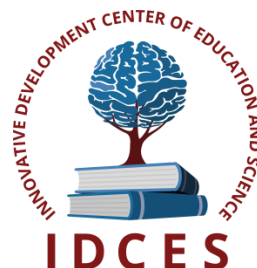


**ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**  
**INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE**



**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ В МИРЕ: ОТ ТЕОРИИ К  
ПРАКТИКЕ**

**Выпуск II**

**Сборник научных трудов по итогам  
международной научно-практической конференции  
(10 августа 2015г.)**

**г. Ростов-на-Дону  
2015 г.**

**Технические науки в мире: от теории к практике** / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 2. . Ростов-на-Дону, 2015. 80 с.

**Редакционная коллегия:**

доктор технических наук, профессор Аракелян Эдик Койрунович (г.Москва), доктор физико-математических наук, профессор Будагян Ирина Фадеевна (г.Москва), доктор технических наук, доцент Бунаков Павел Юрьевич (г.Коломна), кандидат технических наук Валеев Анвар Рашитович (г.Уфа), доктор технических наук, профессор Высоцкий Лев Ильич (г.Саратов), доктор технических наук, старший научный сотрудник Галкин Александр Фёдорович (г.Санкт-Петербург), кандидат технических наук, доцент Горюнова Валентина Викторовна (г.Пенза), кандидат педагогических наук, доцент Давлеткиреева Лилия Зайнитдиновна (г.Магнитогорск), доктор технических наук, профессор Дадашев Мирали Нуралиевич (г.Москва), доктор технических наук, профессор Денисов Валерий Николаевич (г.Санкт-Петербург), кандидат технических наук Егоров Алексей Борисович (г.Харьков), доктор технических наук, профессор Жуманиязов Максуд Жаббиевич (г.Ургенч), доктор технических наук, профессор, заслуженный мелиоратор РФ Заднепровский Рэм Петрович (г.Волгоград), кандидат технических наук Иванов Валерий Игоревич (г.Москва), кандидат технических наук Ключева Инна Викторовна (г.Новосибирск), кандидат технических наук, доцент Корниенко Владимир Тимофеевич (г.Ростов-на-Дону), кандидат технических наук, профессор Куберский Сергей Владимирович (г.Алчевск), доктор технических наук, доцент Курганова Юлия Анатольевна (г.Москва), кандидат технических наук Мостовой Антон Станиславович (г.Энгельс), доктор технических наук, профессор Мухуров Николай Иванович (г.Минск), кандидат технических наук, доцент Никулин Владимир Валерьевич (г.Саранск), кандидат технических наук, профессор Охрименко Ольга Владимировна (г.Вологда-Молочное), доктор технических наук, профессор Пачурин Герман Васильевич (г.Нижний Новгород), кандидат технических наук Полонский Яков Аркадьевич (г.Волгоград), кандидат технических наук Решетняк Сергей Николаевич (г.Москва), инженер, аспирант Рычков Евгений Николаевич (г.Пуатье), кандидат химических наук Хентов Виктор Яковлевич (г.Новочеркасск)

В сборнике научных трудов по итогам международной научно-практической конференции «Технические науки в мире: от теории к практике», (г. Ростов-на-Дону) представлены научные статьи, тезисы, сообщения студентов, аспирантов, соискателей учёных степеней, научных сотрудников, докторантов, специалистов практического звена Российской Федерации, а также коллег из стран ближнего и дальнего зарубежья.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных, не подлежащих открытой публикации. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов. Материалы размещены в сборнике в авторской правке.

Сборник включен в национальную информационно-аналитическую систему "Российский индекс научного цитирования" (РИНЦ).

## Оглавление

<b>СЕКЦИЯ №1.</b>	
<b>ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01) .....</b>	<b>6</b>
<b>СЕКЦИЯ №2.</b>	
<b>ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00) ....</b>	<b>6</b>
ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА НЕПОСРЕДСТВЕННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ, ЗАДАННЫХ В СДНФ ИЛИ СКНФ Глушань В.М., Дубровский И.А., Красюк О.И., Липко И.В. ....	6
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ Суханов А.В., Артемова А.И. ....	9
СОЗДАНИЕ СЕРВИСА ЗАЩИТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ В СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ Иваненко В.И., Кудрявченко И.В. ....	12
<b>СЕКЦИЯ №3.</b>	
<b>ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00).....</b>	<b>15</b>
<b>СЕКЦИЯ №4.</b>	
<b>МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00) .....</b>	<b>15</b>
ВОПРОСЫ СНИЖЕНИЯ ВИБРАЦИИ, ПЕРЕДАВАЕМОЙ РЕЛЬСОВЫМ ТРАНСПОРТОМ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ Корендясев Г.К., Мугин О.О. ....	15
ОСОБЕННОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОСЕВЫХ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРОКАТНОГО СТАНА ДУО-160 Мальцев А.А. ....	18
ТЕПЛОПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ ВНУТРЕННЕГО БАКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ Леонтьев В.В. ....	24
<b>СЕКЦИЯ №5.</b>	
<b>ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00) .....</b>	<b>28</b>
ЕДИНЫЙ ФОРМАЛИЗМ ДЛЯ МЕХАНИКИ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКИ Родюков Ф.Ф. ....	28
КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕТЯХ 6-10 КВ ГУП СК «СТАВРОПОЛЬКОММУНЭЛЕКТРО» Макарова С.С., Напсо А.Р. ....	31
РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ЗА ПОЛОЖЕНИЕМ СОЛНЦА Немихин Ю.Е., Матвеев А.В., Немков Д.А., Одинаев И.Н. ....	35
<b>СЕКЦИЯ №6.</b>	
<b>ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00) .....</b>	<b>38</b>
РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РЕМОНТНОЙ ОБРАБОТКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ Бешевли О.Б. ....	38
<b>СЕКЦИЯ №7.</b>	
<b>МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00) .....</b>	<b>42</b>
ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ГИДРОФИЛЬНОСТИ ПЛАЗМОНАПЫЛЕННЫХ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ ГИДРОКСИАПАТИТОВЫХ ПОКРЫТИЙ Лясникова А.В., Маркелова О.А., Лясников В.Н., Дударева О.А., Пичхидзе С.Я. ....	42
<b>СЕКЦИЯ №8.</b>	
<b>ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00) .....</b>	<b>45</b>
АЛГОРИТМ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ КАРЬЕРНЫМИ АВТОСАМОСВАЛАМИ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОТОЧНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ КАЧЕСТВА РУДЫ Прокопьева О.С., Хоменко Н.Н., Колебанов А.В. ....	45
<b>СЕКЦИЯ №9.</b>	
<b>АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10).....</b>	<b>48</b>

<b>СЕКЦИЯ №10.</b>	
<b>СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)</b> .....	<b>48</b>
АРХИТЕКТУРНО-МЕМОРИАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС В ПРОСТРАНСТВЕ ГОРОДА: ПРИЧИНЫ СОЗДАНИЯ АРХИТЕКТУРНО-МЕМОРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ	
Соколова А.Н. ....	48
КОМПОНОВОЧНЫЕ СХЕМЫ КАСКАДНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМИ ВОДОВЫПУСКАМИ	
Снежко В.Л., Шульгин И.В. ....	52
НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ НАГЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
Вержбовский Г.Б., Кавелин А.С. ....	55
ПРОЧНОСТЬ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ТРЕЩИНАМИ В РАСТЯНУТОЙ ЗОНЕ	
Никулин А.И., Ломтев И.А., Никулина Ю.А. ....	58
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ КРОВЕЛЬНЫХ СИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ ЗДАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОГО КОМИТЕТА, Г.СОЧИ)	
Ульшин А.Н. ....	61
<b>СЕКЦИЯ №11.</b>	
<b>ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)</b> .....	<b>64</b>
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И СОЗДАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССАХ СИНТЕЗА ОРГАНИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ	
Осетров А.Ю., Рудакова А.Б., Орехов В.С., Зарапина И.В. ....	64
<b>СЕКЦИЯ №12.</b>	
<b>ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)</b> .....	<b>66</b>
<b>СЕКЦИЯ №13.</b>	
<b>ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)</b> .....	<b>66</b>
<b>СЕКЦИЯ №14.</b>	
<b>ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)</b> .....	<b>66</b>
<b>СЕКЦИЯ №15.</b>	
<b>ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)</b> .....	<b>66</b>
<b>СЕКЦИЯ №16.</b>	
<b>БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)</b> .....	<b>67</b>
ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОПАСНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА (ОПО) ЭКСПЛУАТИРУЮЩЕГО ТРУБОПРОВОДЫ ГАЗООБРАЗНОГО КИСЛОРОДА	
Осипов В.А., Шилов Д.П., Кузин И.Ю., Галкин А.А. ....	67
<b>СЕКЦИЯ №17.</b>	
<b>ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)</b> .....	<b>69</b>
<b>СЕКЦИЯ №18.</b>	
<b>ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)</b> .....	<b>69</b>
<b>СЕКЦИЯ №19.</b>	
<b>НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)</b> .....	<b>70</b>
ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПЛАЗМЕННЫХ ГИДРОКСИАПАТИТОВЫХ ПОКРЫТИЙ	
Лясникова А.В., Мельникова И.П., Мальцева С.В. ....	70
<b>СЕКЦИЯ №20.</b>	
<b>ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)</b> .....	<b>72</b>
МАССОВАЯ ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ КОНТЕЙНЕРА	
Замкова Л.И. ....	72

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТЕГОКОНТЕЙНЕРА В КОДОВЫХ ГРУППАХ КОДЕКА РИДА-МАЛЛЕРА МОДЕМА РАДИОСИГНАЛИЗАЦИИ Корниенко В.Т.....	74
<b>СЕКЦИЯ №21.</b> <b>МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08) .....</b>	<b>77</b>
<b>ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2015 ГОД .....</b>	<b>78</b>

**СЕКЦИЯ №1.  
ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)**

**СЕКЦИЯ №2.  
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)**

**ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА НЕПОСРЕДСТВЕННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ДЛЯ  
МИНИМИЗАЦИИ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ, ЗАДАННЫХ В СДНФ ИЛИ СКНФ<sup>1</sup>**

**Глушань В.М., Дубровский И.А., Красюк О.И., Липко И.В.**

Инженерно-технологическая академия ЮФУ, г. Таганрог

Введение.

Несмотря на то, что основные подходы к минимизации булевых функций были предложены ещё в середине прошлого века [4], интерес к ним не затухает и в настоящее время. Это можно объяснить двумя обстоятельствами. Во-первых, цифровые устройства, для которых задача минимизации булевых функций имеет решающее значение, все больше вытесняют аналоговые устройства. Во-вторых, методы минимизации булевых функций рассматриваются в соответствующих учебных курсах. Поэтому современные подходы и возможности их программной реализации являются вполне актуальными с точки зрения процесса обучения [1]. В качестве подтверждения выше сказанного можно привести и тот факт, что в наши дни все еще выходят публикации известного ученого-исследователя данной тематики [3].

Для минимизации булевых функций наибольшее применение находят:

- 1) табличный метод – метод карт Карно или Вейча – Карно;
- 2) расчетный метод – метод непосредственных логических преобразований;
- 3) расчетно-табличный метод Квайна.

В работе [2] приведены результаты исследования алгоритмических особенностей и программной реализации табличного метода минимизации булевых функций. Экспериментальные исследования, проведенные с помощью разработанного программного кода, позволили установить, что алгоритмическая сложность этого метода является экспоненциальной и составляет величину  $O(n) = 2^{1,33n}$ , где  $n$  – число переменных в минимизируемой булевой функции.

Табличный метод является наглядным, когда число переменных равно не более 6. При большем числе переменных он теряет свою наглядность и становится громоздким. К тому же при разработке алгоритма и программного кода неожиданно проявилась трудность построения покрытий для большого числа переменных. Поэтому в данной статье приводятся результаты программной реализации и исследований с ее помощью процесса минимизации булевых функций методом непосредственных преобразований, который предположительно более просто реализуется и требует меньший объем памяти.

Каноническое представление булевых функций

Общая запись любой логической функции  $f$  в СДНФ имеет вид:

$$f = \bigvee_{i=0}^{2^n-1} (k_i \wedge c_i^1), k_i = \begin{cases} 1, & \text{если } f \text{ на } i\text{-м наборе равна } 1 \\ 0, & \text{если } f \text{ на } i\text{-м наборе равна } 0. \end{cases}$$

Значение  $k_i$  определяет факт вхождения конstituенты единицы  $c_i^1$  в  $f$ . При  $k_i = 1$  конstituента  $c_i^1$  входит в  $f$ , а при  $k_i = 0$  – не входит.

