наработки профессионального капитала является фактор безопасности.** Фактор безопасности, так или иначе, аккумулирует в себе все спектральные составляющие профессионального капитала.

Анализ студенческих работ показывает, что число несчастных случаев на горных предприятиях Якутии можно значительно сократить при наличии:

- компетентных специалистов по охране труда;
- изменения требований по проведению инструктажей по охране труда (фиксации на видео);
- анализа состояния промышленной безопасности;
- внеплановых проверок эксплуатации и содержания технических устройств;
- контроля за соблюдением технологической дисциплины;
- проведения производственного контроля санитарно-бытовых условий (в том числе качества питьевой воды);
- поощрений за соблюдение требований охраны труда и безаварийную работу;
- соответствия квалификационного уровня рабочих и специалистов.

Теоретические знания, аналитический материал, научное обоснование и внедрение результатов в квалификационную работу шаги студентов, которые должны привести к изменению миропонимания,

когда важнейшим фактором является не только доход предприятия, но и жизнь, и уровень знаний персонала.

### **Список литературы:**

1. Аитов А.Н. Динамика эффективности проведения обучения вопросам охраны труда отдельных категорий застрахованных/ А.Н. Аитов// Безопасность и охрана труда. — 2007. — № 4. — С. 56—57.
2. Апросимова Е.П. Влияние российского менталитета на качество горного производства (на примере Якутии)/ Е.П. Апросимова // Материалы всероссийской НПК «Безопасность горного производства в РС (Я)» — Якутск, Изд-во ЯГУ, 2008. С. 82—85.
3. Винокурова У.А. Профессиональный капитал женщин как педагогов/ У.А. Винокурова// Материалы республиканской НПК с международным участием «Женщины и вызовы современности», 3—4 апреля 2013 г. — С. 5.
4. Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом/ Статус действующий, номер государственной регистрации В0203186, дата принятия 09.09.2002. — 64 с.
5. Кодекс российской федерации об административных правонарушениях/ [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.consultant.ru/popular/koap/> (дата обращения: 19.12.12).
6. Сердюк В.С. С чистого листа. Влияние уровня компетентности специалистов по охране труда на условия, охрану и безопасность труда в организации/ В.С. Сердюк, И.В. Ушаков//Безопасность и охрана труда. — 2012. — № 2. — С. 46—51.
7. Трудовой кодекс Российской федерации. — М.: Издательство «Омега-Л», 2010. — 188 с.
8. Уголовный кодекс Российской федерации. — М.: Проспект, КноРус, 2010. — 176 с.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ  
ПРОВЕДЕНИЯ АТТЕСТАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ,  
КАК ЭЛЕМЕНТА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ОХРАНОЙ ТРУДА ПРЕДПРИЯТИЙ**

***Касапчук Наталья Васильевна***

*вед. инженер по ОТ и ТБ ТИ (ф) ФГАОУ ВПО «СВФУ»,  
г. Нерюнгри*

***Корецкая Наталья Александровна***

*канд. техн. наук, доцента ТИ (ф) ФГАОУ ВПО «СВФУ»,  
г. Нерюнгри  
E-mail: [bhl53@mail.ru](mailto:bhl53@mail.ru)*

**THE IMPROVEMENT OF WORKPLACES  
ASSESSMENT AS AN ELEMENT  
OF COMPANY LABOUR SAFETY MANAGEMENT**

***Casapchuk Nataly Vasiljevna***

*the leading engineer on labour protection and safety of the Technical  
Institute (branch) of FSAEE HPE “North-Eastern Federal University”,  
Nerungri*

***Coretskaya Nataly Alexandrovna***

*PhD, Associate Professor of the Technical Institute (branch) of FSAEE  
HPE “North-Eastern Federal University”, Nerungri*

**АННОТАЦИЯ**

1. Повышение качества аттестации рабочих мест;
2. Установление единых нормативных требований по охране труда для предприятий всех форм собственности;
3. Приведение методик аттестации рабочих мест к единым стандартам.

После вступления в силу Приказа Минздравсоцразвития России от 26.04.2011 г. № 342н о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда, произошли значительные улучшения в проведении аттестации рабочих мест, но недоработка присутствует. Требуется

дальнейшее усовершенствование процедур проведения работ по аттестации рабочих мест.

#### ABSTRACT

1. To enhance the quality of workplaces assessment;
2. To establish uniform normative requirements on labour safety for enterprises of all ownership forms;
3. To lead the workplaces assessment methods to the uniform standards. After coming into force of the Ministry of Healthcare and Social Development Decree № 342n (April 26th, 2011) on the workplaces assessment, significant improvements have taken place in this procedure, though drawbacks in the definition of a workplace, similarity and stability are still present. Further improvements of the workplaces assessment is required.

**Ключевые слова:** управление охраной труда; аттестация рабочих мест; трудовой кодекс.

**Keywords:** labour safety management; workplaces assessment; Labour Code.

В наше прогрессивное время человек большую часть своей жизни проводит на работе, и от того, насколько безопасно будет организован рабочий процесс, зависит не только жизнь человека, что является самым ценным [2], но и производительность труда в целом для отдельно взятого предприятия и государства.

Правовым инструментом, позволяющим регулировать действие работодателей в отношении создания безопасных и здоровых условий труда в нашей стране, является нормативно-техническая документация в области трудового права. На данный момент трудовое законодательство регулируется Трудовым Кодексом в редакции от 30.06.2006 г. с последующими изменениями и дополнениями [4].

Государственная политика в области охраны труда направлена на организацию и регулирование управления надзора и контроля действий промышленных предприятий; стимулирование работодателей на создание безопасных и безвредных условий труда; обеспечение работников средствами защиты; контроль за расследованием несчастных случаев на производстве и защиту интересов работников пострадавших на производстве или получивших профзаболевания; регулирование компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда и т. д.

Прямым инструментом содействия организациям в осуществлении непрерывного совершенствования деятельности по безопас-



ности работников и гигиене труда на их рабочих местах является международная система стандартов OHSAS 18001, внедренная в нашей стране с 1999 года. В России данный стандарт имеет аналог национального и называется ГОСТ Р 12.0.230-2007.

Целью стандарта OHSAS 18001:2007 является защита работников предприятий от воздействия опасных и вредных производственных факторов, сокращение количества несчастных случаев и профессиональных заболеваний, внедрение соответствующей Системы управления охранной труда позволит свести к минимуму производственные и профессиональные риски, снизить воздействие опасных и вредных производственных факторов, т. е. сертификат OHSAS 18001 показывает, что на предприятии ведется пристальный контроль за всеми факторами рисков, организация заботится о безопасности персонала на своих рабочих местах.

Официальным документом, подтверждающим соответствие Системы управления охранной труда стандарту OHSAS 18001:2007, является Сертификат по охране труда, который выдается на 3 года, ежегодно проводится инспекционный аудит (надзорный аудит) для подтверждения системы данного стандарта.

Международная или национальная сертификация производственных объектов на соответствие требований по охране труда является самым объективным инструментом менеджмента производственной безопасности и охраны здоровья.

Базовой процедурой, без которой сертификация объекта становится невозможной, является аттестация рабочих мест, т. е. анализ и оценка фактических условий труда на рабочих местах. Требования по охране труда и обязательная аттестация рабочих мест регламентируются гл. 34 ТК РФ.

В целях стимулирования организаций на проведение работ по сертификации производственных объектов в 2011 году введен в действие приказ Минздравсоцразвития № 342н «Об утверждении порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда» (далее — приказ № 342н). Основным отличием от ранее действующего приказа № 569, стало обязательное привлечение специализированной для проведения всех работ, аттестующей организации. Анализ положительных и отрицательных сторон, существующей схемы показывает, что основным минусом в проведении аттестации рабочих мест являются большие финансовые затраты, возлагаемые на работодателя, который пытается найти лазейки в законодательстве, для снижения этих затрат, и такая возможность существует. Например, общая стоимость работ напрямую зависит от количества аттестуемых

рабочих мест, снизить которое можно выявив аналогичные, чем значительно сокращается сметная стоимость работ. В приказе Минздравсоцразвития РФ № 342н описана аналогичность рабочих мест так [3]:

- профессии или должности одного наименования;
- выполнение одних и тех же профессиональных обязанностей при ведении однотипного технологического процесса в одинаковом режиме работы;
- использование однотипных производственного оборудования, инструментов, приспособлений, материалов и сырья;
- работа в одном или нескольких однотипных помещениях или на открытом воздухе;
- использование однотипных систем вентиляции, кондиционирования воздуха, отопления и освещения;
- одинаковое расположение объектов (производственного оборудования, транспортных средств) на рабочем месте;
- одинаковый набор вредных и (или) опасных производственных факторов одного класса или степени;
- одинаковая обеспеченность средствами индивидуальной защиты.