Общая запись любой логической функции  $f$  в СКНФ имеет вид:

$$f = \bigwedge_{i=0}^{2^n-1} (k_i \vee c_i^0), k_i = \begin{cases} 0, & \text{если } f \text{ на } i\text{-м наборе равна } 0 \\ 1, & \text{если } f \text{ на } i\text{-м наборе равна } 1. \end{cases}$$

Здесь  $k_i$  определяет факт вхождения конstituенты нуля  $c_i^0$  в  $f$ . Иначе говоря, в СКНФ будет отсутствовать тот дизъюнктивный член, для которого  $k_i = 1$ .

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-01-05669

СДНФ и СКНФ являются каноническими формами, так как к ним можно свести любую произвольную аналитически заданную логическую функцию. Поэтому во всех трёх выше указанных методах для минимизации используется каноническая форма представления логических функций.

Программа минимизации и её использование для исследования метода непосредственных преобразований  
Метод непосредственных преобразований предполагает выполнение трех операций:

- Склеивание всевозможных членов исходной СДНФ/СКНФ, т.е. сначала конституент, затем импликант ранга  $n - 1$  и т.д., пока склеивание возможно. Результатом выполнения операции является сокращенная ДНФ/КНФ (сДНФ/сКНФ).

- Проверка каждой простой импликанты в сДНФ/сКНФ на избыточность с целью её удаления. Проверка состоит в следующем. Так как любая импликанта равна 1 для ДНФ и 0 для КНФ лишь на одном наборе переменных, то если на этом наборе сумма остальных членов в сДНФ также обращается в 1 и в 0 в сКНФ, то рассматриваемая импликанта не влияет на значение истинности данной логической функции, т.е. она является избыточной. Удаляя все такие импликанты, получим тупиковую Д(К)НФ (ТД(К)Ф).

- Переход от ТД(К)НФ к минимальной форме (МД(К)НФ) логической функции. Эта операция уже не является регулярной, как две предыдущие, поэтому требует определенной сноровки, интуиции и опыта. Для уменьшения числа операций отрицания применяют законы де Моргана, а для уменьшения числа конъюнкций и дизъюнкций – распределительные законы алгебры логики.

Для автоматической минимизации булевых функций используются две первые операции. Третья операция алгоритмически неразрешима, поэтому при дальнейшем рассмотрении она не используется.

Предлагаемая программа написана на языке C++ и состоит из трех структурных классов: Parser, Minimizer, GUI. Класс Parser анализирует поданное на вход программы выражение и переводит его в форму, удобную для последующей обработки, определяет тип выражения – СДНФ или СКНФ. Он также формирует сообщения об ошибках, если выражение введено некорректно.

Класс Minimizer отвечает за выполнение первой и второй операции – за склеивание и удаление избыточных импликант. Он же формирует строку, в которую записывается результат – минимизированная функция.

Класс GUI отвечает за графический интерфейс пользователя, т.е. через него осуществляется взаимодействие с программой. С помощью разработанного программного продукта были получены графические зависимости времени минимизации булевой функции от количества конституент при 12, 15 и 32 входящих в них переменных. Эти зависимости представлены на Рисунке 1. Данные для построения графиков были получены с помощью отдельного алгоритма, который случайным образом формировал функции и замерял время их минимизации. Количество конституент менялось от 0 до 500.

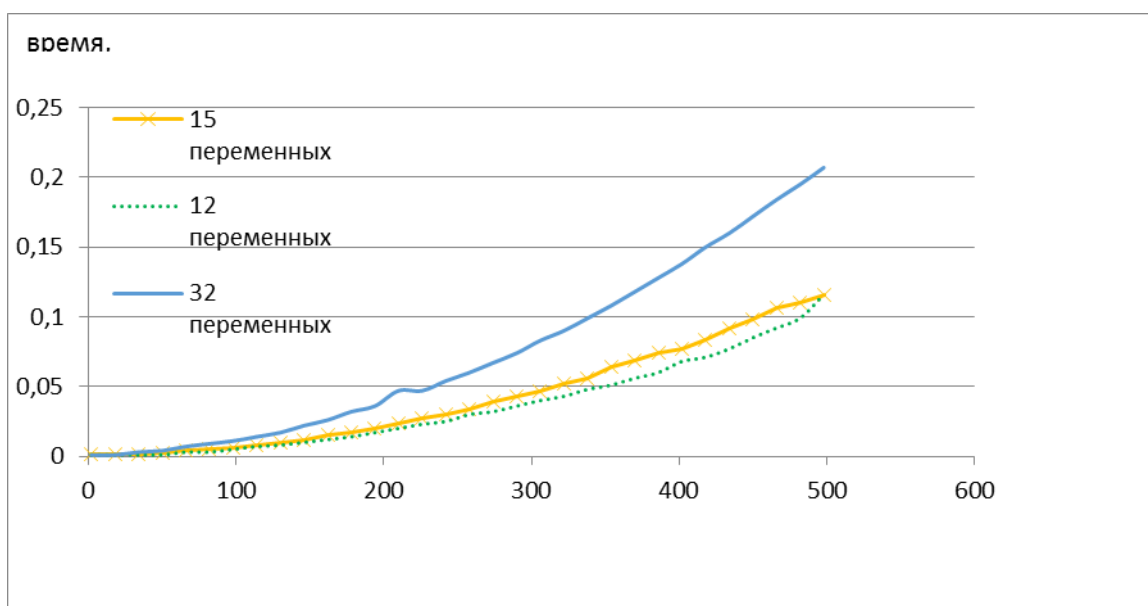


Рис.1. Зависимости времени минимизации от количества конституент при фиксированных значениях числа переменных

Для установления эмпирической формулы оценки временной сложности алгоритма минимизации булевых функций методом непосредственных преобразований была построена временная зависимость с расширенным диапазоном варьирования конститuent для 12 переменных. Эта зависимость приведена на Рисунке 2.



Рис.2. Временная зависимость с расширенным диапазоном конститuent

Экспериментальные исследования проводились на компьютере с процессором Intel Core i5-3330 CPU @ 3.00 GHz.

Используя результаты Рисунка 2 и метод средних для построения эмпирических формул по экспериментальным данным, была получена формула оценки времени минимизации от числа конститuent  $n$  в исходной булевой функции

$$O(n) = 0,05 \cdot 2^{0,003n}.$$

Эта оценка, также, как и для табличного метода, описывается показательной функцией, и с алгоритмической точки зрения является экспоненциальной. От оценки для табличного метода она отличается лишь постоянными коэффициентами. Причем эти коэффициенты существенно меньше, чем у оценки для табличного метода. Указанное различие может быть вызвано особенностями программных реализаций.

Объем кода разработанной программы для метода непосредственных преобразований составляет 113 килобайт, а со всеми используемыми библиотеками – 44,4 мегабайт. Совместно с подпрограммой создания случайных функций и замера времени их минимизации он включает 1017 строк кода на языке C++.

На Рисунке 3 представлен интерфейс пользователя программы. Он достаточно прост и удобен в использовании. В верхнее поле “Функция ввода” помещается функция, которую нужно минимизировать. После нажатия кнопки “МИНИМИЗИРОВАТЬ”, программа начинает сокращать выражение, ход процесса отображается на прогресс-баре, расположенном ниже. Ещё ниже отображается этап минимизации, выполняемый в данный момент. Когда процесс завершится, выводится надпись “Готово”. В поле “Функция вывода” отображается минимизированная логическая функция. Если введенная функция не может быть сокращена, или введена некорректно, в поле “Функция вывода” выводится надпись “Неудачно”. Кнопка “Пошагово” позволяет просмотреть процесс минимизации поэтапно, а также, если выражение было введено некорректно, она позволяет увидеть, что конкретно в исходном выражении не удалось распознать. Поля ввода и вывода логического выражения поддерживают операции вставки и копирования. Нажав на кнопку “Language” можно сменить язык на английский или русский.



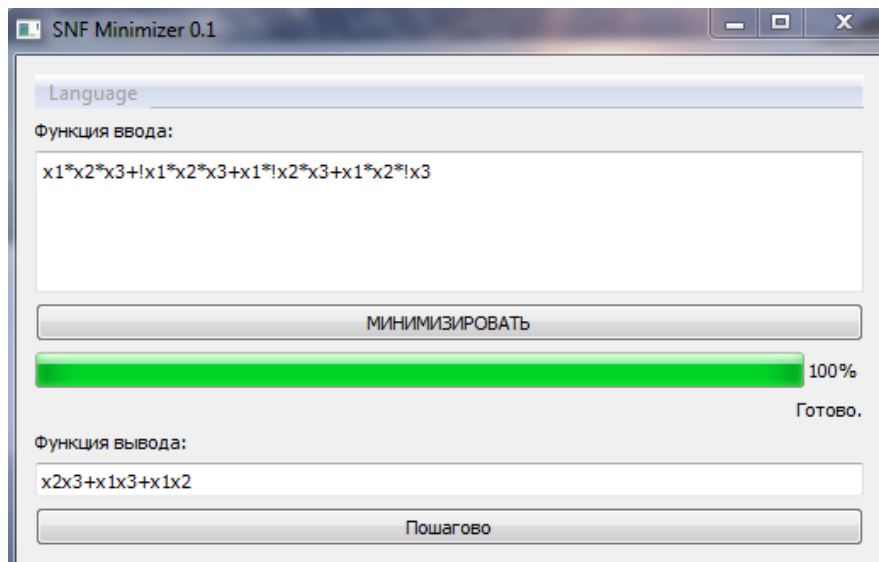


Рис.3. Интерфейс пользователя

Используется следующий формат ввода символов: операция конъюнкции может быть представлена символами '&' или '\*', дизъюнкции – символами '|' или '+', отрицания – символами '!' или '-'. Операнду может быть дано любое имя, состоящее из любого количества символов.

Заключение.

Программная реализация метода непосредственных преобразований для минимизации булевых функций опровергла существовавшее до проведенного исследования представление о предпочтительности табличного метода при практическом использовании. Его временная сложность оказывается такой же, как и для табличного метода, а трудозатраты на его программную реализацию оказались меньшими. Вместе с тем представляет когнитивный интерес использования в учебных целях программных реализаций различных методов минимизации булевых функций, включая и метод Квайна. С практической точки зрения важным является вопрос упрощения ввода в программу исходной булевой функции многих переменных в сокращенном символическом виде, когда вместо полной булевой функции со всеми конституентами вводится лишь список их номеров. Отмеченные здесь высказывания являются целью дальнейших исследований.

#### Список литературы

1. Глушань В.М. Математическая логика и теория алгоритмов. Учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 236 с.
2. Глушань В.М., Додонов А.Д., Тютюнников Р.В. Алгоритмические особенности минимизации булевых функций табличным методом. Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «AIS-IT'10». Научное издание в 4-х томах. – М.: Физматлит, 2010. – Т. 3., с. 236-245.
3. Закревский А.Д., Топоров Н.Р. Минимизация булевых функций многих переменных в классе ДНФ – итеративный метод и программная реализация// Прикладная дискретная математика. № 1(3), Минск, 2009, с. 5-14.
4. Karnaugh M. The map method for synthesis of combinational logic circuits. – «AIEE Journ. P.I. Communication and Electronics», 1953, v. 72, p. 593 – 598.

#### РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Суханов А.В., Артемова А.И.

НПК «Технологический центр», г.Зеленоград

Беспроводные сенсорные сети в являются самой передовой технологией в области самоорганизующихся систем контроля и управления различными процессами на промышленных объектах. В настоящее время актуален

вопрос создания новых пространственно-распределённых беспроводных сенсорных сетей (БСС) для контроля концентрации взрывчатых и опасных газов на промышленных объектах нефтегазовой и химической отрасли промышленности [1]. Беспроводная сенсорная сеть представляет собой совокупность вычислительных устройств, объединенных в самоорганизующуюся сеть с помощью радиоканала.

Современные беспроводные сенсорные узлы (БСУ) на объектах промышленной инфраструктуры, как правило, состоят из приемопередатчика, газового датчика, интеллектуального источника питания (ИИП) на основе альтернативных источников энергии [2], малопотребляющего микроконтроллера (Рисунок 1). Разрабатываемые промышленные беспроводные узлы (Рисунок 2) включают в себя универсальные газовые датчики, которые обладают единым цифровым протоколом и интерфейсом обмена данными, одним набором команд, методиками настройки, калибровки и поверки. На промышленных объектах устанавливаются именно такие сенсорные сети совместно с универсальным программно-аппаратным комплексом сбора и анализа данных.

Для реализации программно-аппаратного комплекса сбора и анализа данных беспроводных сенсорных сетей требуется центральный высокопроизводительный сервер, к которому подключен usb-uart zigbee приемопередающий модуль – узел сбора информации.

На Linux сервере оператора устанавливается универсальное сетевое программное обеспечение LabVIEW и MySQL база данных. Иногда в сети сбора данных присутствует шлюз Ethernet – zigbee.



Рис.1. Структурная схема автономного беспроводного сенсорного узла

Сетевое серверное приложение обладает функциями анализа, сбора и обработки информации в режиме реального времени. Приложение на сервере оператора позволяет визуально отображать полученные данные с нескольких сенсорных узлов в виде интерактивных графиков с возможностями автоматического масштабирования, а также получения информации в цифровом формате (Рисунок 3). Дополнительные функции позволяют оператору сервера удаленно изменять или обновлять ПО удаленных сенсорных узлов [3]. Приложение позволяет оператору создать свой набор правил для анализа полученной информации. Сбор результатов промышленного мониторинга выполняется следующими способами: по расписанию, по запросу от оператора, по запросу от мобильных устройств, при возникновении внештатной ситуации. В первом случае информация от контроллеров и терминалов передается на центральный сервер оператора в определенные моменты времени согласно расписанию перехода сенсорных узлов в «активное» состояние и сбора показаний с датчиков.

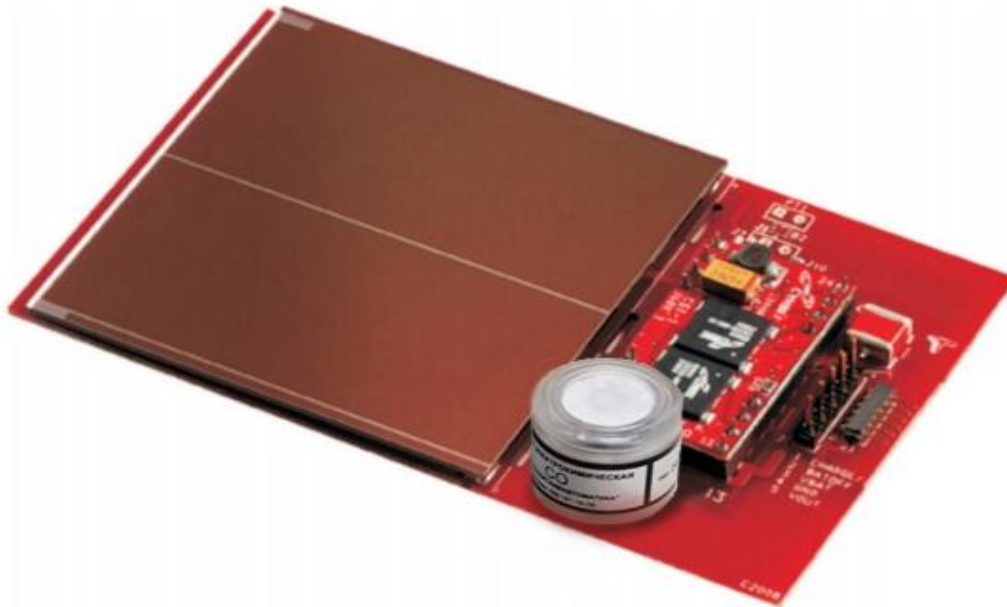


Рис.2. Экспериментальный макет беспроводного сенсорного устройства

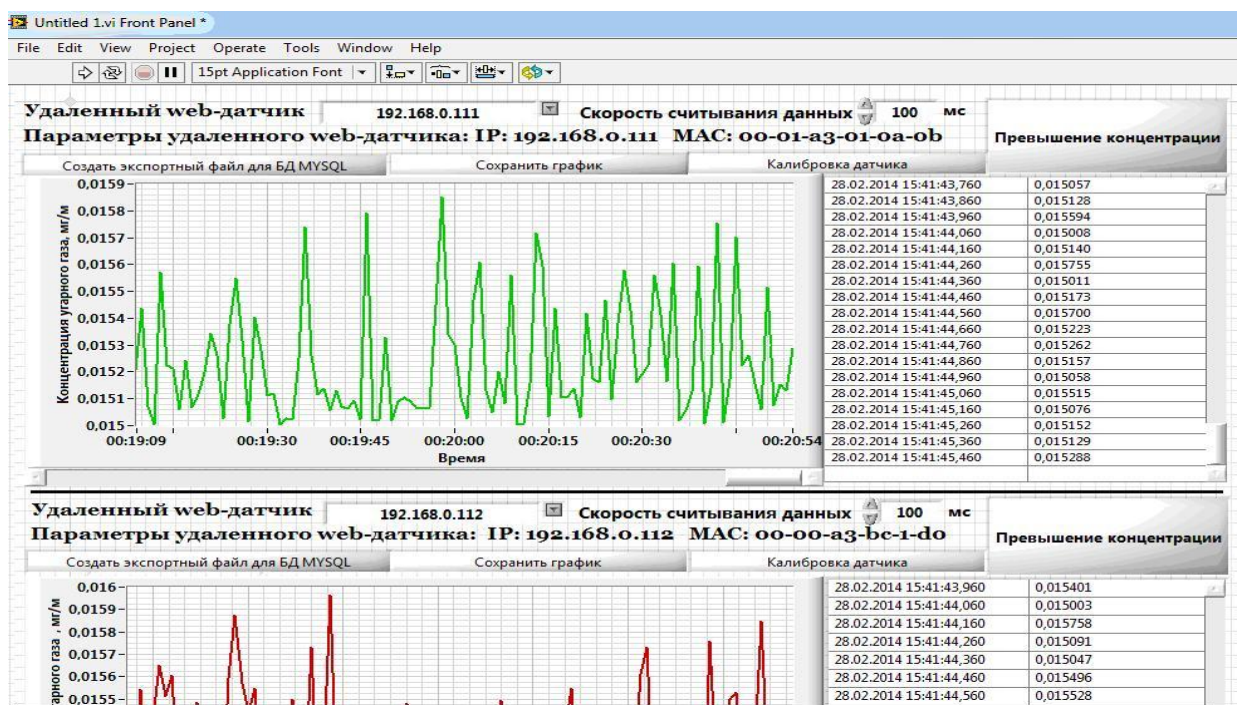


Рис.3. Интерфейс приложения программно-аппаратного комплекса сбора и анализа данных беспроводной сенсорной сети газовых сенсоров

В остальные периоды времени сенсорные узлы находятся в «спящем» режиме пониженного энергопотребления [4]. Во втором случае диспетчер производит адресный или широковещательный опрос сенсорных узлов на предмет сбора требуемой информации. В третьем случае опрос производится путем инициирования сбора информации с узлов через диспетчерский сервер, либо путем локального опроса узлов с мобильного устройства в зоне радиодоступа. При наступлении внештатной ситуации активация «спящих» узлов и передача информации с координатами места возникновения аварийного события производится узлами самостоятельно. Событие регистрируется на сервере и записывается в базу данных, далее данные передаются руководителям.

Дополнительные функции программно-аппаратного комплекса позволяют оператору сервера проводить выборку данных с сенсорных устройств по различным параметрам, как в режиме реального времени, так и с

определенной периодичностью. Используя выборку данных, оператор сервера имеет возможность подготовить и сгенерировать отчет о ходе мониторинга. Программа позволяет удаленно обновлять программное обеспечение у сенсорных устройств. Программное обеспечение поддерживает функции аварийной сигнализации и управления тревожными сообщениями, для случаев получения критических данных от сенсорных устройств.

В настоящее время, современные отечественные технологии позволяют создавать элементную базу для реализации оптимальных схемотехнических и конструктивно-технологических решений по созданию БСУ с использованием высокочувствительных газовых сенсоров. Импортное программное обеспечение позволяют создать высоко функциональный программно-аппаратный комплекс сбора и анализа данных беспроводной сенсорной сети газовых сенсоров для обеспечения промышленной безопасности.

Работы выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Соглашение № 14.577.21.0134, уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI57714X0134) с использованием оборудования ЦКП «Функциональный контроль и диагностика микро- и наносистемной техники» на базе НПК «Технологический центр».

#### **Список литературы**

1. Суханов А.В., Прокофьев И.В., Гусев Д.В. Мультиагентная система мониторинга web-датчиков, созданная на основе наносенсорике // Нано- и микросистемная техника. -2014. №6. –С. 42-45.
2. Суханов А.В. Интеллектуальный источник питания на основе альтернативных источников энергии для беспроводных сенсорных сетей // Актуальные вопросы науки и техники. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 2. Самара, 2015. С. 13-16.
3. Суханов А.В. Разработка zigbee-совместимого механизма удаленного обновления программного обеспечения микроконтроллера сенсорного узла / Проблемы и достижения в науке и технике // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 2. Омск 2015. С. 32-34
4. Суханов А.В., Артемова А.И., Евмириди А.С. Анализ энергопотребления и энергоэффективности автономных беспроводных сенсорных узлов / Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 2. Казань, 2015. С. 5-7

## **СОЗДАНИЕ СЕРВИСА ЗАЩИТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ В СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ**

**Иваненко В.И., Кудрявченко И.В.**

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г.Севастополь

В наши дни сетью Интернет пользуются более 3,1 млрд. человек [1], которые используют средства «всемирной паутины» для обмена текстовыми, звуковыми и видео сообщениями, делятся понравившимися песнями, фильмами, книгами и различным софтом. Однако, культурная и техническая информация, переведенная в цифровую форму: художественные, музыкальные и научные произведения, фильмы и программные продукты зачастую используются без ведома авторов и не приносят своим правообладателям никаких дивидендов. Во многих странах, в т.ч. и в России, ведется активная борьба с незаконным использованием интеллектуальной собственности [2]. Принимаются меры по обнаружению и наказанию самых активных «пиратов», отслеживаются и блокируются источники распространения нелегального контента не только на уровне провайдеров, но и на уровне дата-центров.

В настоящей работе предлагается решение проблемы незаконного использования интеллектуальной собственности на основе модели электронной системы защиты медиа-контента (ЭСЗМК).

Описание модели приложения ЭСЗМК. В приложении можно выделить следующие сущности.

1. Пользователь. Абстрактный человек, у которого имеется персональный компьютер, установленный на нем браузер и доступ в Интернет. Также является верным допущение о том, что пользователь зарегистрирован и является активным участником некоторой абстрактной социальной сети.

2. Автор. Как и обычный пользователь, автор обладает всеми технологическими средствами доступными пользователю и является участником указанной социальной сети. Но помимо всего прочего, автор – это субъект интеллектуальной собственности. Он может предоставить свои произведения в общественное пользование посредством социальной сети.

3.Сервис. Под сервисом подразумевается технологический пакет инструментов, который позволяет осуществлять весь нижеупомянутый механизм действий, а именно:

- загрузка файла автором в социальную сеть;
- передача файла сервису по API (Application Programming Interface) [3];
- обработка файла (шифрование);
- передача зашифрованного файла в социальную сеть посредством API;
- дешифрация файла по запросу от социальной сети (первоначально от пользователя);
- синхронизация с социальной сетью.

4.Социальная сеть. Это некая веб-ориентированная система, где авторизованные пользователи могут выполнять различные действия, такие как общение между собой, просмотр, обмен различными медиа-файлами и т.д.

Таким образом, если автор загружает свое произведение (например, аудиофайл в формате mp3) в социальную сеть – ему гарантируется то, что его произведение не будет использовано без его ведома и согласия.

Эти гарантии подтверждаются следующим (Рисунок 1).

Социальной сети предоставляется интерфейс API для взаимодействия с сервисом. При загрузке файла автором, социальная сеть передает этот файл сервису, который в свою очередь осуществляет фоновую шифрацию этого файла и подготавливает несколько копий, хранимых на своих серверах.

При запросе пользователя на использование этого файла (например, прослушивание песни онлайн) через социальную сеть, происходит проверка доступа данного пользователя к чтению файла.

В случае успешной проверки прав доступа (если автор разрешил использование своей интеллектуальной собственности) социальная сеть передает запрос сервису, который содержит сессионный ключ, сгенерированный на основе личных данных пользователя. Сервис отдает зашифрованный файл в социальную сеть, где происходит дешифрация с помощью специального кода, предоставленного сервисом.