На аналогичных рабочих местах оценка вредных и опасных производственных факторов производится на основании данных, полученных при аттестации 20 % таких мест от их общего числа, но не менее двух. В случае выявления хотя бы одного рабочего места, не отвечающего признакам аналогичности, оценке подвергаются 100 % рабочих мест и определяется новый перечень рабочих мест с учетом результатов измерений и оценок. На аналогичные рабочие места заполняется одна карта аттестации рабочего места по условиям труда. Условия труда и мероприятия по их улучшению, установленные хотя бы для одного рабочего места из числа 20 % аналогичных рабочих мест, являются едиными для всех аналогичных рабочих мест.

Как же определить аналогичность таких рабочих мест, как преподаватели вузов и учителей, водитель маршрутного такси и водитель-экспедитор и так далее? Можно ли их считать аналогичными? Все эти вопросы решаются в стенах аттестующей организации и только она может сделать вывод, но будет ли этот вывод объективным?

Еще один не малозначительный вопрос — о стационарности рабочего места. Существует ряд профессий, для которых сложно определить продолжительность работ на одном месте.

Рабочее место — пространственно организованный участок рабочей площади, в пределах которого группа работников (звено, бригада) или один работник (рабочий, служащий) осуществляют трудовые обязанности, т. е. это часть территории предприятия, на которой исполнитель (исполнители) выполняет определенный круг работ по изготовлению продукции или обслуживанию технологического процесса. Другими словами, рабочее место — это зона, где работник находится 70 % рабочего времени [1]. С такими сложностями можно столкнуться при аттестации таких профессий, как: преподаватель вуза, курьер, почтальон, проходчик, электрик по ремонту электрооборудования, слесари-сантехники, строительные рабочие и таких должностей великое множество.

Еще один не маловажный фактор, это коррупция. Аттестующие организации намеренно снижают цены на проведение аттестации, для привлечения большего числа клиентов, что в дальнейшем может привести к некачественному выполнению работ.

На результат аттестации также влияют особенности организации и методика проведения работ, что в ряде случаев приводит к субъективной оценке. Измерения составляют лишь 15—20 % полученной информации, остальные 80—85 % зависят от опыта, профессиональной компетентности и добросовестности специалистов аттестующей организации. В приказе Минздравсоцразвития РФ № 342н нет требований к квалификации персонала. В данном документе содержится указание на то, что организация должна быть лицензирована. Можно предположить, что результат, записанный в карту аттестации, зависит от политики организации, что не исключает субъективности в выводах специалистов аттестующей организации. Но, важно учитывать, что независимо от указанных выше обстоятельств, результат аттестации становится юридическим фактом в течение последующих 5 лет.

Все эти противоречия в дальнейшем могут негативно повлиять на результаты аттестации рабочих мест организации, и, в отдельных случаях, привести к ошибочным выводам, например, при расследовании профессиональных заболеваний. Подобные решения приводят к серьезным юридическим прецедентам [5]. Все эти проблемы решаются в судебном порядке, и не всегда принятое решение выносят в пользу работника. Для того, чтобы избежать подобных ситуаций, аттестация рабочих мест должна быть проведена на высоком уровне. Для этого требуется разработка отраслевых и локальных нормативно-технических и методических документов в этой области, что является актуальной научно-технической задачей.

### **Список литературы:**

1. Аттестация рабочих мест: Методические рекомендации. — М.: МЦФЭР, 2006. — 30 с.
2. Конституция Российской Федерации (принята на всенародном голосовании 12 декабря 1993 г.) (с поправками), статья 2 — 10 с.
3. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации (Минздравсоцразвития России) от 26 апреля 2011 г. № 342н г. М. — 15 с.
4. Трудовым Кодексом в редакции от 30.06.2006 г. — 43 с.
5. Туболев Д.: «Охрана труда»// ЭЖ-Юрист — 1998., — № 25 — 126 с.

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

# «ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ – ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ»

Материалы XXI международной заочной научно-практической  
конференции

15 мая 2013 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 24.05.13. Формат бумаги 60х84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 12,375. 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