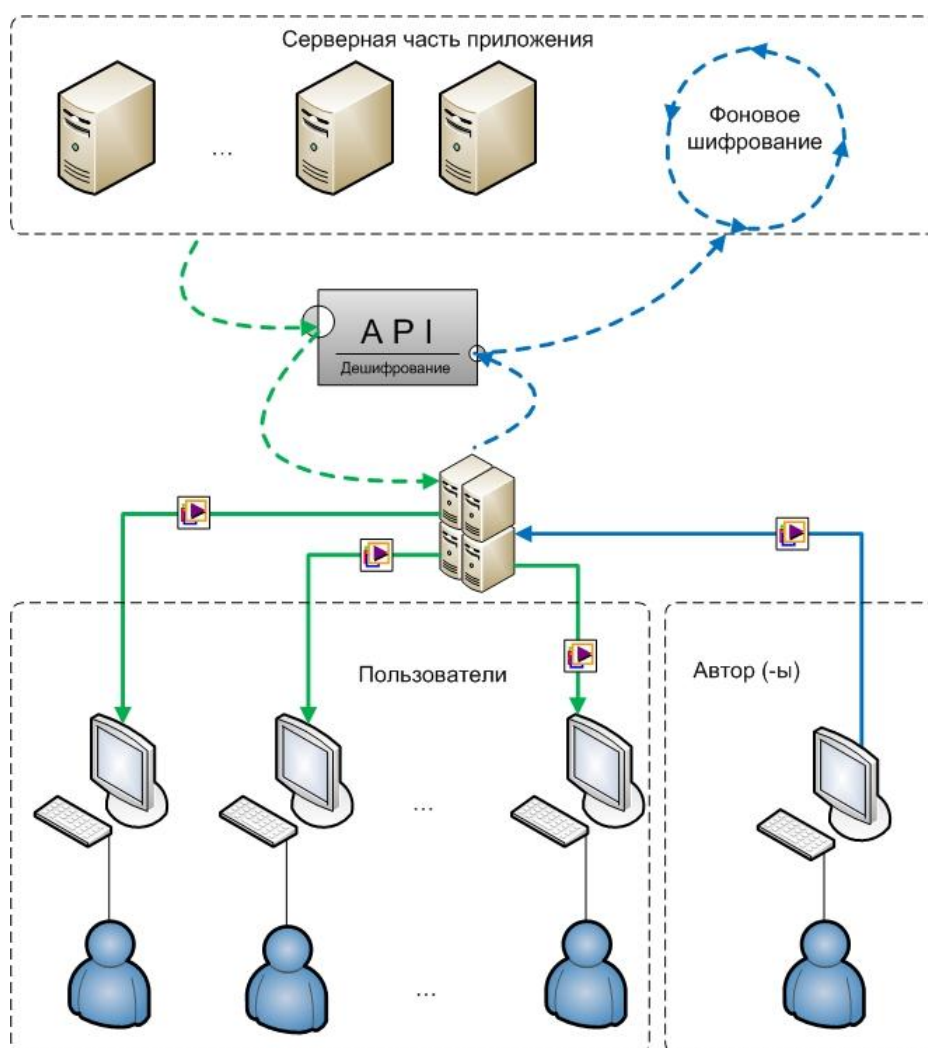


Рис.1. Модель приложения

В итоге пользователь получит возможность использовать файл, только если автор разрешил его использование. При попытке незаконного использования такого файла, пользователь сможет получить лишь зашифрованный файл, чтение которого будет невозможно без использования специального кодека и знания ключа дешифрации.

Если брать за основу коммерческие отношения автора и пользователя, то автор может установить определенную цену за использование своего произведения. При этом пользователь, желая, например, прослушать песню, получает уведомление о том, что для ее прослушивания необходимо заплатить определенную цену. В случае его согласия система автоматически снимет со счета пользователя единичную стоимость использования файла и добавит эту стоимость на счет автора. При этом предполагается наличие автоматизированной платежной системы в социальной сети.

Методы и технологии, используемые в приложении. Программное обеспечение сервиса является скомпилированными файлами – программами, написанными на языке высокого уровня C# с использованием технологии ASP.NET и .NET Framework 4.0. Обоснование выбора именно ASP.NET обусловлено двумя причинами – вычислительной мощностью языка C# и простотой реализации взаимодействия программ, реализованных на этом языке с другими сущностями приложения. К тому же большая часть веб-приложений, таких как социальные сети или торрент-трекеры, написаны либо на PHP, либо с использованием технологий .NET. В данной системе преимущества использования ASP.NET над PHP достаточно очевидны [4, 5].

Программное обеспечение функционирует на серверах IIS (Internet Information Services) и взаимодействует с другими сущностями приложения посредством технологии Windows Communication Foundation (WCF) [6]. WCF делает возможным построение безопасных и надёжных транзакционных систем через упрощённую унифицированную программную модель межплатформенного взаимодействия.

Оптимизация получения необходимого медиа-контента, т.е. статических файлов конечным пользователем, осуществляется с помощью технологии Content Distribution Network (CDN), которая является географически распределённой сетевой инфраструктурой, позволяющей оптимизировать доставку и дистрибуцию контента конечным пользователям в сети Интернет. Ее использование способствует увеличению скорости загрузки интернет-пользователями аудио-, видео-, программного, игрового и других видов цифрового контента в точках присутствия сети CDN [7].

Процесс фонового шифрования обеспечивается с помощью технологии Alchemi [8]. Основное ее назначение – обеспечить распределенные вычисления для постановщиков и обработчиков задач. Благодаря этой технологии, существует возможность шифрования файлов в многопоточном автоматическом режиме без необходимости управления распределением ресурсов и памятью, следуя первоначальным настройкам приложения и серверов. Т.е. все эти функции обеспечиваются модулями Alchemi, и снимаются с подсистемы шифрования данных.

Для взаимодействия по API предоставляется SOAP клиент, который является наиболее эффективным, а главное – быстрым, по сравнению с имеющимися аналогами (например, с URL). При этом WSDL-файл будет храниться на стороне клиента (в данном примере для сервиса клиентом является социальная сеть). WSDL – это конфигурационный файл, поэтому, задавая параметры необходимым образом, можно полностью переконфигурировать данные, передаваемые вместе с запросом, управлять кэшированием и, в частности, генерировать сессионные ключи пользователей без вмешательства в технологии самого сервиса.

Наиболее сложными с точки зрения проектирования и разработки приложения являются модули шифрования и дешифрования данных. В качестве самого метода шифрования выбран симметричный блочный алгоритм шифрования данных IDEA (International Data Encryption Algorithm) [9], который обладает высокими криптостойкостью и скоростью шифрования. Дополнительным достоинством алгоритма является возможность выполнения операции расширения ключа «на лету», то есть параллельно с выполнением раундов шифрования. Фундаментальной особенностью алгоритма является использование операций из разных алгебраических групп.

Большинство социальных сетей и других веб-ресурсов, для которых было бы актуальным использование подобного сервиса, написаны на языках высокого уровня PHP и C# (ASP.NET), поэтому API для взаимодействия с сервисом будет предоставляться на этих двух языках. Также в дальнейшем планируется написание плагинов для различных CMS (Content Management Software) и фреймворков для облегчения внедрения API в использующие его системы.

#### Список литературы

1. Мировая статистика сети Интернет [Электронный ресурс] URL: <http://www.internetworldstats.com/stats.htm> (дата обращения 27.07.2015).

2. Копирайт: пиратство и ответственность за нарушение авторских прав [Электронный ресурс] URL: [http://www.copyright.ru/ru/documents/zashita\\_avtorskih\\_prav/piratstvo\\_i\\_otvetstvennost](http://www.copyright.ru/ru/documents/zashita_avtorskih_prav/piratstvo_i_otvetstvennost) (дата обращения 27.07.2015).
3. Интерфейс программирования приложений [Электронный ресурс] URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Интерфейс\\_программирования\\_приложений](http://ru.wikipedia.org/wiki/Интерфейс_программирования_приложений) (дата обращения 27.07.2015).
4. The PHP.net wiki [Электронный ресурс] URL: <https://wiki.php.net> (дата обращения 27.07.2015).
5. IIS Web Server Overview [Электронный ресурс] URL: <http://www.iis.net/learn/get-started/introduction-to-iis/iis-web-server-overview> (дата обращения 27.07.2015).
6. Windows Communication Foundation [Электронный ресурс] URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Windows\\_Communication\\_Foundation](http://ru.wikipedia.org/wiki/Windows_Communication_Foundation) (дата обращения 27.07.2015).
7. Content Delivery Network (CDN) [Электронный ресурс] URL: [http://internetdevels.ru/blog/cdn\\_and\\_parallelize](http://internetdevels.ru/blog/cdn_and_parallelize) (дата обращения 27.07.2015).
8. N. A. Azeez, I. M. Venter, T. Iyamu. Grid Computing With Alchemi: An Appraisal And Research Challenges // ISSN 1512-1232. — GESJ: Computer Science and Telecommunications 2011, No.3(32).
9. IDEA [Электронный ресурс] URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/IDEA> (дата обращения 27.07.2015).

### **СЕКЦИЯ №3.**

#### **ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)**

### **СЕКЦИЯ №4.**

#### **МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)**

##### **ВОПРОСЫ СНИЖЕНИЯ ВИБРАЦИИ, ПЕРЕДАВАЕМОЙ РЕЛЬСОВЫМ ТРАНСПОРТОМ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

**Корендяев Г.К., Мугин О.О.**

ИМАШ РАН Россия, г.Москва

Аннотация: Рассматриваются вопросы подавления вибрации, создаваемой рельсовым транспортом. Снижение вибрации, генерируемой при взаимодействии рельсовой машины и рельсов в контакте "рельс-колесо" происходит посредством размещения под верхним строением пути гидравлических виброизоляторов с внутренними инерционными элементами. Прогнозируется усиление эффекта виброизоляции (на 6-30 дБ) при сохранении необходимой величины статической жесткости.

Ключевые слова: Вибрация, виброударные режимы, гидроопора, жесткость, метрополитен.

Современную транспортную сеть в крупных городах и мегаполисах невозможно представить без рельсового транспорта – электропоезда, трамвая, метровагона, позволяющего обеспечить наибольший провоз пассажиров. Рост интенсивности движения на линиях, их более интенсивная загрузка и строительство новых линий движения, приводят к необходимости учета возможных воздействий рельсового транспорта на окружающую застройку.

Любой вид транспорта, особенно рельсовый является источником колебаний, передающихся через грунтовую среду на расположенные вблизи транспортных магистралей сооружения и вызывающих их вибрацию, которая сказывается как на техническом состоянии зданий, так и на санитарно-гигиенических условиях пребывания в них людей. Поэтому в последнее время в нормативные документы вводятся все более жесткие нормы на вибрацию и шум [1].

Хорошо известно, что трамвайные линии и линии метрополитена мелкого заложения являются источником повышенной вибрации, которая распространяется по грунту и передается на фундаменты зданий, расположенных в технической зоне таких линий [2]. Поэтому возникает необходимость снижения уровней вибрации и структурного шума в застройке, прилегающей к используемым, проектируемым и строящимся линиям рельсового транспорта.

В данной статье предлагается метод снижения вибрации, возникающей от движения состава через рельсы на основании (грунт) путем размещения под верхним строением пути гидравлических виброизоляторов с

внутренними инерционными элементами.

Основным источником возбуждения вибрации является точка взаимодействия колес тележки поезда и рельсов, по этому основная задача - это снижение вибрации, возникающей при взаимодействии подвижного состава и верхнего строения пути (рельсов) в контакте "рельс-колесо" на станциях метрополитена и в тоннелях, а также при их последующем распространении по грунту и действию на расположенные вблизи наземные сооружения.

При рассмотрении данной задачи мы находимся в системе координат связанных поездом при установившемся равномерном движении поезда в продольном направлении.

Применяемые сейчас пути виброизоляции можно разделить на два класса:

1. Виброизоляция колеса (покрытие резиной обода) рельсового транспорта (Великобритания, Германия)
2. Виброизоляция пути (Россия, Украина, США, Япония).

Упомянем запатентованную и применяемую в России так называемую сборную резиновую виброзащитную оболочку для верхнего строения пути изображенную на Рисунке 1.

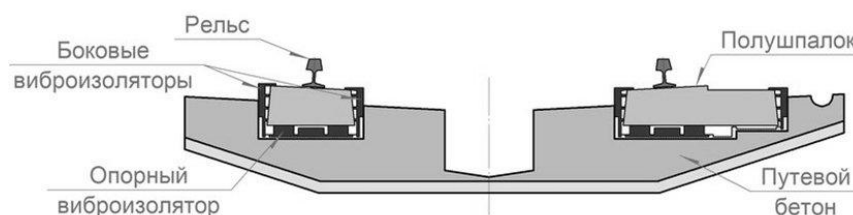


Рис.1. Сборная резиновая виброзащитная оболочка для верхнего строения пути.

Эта виброзащитная оболочка монтируется на полушпалке и помещается в жесткий короб из стеклофибробетона. В коробе размещены и прижаты к полушпалку резиновые опорный и боковые виброизолирующие элементы.

Исследования, проведенные Общероссийским Общественным Объединением "Тоннельная ассоциация России" [2], показали, что превышение уровня вибрации на станциях метрополитена и в тоннелях над санитарными нормами наблюдается в октавах с центральными частотами 16, 31,5 и 63 Гц. (Рисунок 2.)

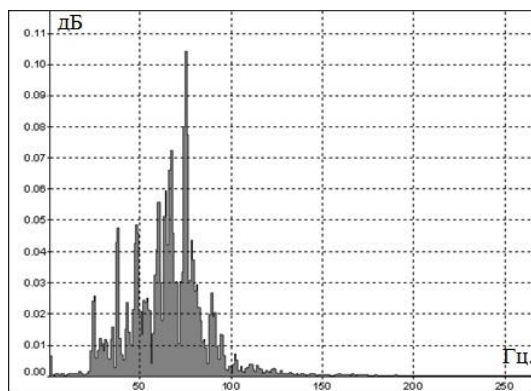


Рис.2. Спектры вертикальных виброускорений колебаний грунта в районе рельсовой трассы.

Снижение вибрации в полосе частот 16-67 Гц можно выполнить применением виброизоляторов с внутренними инерциальными элементами. Результатом является снижение динамической жесткости виброизолятора в определенном заранее заданном частотном диапазоне [3].

С расчетом гидропор подробно можно ознакомиться в монографии «Системы виброзащиты с использованием инерционности и диссипации реологических сред» [3].

На Рисунке 3. показаны экспериментально полученные спектры вертикальных виброускорений колебаний грунта при виброизоляции рельсовой трассы.



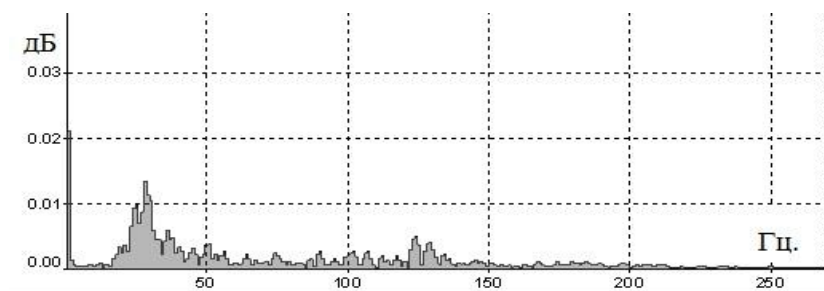


Рис.3. Спектры вертикальных виброускорений колебаний грунта в районе рельсовой трассы после установки виброизоляторов.

Анализ Рисунков 2 и 3 показывает, что эффективность виброзащитной оболочки по данным измерений составляет: 1. В октавной полосе 31,5 Гц: 6 дБ – на частоте 25 Гц; 18,3 дБ – на частоте 37,5 Гц. 2. В октавной полосе 63 Гц: 22,5 дБ – на частоте 50 Гц; 30,7 дБ – на частоте 66,7 Гц.

Полученные результаты свидетельствуют об усилении эффекта виброизоляции пути при помощи виброизоляторов с внутренними инерциальными элементами обеспечивает усиление эффекта виброизоляции в полосе частот 16-67 Гц. на 6 - 30,7 дБ при сохранении необходимой величины статической жесткости и, следовательно, устойчивости объектов при установке их на виброизоляторы.

Так же данная система может быть успешно применена для виброзащиты путевого пространства скоростных поездов типа «Красная стрела», «Сапсан» и т.д. при скоростях движения 200 – 280 км/ч частоты максимальных виброускорений передаваемых на грунт будут приближаться к 130 Гц.

На динамику подобных систем большое влияние могут оказать соударения элементов конструкций [6] Учет этих факторов будет проведен в дальнейших работах.

В заключение сделаем несколько принципиальных замечаний.

1. Необходимость обращения к подобным задачам диктуется, прежде всего, тем обстоятельством, что защита зданий и сооружений в городах от разрушения, вызванного воздействием вредных воздействий вибраций приобретает особую актуальность с ростом скоростей и интенсивностью движения

2. Вибрации, передаваемые через грунт на конструкции зданий, воспринимаются как неприятные низкочастотные колебания, ухудшающие самочувствие людей и работу прецизионных приборов, или как беспокоящий шум (гул).

3. Предложенные модели позволяют также исследовать и вибрации возникающие от движения наземного рельсового транспорта.

Статья выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 15-19-10026).

#### Список литературы

1. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. М.: Госстрой России, 2003.
2. Комплекс нормативных документов по оценке шума и вибрации от метрополитена. Сб. нормативных документов МОО "Тоннельная ассоциация". М.: ТИМР, 1998.
3. Гордеев Б.А., Ерофеев В.И., Синев А.В., Мугин О.О. Системы виброзащиты с использованием инерционности и диссипации реологических сред. М.: Физматлит, 2004. 176 с.
4. Сирил М. Харрис, Чарльз И. Крид. Справочник по ударным нагрузкам. Л.: Судостроение, 1980. 360 с.
5. Обморшев А.Н. Введение в теорию колебаний. М.: Наука, 1965. 276 с.
6. Vladimir I. Babitsky, Vitaly L. Krupenin Vibration of Strongly Nonlinear Discontinuous Systems. Berlin. Springer, 2001 380 с.

## ОСОБЕННОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОСЕВЫХ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРОКАТНОГО СТАНА ДУО-160

Мальцев А.А.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, РФ, г.Москва

Научно-исследовательская работа студента (НИРС), выполняемая на стане дуо-160 (Рисунок 1), помимо изучения конструкции рабочей клетки [1] и ее электропривода (основного оборудования), нацелена на формирование у будущего специалиста практических навыков построения в компьютерной среде MathCAD моделей крутильно-колебательных систем для теоретического расчета динамических нагрузок [3].

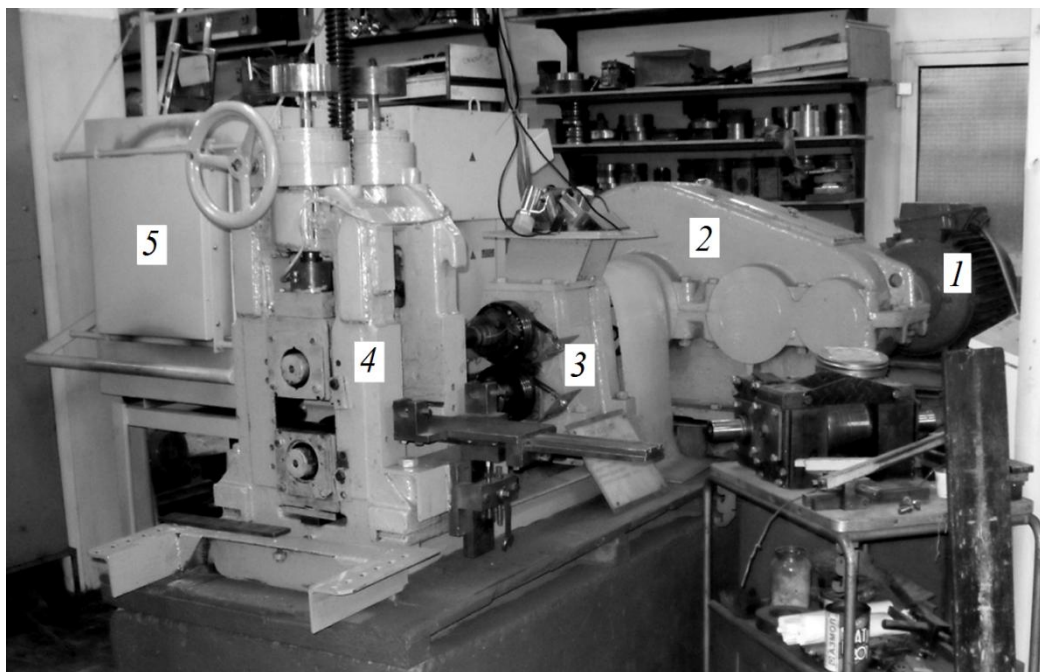


Рис.1. Прокатный стан дуо-160: 1 — электродвигатель;  
2 — двухступенчатый редуктор; 3 — шестеренная клетка;  
4 — рабочая двухвалковая клетка; 5 — нагревательная печь

Одним из этапов выполнения НИРС является определение осевых моментов инерции ротора электродвигателя, муфт, шпинделей, зубчатых колёс редуктора, рабочих валков и других вращающихся деталей, имеющих сложную геометрическую форму, по чертежам или эскизам.

Эскизы муфт, шпинделей и рабочих валков выполняются студентами по результатам непосредственных замеров на стане дуо-160. Кроме того, геометрические размеры и осевые моменты инерции стандартных деталей и узлов могут быть найдены в чертежно-конструкторской документации на них.

Так, в техническом каталоге электродвигателей, размещенном на сайте Владимирского электромоторного завода (ОАО «ВЭМЗ»), содержатся сведения об осевом моменте инерции ротора электродвигателя, частоте вращения и др. Некоторые из характеристик электродвигателя приведены на заводском щитке (Рисунок 2). Номинальная мощность, соответствующая продолжительному режиму работы (S1)  $N_{эд} = 30$  кВт. Номинальная частота вращения (частота вращения ротора)  $n_{р.эд} = 735$  об/мин. Степень защиты электродвигателя IP 44 соответствует помещению с повышенной влажностью.

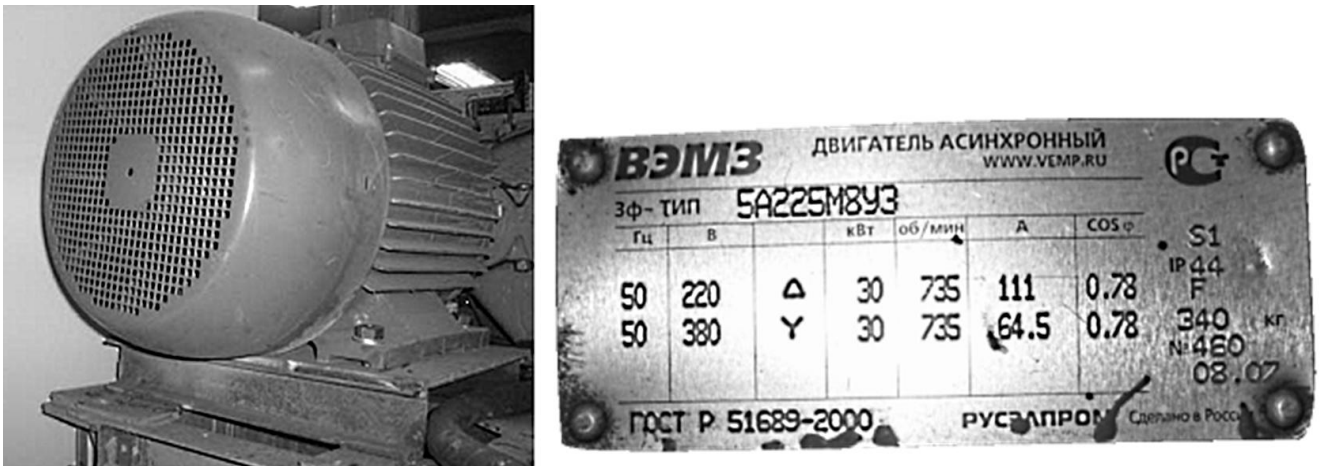


Рис.2. Электродвигатель 5A225M8Y3 и заводской щиток на его корпусе

Из курса «Теоретическая механика» студентам известно, что осевой момент инерции  $J_{O-O}$  является мерой инертности тела при его вращении вокруг оси  $O-O$  подобно тому, как масса  $m$  этого тела является мерой инертности при поступательном движении

$$J_{O-O} = \int_{(m)} r^2 dm = \int_{(V)} \rho r^2 dV,$$

где  $dm$  — масса малого элемента объема тела  $dV$ ;  $\rho$  — плотность тела;  $r$  — расстояние от элемента  $dV$  до оси  $O-O$ .

Осевой момент инерции стального вала (цилиндра) сплошного круглого поперечного сечения определяется по формуле

$$J_{\text{цил}} = \frac{m_{\text{цил}} d_{\text{цил}}^2}{8} = \frac{\rho_{\text{стл}} V_{\text{цил}} d_{\text{цил}}^2}{8} = \frac{\rho_{\text{стл}} \left( \frac{\pi d_{\text{цил}}^2}{4} l_{\text{цил}} \right) d_{\text{цил}}^2}{8} = \frac{\pi}{32} \rho_{\text{стл}} d_{\text{цил}}^4 l_{\text{цил}} \left[ \text{кг} \cdot \text{м}^2 \right],$$

где  $m_{\text{цил}}$ ,  $V_{\text{цил}}$ ,  $d_{\text{цил}}$  и  $l_{\text{цил}}$  — масса, объем, диаметр и длина цилиндрического вала;  $\rho_{\text{стл}}$  — плотность стали;  $\rho_{\text{стл}} = 7800 \text{ кг/м}^3$ .

Для вычисления осевого момента инерции, каждую вращающуюся деталь или узел электропривода студентам рекомендуется представить в виде одного или нескольких расположенных друг над другом цилиндров, замерив их диаметры и высоты, правильно выбрав коэффициент распределения массы [4].

Приводной конец вала ротора электродвигателя соединяется с приводным концом быстроходного вала шестерни редуктора посредством моторной муфты, а тихоходный вал редуктора соединяется с приводным шестеренным валком посредством коренной муфты. Длины и наружные диаметры фланцев полумуфт измеряются с приемлемой точностью при помощи линейек и рулеток (Рисунок 3).

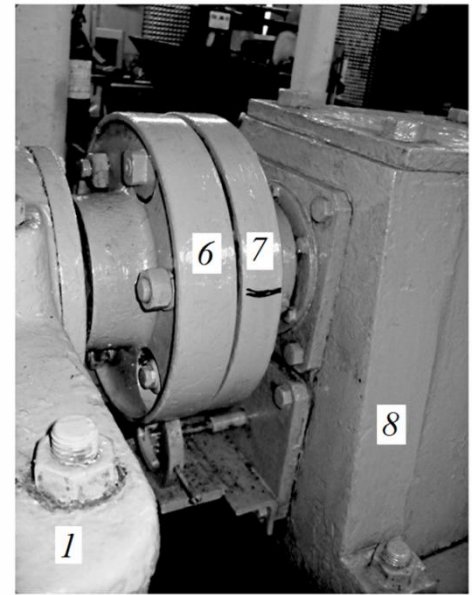
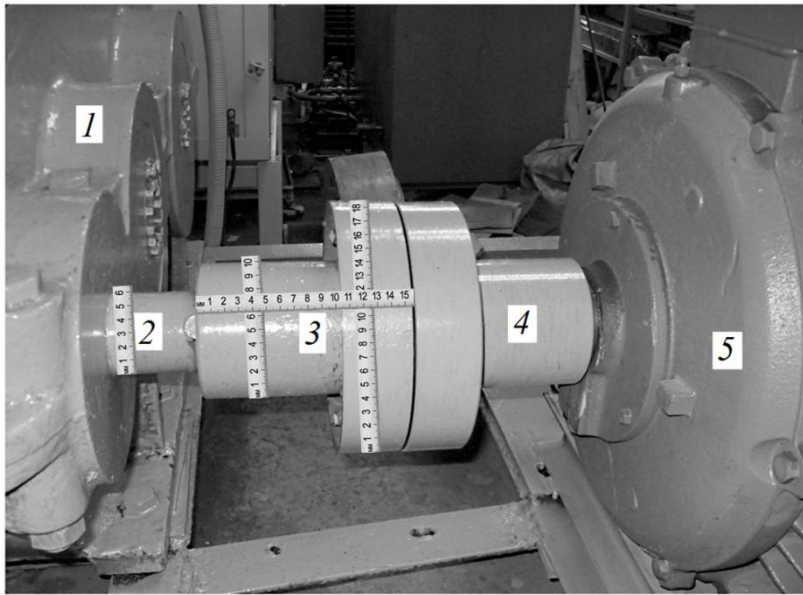


Рис.3. Моторная (а) и коренная (б) фланцевые муфты:

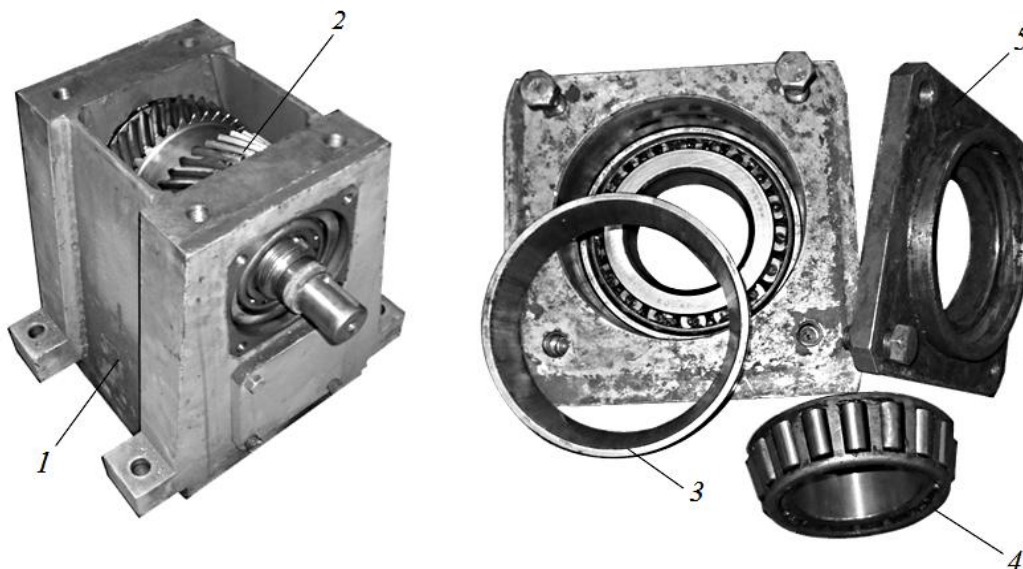
- 1 — цилиндрический двухступенчатый редуктор РМ-650;
- 2 — быстроходный вал; 3, 4 — фланцы моторной муфты;
- 5 — асинхронный электродвигатель типа 5А225М8У3;
- 6, 7 — фланцы коренной муфты; 8 — шестеренная клеть

Студентам запрещена сборка-разборка 2-ступенчатого цилиндрического горизонтального редуктора РМ-650. На заводском щитке редуктора (Рисунок 4) указано только, что его передаточное отношение равно 23,34, а изготовителем является Ижевский редукторный завод имени В.И. Ленина, поэтому геометрические размеры валов, зубчатых колес и шестерен ищутся в справочной литературе [2].



Рис.4. Редуктор РМ-650 с надписью на его крышке и заводским щитком

Во время ремонта шестеренной клетки были сделаны замеры длин и диаметров участков верхнего и нижнего шестеренных валков (Рисунок 5), что позволило вычислить их осевые моменты инерции, примерно равные друг другу. Все отличие верхнего шестеренного валка от нижнего в том, что верхний валок имеет два приводных конца, а нижний один.



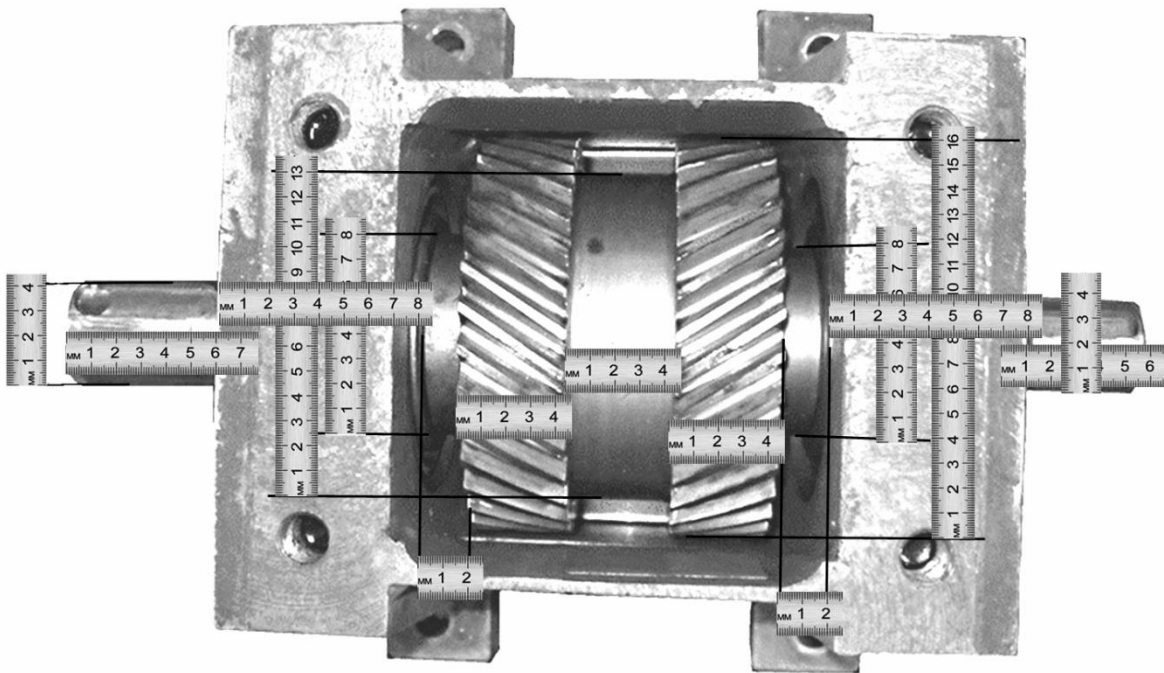


Рис.5. Шестерённая клетка: 1 — корпус; 2 — шестерённый валок;  
3 — наружное кольцо подшипника; 4 — крышка подшипника

Универсальные шпиндели соединяют приводные концы рабочих и шестеренных валков (Рисунок 6). У студентов всегда возникают трудности при расчете осевого момента инерции шарнира, который имеет сложную геометрию, поскольку образуется головкой с лопастью, вилкой с цилиндрической расточкой, бронзовыми сегментными вкладышами скольжения и сухарем круглого поперечного сечения. Коэффициент распределения массы для шарнира шпинделя, состоящего из нескольких деталей, найти не удастся.

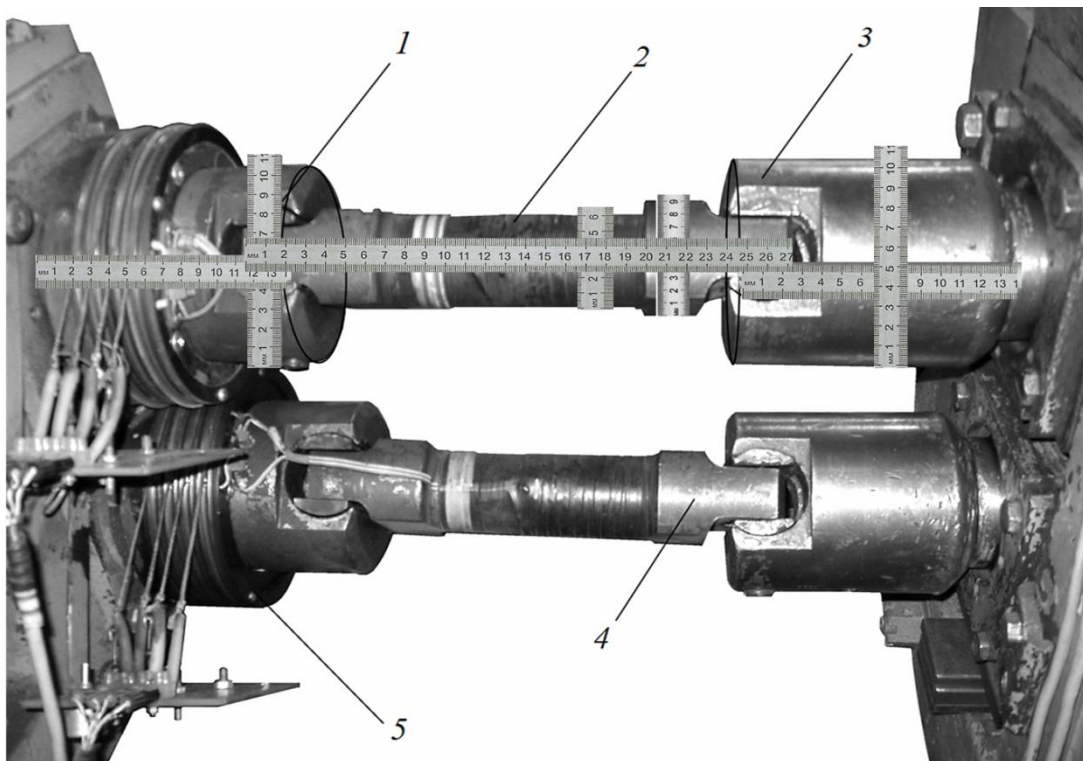


Рис.6. Верхний и нижний универсальные шпиндели:  
1 — бронзовый вкладыш; 2 — вал; 3 — вилка;  
4 — головка с лопастью; 5 — токосъём

Осевые моменты инерции верхнего и нижнего валков, установленных в рабочей клетке стана дуо-160 (Рисунок 7), могут быть рассчитаны достаточно точно: рабочий валок имеет цилиндрический приводной конец, две цилиндрические шейки под подшипники и цилиндрическую бочку.

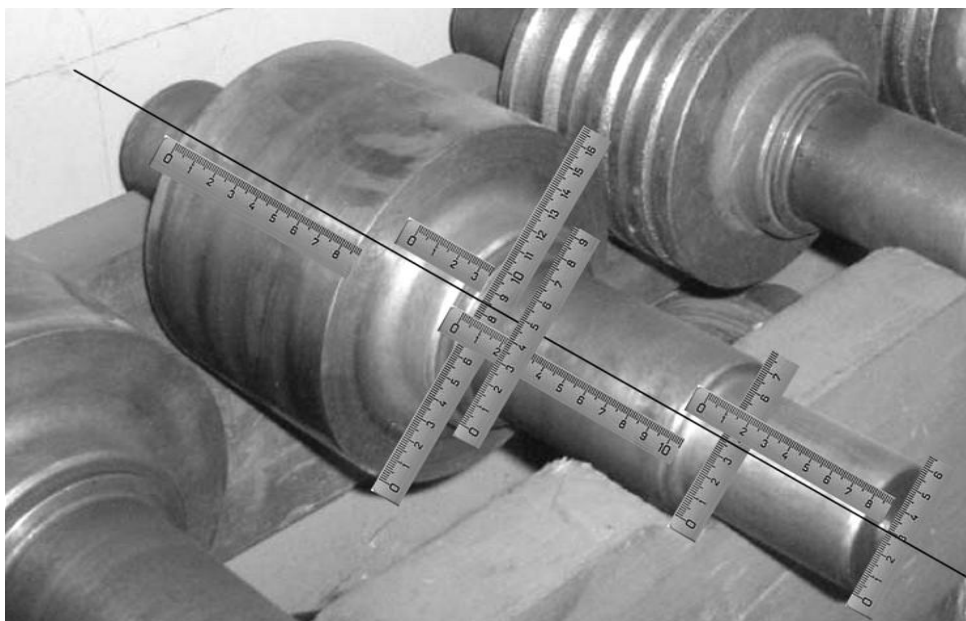


Рис.7. Гладкие и калиброванные рабочие валки на стеллаже

В ходе выполнения НИРС студенты могут предложить заменить моторную и коренную жесткие фланцевые муфты на податливые эластичные муфты, гидромуфты, установить дополнительные демпферы, которые сведут на нет удары, вибрации и крутильные колебания на всех участках электропривода, облегчат переход через зону резонанса при пуске и торможении прокатного стана. Осевой момент инерции современной эластичной муфты может быть найден по каталогу наряду с такими техническими характеристиками как передаваемый крутящий момент, масса, угловая жесткость, максимальная скорость вращения, осевая нагрузка, несоосность.

Для подтверждения правильности предложения, студентам потребуется еще раз выполнить динамический расчет крутильно-колебательной модели электропривода прокатного стана дуо-160 с учетом крутильной жесткости новой эластичной муфты, чтобы уйти от возможного резонанса.

#### Список литературы

1. Колесников А.Г. Технологическое оборудование прокатного производства: учебное пособие / А.Г. Колесников, Р.А. Яковлев, А.А. Мальцев. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 158 с.
2. Краузе Г.Н., Кутилин Н.Д., Сыцко С.А. Редукторы. Справочное пособие. Издание 2-е, дополненное и переработанное. Ленинград. Изд-во «Машиностроение», 1972. 143 с.
3. Мальцев А.А. Исследование в среде MathCAD крутильных колебаний электропривода стана дуо-160 // Электронный научно-технический журнал «Инженерный вестник». 2014. №09. С.96–102.
4. Целиков А.И. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х томах. Т.3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката. Учебник для вузов / Целиков А.И., Полухин П.И., Гребенник В.М. и др. М.: Металлургия, 1988. 680с.

## ТЕПЛОПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ ВНУТРЕННЕГО БАКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ

Леонтьев В.В.

СевГУ, Политехнический институт, РФ, г.Севастополь

В настоящее время в качестве источника горячей воды в системах горячего водоснабжения бытовых и промышленных помещений широко используются электрические водонагреватели накопительного типа – бойлеры. Схема такого устройства приведена на Рисунке 1.



Рис.1. Схема электрического водонагревателя накопительного типа

При выполнении прочностного расчета внутреннего бака традиционно используется теория тонких оболочек, находящихся под действием внутреннего давления [1]. При этом, как правило, температура стенок либо вообще не учитывается, либо принимается равной максимальной температуре горячей воды. Такой подход может привести к существенным погрешностям в определении напряжений в стенках бака и, как следствие, к ошибкам в выборе их толщины.

Цель исследования – определить эквивалентные напряжения в баке бойлера с учетом температуры при моделировании по оболочечной и твердотельной схемам и на основе сравнения результатов дать рекомендации по подходу к расчету и выбору толщины материала бака.

Постановка задачи. В качестве объекта исследования был выбран бытовой бойлер «ROUND» объемом бака 80 литров с мощностью ТЭНа 1500 Вт. Размеры цилиндрической части внутреннего бака: высота 600 мм, диаметр 400 мм, толщина стенок 3 мм, материал бака – сталь 3; толщина теплоизоляции – 42 мм, материал теплоизоляции – полиуретановая пена. Температура воды в бойлере 70 градусов, температура наружного воздуха 20 градусов Цельсия. Стенки бака нагружены постоянным внутренним давлением 0.6 МПа (стандартное давление в водопроводе жилых зданий). Требуется определить:

- 1) эквивалентные напряжения в стенках бака при расчете по оболочечной модели в предположении, что температура во всех точках стенок бака одинакова и равна температуре воды (70 градусов Цельсия);
- 2) распределение температур при нагреве воды от исходных 20 до рабочих 70 градусов Цельсия с учетом конвективного охлаждения внешней поверхности бойлера при температуре окружающего воздуха 20 градусов;
- 3) эквивалентные напряжения в стенках бака при действительных температурах при расчете по твердотельной модели.

При решении задачи приняты следующие основные допущения:

- 1) изменением давления вследствие температурного расширения воды можно пренебречь;
- 2) давлением от собственного веса воды можно пренебречь, поскольку при указанных размерах бойлера оно составляет 0.6 м.вод.ст., что соответствует 0.006 МПа (1% от рабочего давления);
- 3) материал бака - упругий.



Расчет выполнялся для 1/8 бака, влияние отброшенных частей учитывалось наложением соответствующих кинематических граничных условий (равенство нулю перемещений по нормальям к сечениям бака плоскостями XOY, XOZ и YOZ).

Основные результаты исследования. Расчет эквивалентных напряжений в стенках бака по оболочечной модели (пункт 1 постановки задачи) выполнен методом конечных элементов с помощью программы ABAQUS. Результаты показаны на Рисунке 2а, 2б.

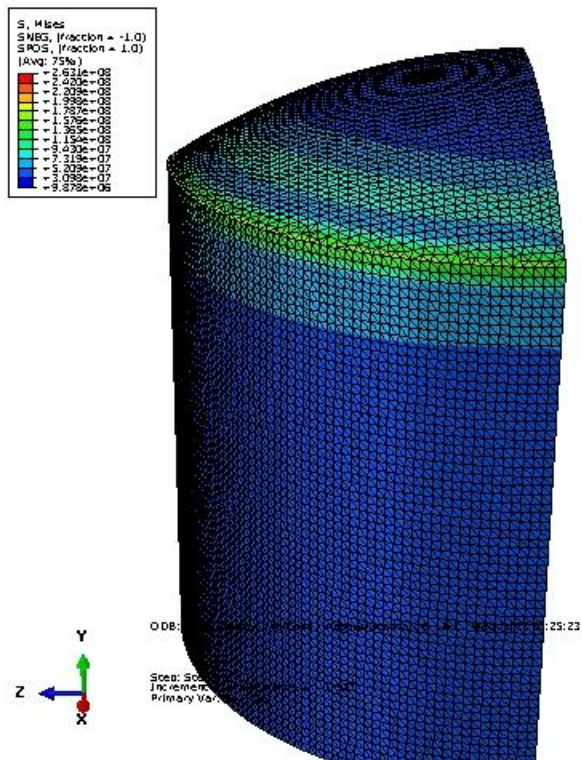


Рис.2а. Эквивалентные напряжения в наружной поверхности бака (оболочечная модель)

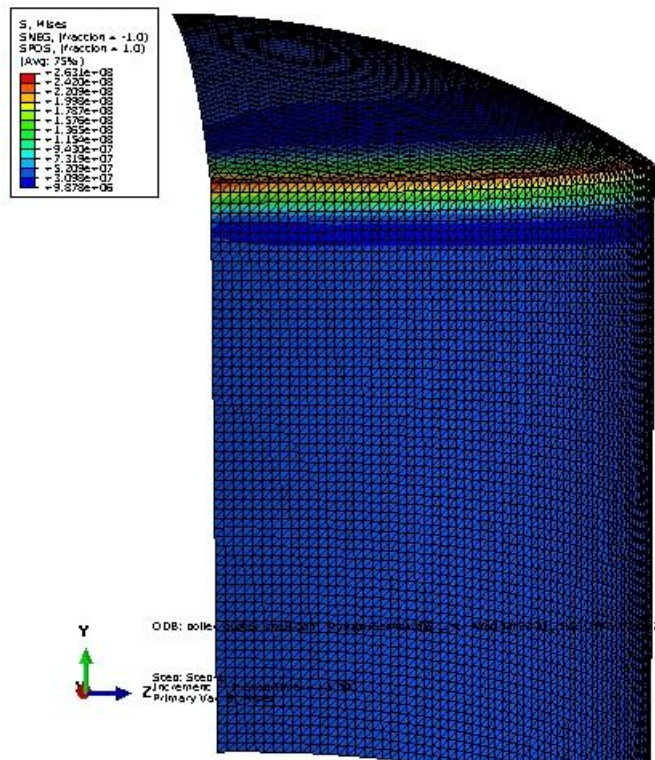


Рис.2б. Эквивалентные напряжения во внутренней поверхности бака (оболочечная модель)

Как видно, максимальные эквивалентные напряжения возникают в небольшой области внутренней части бака в районе стыка цилиндрической и сферической частей и достигают 260 МПа; напряжения же в наружной части указанной области составляют 200 МПа. Основная часть бака находится под действием напряжений 30-50 МПа, причем напряжения одинаковы на внешней и внутренней поверхностях.

Тепловой расчет (пункт 2 постановки задачи) выполнен также методом конечных элементов, но с помощью программы COMSOL MULTIPHYSICS. Результаты показаны на Рисунке 3а.

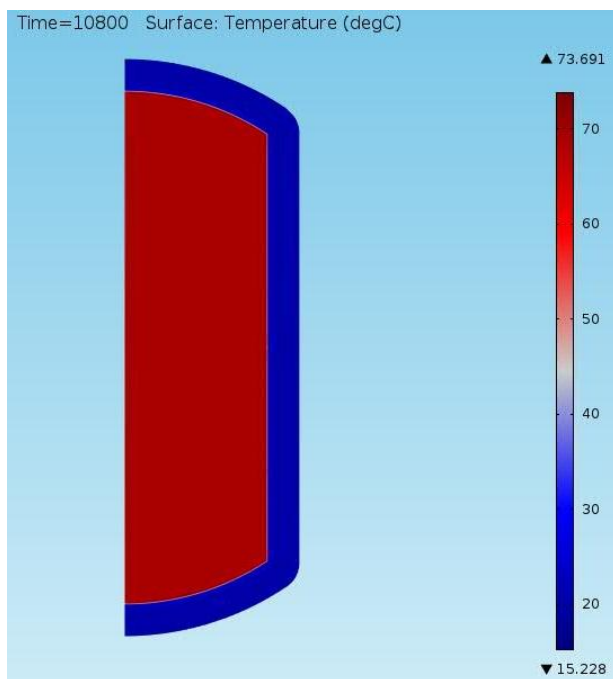


Рис.3а. Распределение температур в бойлере через 3 часа нагрева

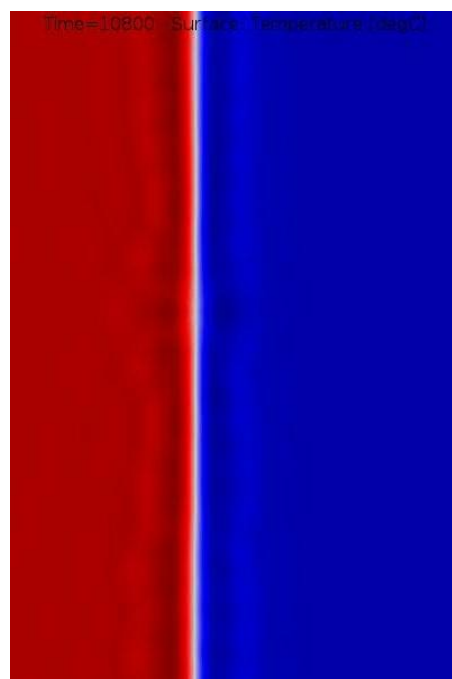


Рис.3б. Распределение температур в окрестности стенки бака

Как оказалось, вода в баке достигнет температуры 70 градусов Цельсия при начальной температуре 20 градусов через 3 часа (10800 сек), что соответствует паспортным данным бойлера. При укрупненном рассмотрении области, прилегающей к стенке бака (Рисунок 3б), видно, что температура внутренней части стенки (координата  $X=200.01$  мм) составляет 41.2 градуса, а температура наружной части стенки (координата  $X=202.97$  мм) – 24.5 градуса. Это существенно отличается от температуры стенок, принятой при расчете оболочечной модели.

Расчет по твердотельной модели с использованием полученных на предыдущем этапе температур (пункт 3 постановки задачи) выполнен методом конечных элементов с помощью программы ABAQUS. Результаты показаны на Рисунке 4а, 4б.

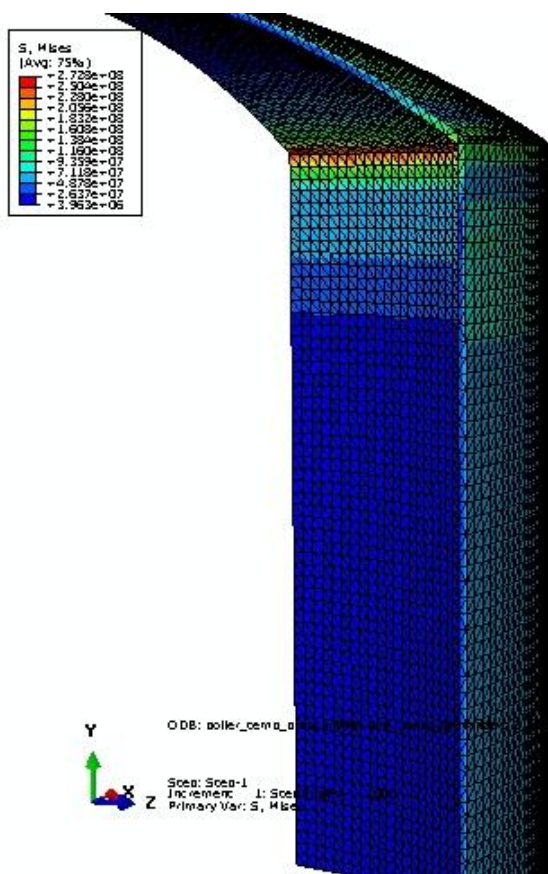


Рис.4а. Эквивалентные напряжения во внутренней поверхности бака (твердотельная модель)

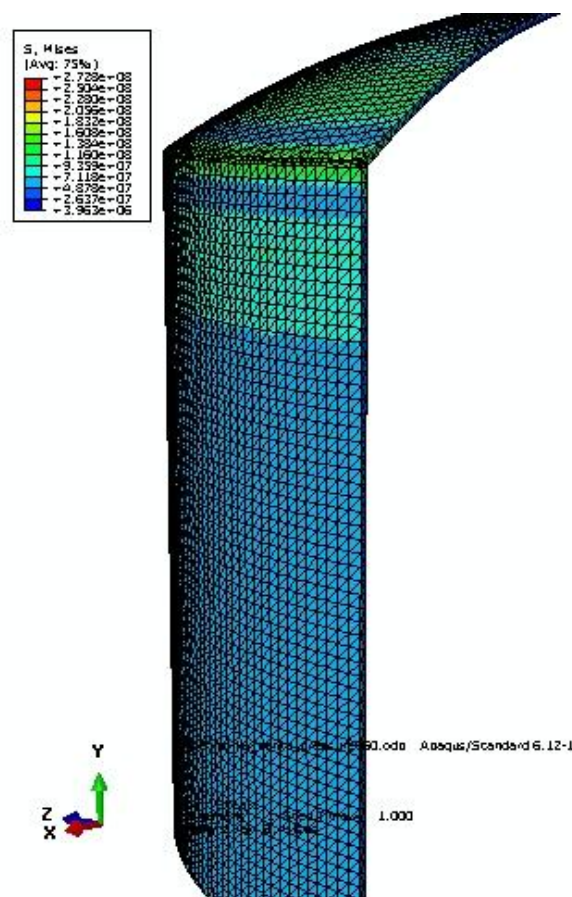


Рис.4б. Эквивалентные напряжения в наружной поверхности бака (твердотельная модель)

Как видно, максимальные эквивалентные напряжения, как и при расчете по оболочечной модели, возникают в небольшой области внутренней части бака в районе стыка цилиндрической и сферической частей, однако достигают несколько больших значений - 272 МПа; эти напряжения охватывают не более 10% толщины стенки, в большей же ее части напряжения достигают 160-180 МПа. Напряжения же в большей части внешней поверхности цилиндрической части бака значительно превосходят полученные по оболочечной модели, достигая 90 МПа; на большей же части внутренней поверхности бака напряжения не превосходят 26 МПа, что сравнимо с полученными по оболочечной модели

Выводы. Расчет по оболочечной модели при постоянной температуре бака дает напряжения, близкие к полученным по твердотельной модели с переменной температурой только в незначительной наиболее нагруженной области бака. Здесь эквивалентные напряжения достигают 260-270 МПа. При подборе толщины стенок не стоит ориентироваться на эти напряжения, увеличивая толщину - они охватывают лишь малую часть толщины стенки и в действительности в этой области возникают пластические деформации; в большей же части толщины наиболее нагруженной зоны напряжения укладываются в диапазон допустимых для примененной стали – 160-180 МПа. Уменьшать толщину стенок цилиндрической части, опираясь на результаты расчета по оболочечной модели, также не следует, поскольку в большей ее части напряжения по твердотельной модели достигают 90 МПа

Основные рекомендации по проектированию сводятся к необходимости выполнить предварительный расчет теплообмена в бойлере, и подбирать толщины стенок бака с учетом реального распределения температуры, выполняя термочувствительный расчет для твердотельной модели.

#### Список литературы

1. Авдонин А. С. Прикладные методы расчета оболочек и тонкостенных конструкций /А.С. Авдонин.– М.: Машиностроение, 1969.–402 с.

**СЕКЦИЯ №5.  
ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)**

**ЕДИНЫЙ ФОРМАЛИЗМ ДЛЯ МЕХАНИКИ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКИ**

**Родюков Ф.Ф.**

СПбГУ, РФ, г.Санкт-Петербург

Аннотация. Известный метод электромеханических аналогий разработан только для простейших систем, имеющих одну механическую и одну электрическую степени свободы. Но поскольку законы природы едины, то напрашивается мысль, что должен существовать аналогичный метод и для систем с большим числом степеней свободы. В докладе рассматриваются и решаются проблемы, связанные с поиском такого формализма. Введением некоторых новых понятий как в электромеханике, так и в механике, а также привлечением к описанию динамики систем со степенью своды больше двух аналога уравнений Лагранжа второго рода, а именно, уравнений Лагранжа-Ньютона, поставленная задача успешно решается. При этом удаётся симметризовать уравнения Максвелла для электромагнитных полей и распространить их и на торсионно-гравитационные поля. Следствием симметрии этих уравнений является понижение их порядка до двух независимых уравнений вместо четырёх.

Уравнения Лагранжа-Ньютона.

Формализм электромеханики более продвинул по сравнению с формализмом теоретической механики. В последней два тела взаимодействуют по закону всемирного тяготения, то есть чисто статически. В электромеханике же благодаря понятию взаимной индуктивности взаимодействие двух электрических контуров зависит не только от их взаимного положения, но и от их взаимной скорости и угла между векторами этих скоростей. Но, к сожалению, это преимущество сводится на нет привлечением к описанию динамики электрических контуров уравнений Лагранжа-Максвелла. В монографии [1] доказано, что в электромеханике надо применять вместо уравнений Лагранжа-Максвелла уравнения Лагранжа-Ньютона. Последние же исходят из формулировки второго закона динамики в формулировке Ньютона [2]: “Изменение количества движения (импульса) тела равно приложенной силе”.

В соответствии с этой формулировкой выражение для кинетической энергии надо брать не в форме Лейбница, то есть  $\frac{1}{2}$ , умноженное на массу тела и на квадрат скорости, а в форме Ньютона, то есть  $\frac{1}{2}$ , умноженное на квадрат импульса (в электромеханике – на квадрат потокосцепления). Таким образом вторая форма отличается от первой множителем массы (индуктивности). Диссипативная функция, выраженная через импульсы (потокосцепления), кроме  $\frac{1}{2}$  и квадратов импульсов (потокосцеплений), будет содержать в виде коэффициента отношение механического сопротивления к массе (в электромеханике – омического сопротивления к индуктивности). Выражение для потенциальной энергии остаётся без изменения.

Если в уравнениях Лагранжа второго рода в членах, содержащих кинетическую энергию и диссипативную функцию, домножить числители и знаменатели на массу (индуктивность), то придём к этим уравнениям уже в форме Ньютона. Поэтому автор назвал такие уравнения уравнениями Лагранжа-Ньютона.

Применяя уравнения Лагранжа-Ньютона к математическому моделированию электрических машин переменного тока, удалось разрешить все парадоксы, возникавшие ранее при применении в этом вопросе так называемых уравнений Парка-Горева. Основными из этих парадоксов были: несоответствие размерности дифференциальных уравнений для электромагнитных процессов плоской картине поля в поперечном сечении электрических машин; нарушение закона сохранения энергии; нарушение принципа относительности Галилея.

При преодолении этих парадоксов возникла необходимость введения нового закона элект-ромагнитной индукции для вращающегося трансформатора [1, с. 18]. Окончательно, уравнения Лагранжа-Ньютона для рассматриваемых электрических машин приобрели свойство самосопряжённости. Под этим подразумевается, что при объединении любого числа машин в единую систему порядок дифференциальных уравнений для электромагнитных процессов в этой системе благодаря первому закону Кирхгофа остаётся равным двум, то есть так же как в отдельной машине. Такая операция была проделана автором в монографии [3], где получена математическая модель большой электроэнергетической системы, по структуре совпадающей со структурой модели отдельной машины системы, но коэффициенты которой содержат отношения мощностей всех машин системы. Из полученной модели системы удалось получить условия потери её устойчивости (в литературе они называются электроэнергетическими катастрофами), а также дать рецепты, как избежать подобных катастроф.

Если же катастрофа всё-таки произошла, то есть и рецепт, как обратить ситуацию вспять с минимальными потерями.

Введение новых понятий в механике и электромеханике

Возврат к формулировке Ньютона второго закона динамики, а также введение в механике понятия взаимомассы, аналога взаимоиндуктивности в электромеханике, позволили обобщить метод электромеханических аналогий, идеально работающий для динамики одного тела [4], для динамики двух тел.

В обобщённом методе электромеханических аналогий центральное место занимают импульсы как одного тела, так и двух тел. Так импульс тела при взаимодействии двух тел состоит из собственного импульса плюс взаимоимпульс. Взаимоимпульс каждого из тел включает взаимомассу, умноженную на скорость другого тела и на косинус угла между векторами скоростей тел. В электромеханике импульсу соответствует потокосцепление электрического контура. При взаимодействии двух контуров через общее электромагнитное поле потокосцепление контура равно собственному потокосцеплению, равному произведению индуктивности контура, умноженной на ток в нём, плюс взаимное потокосцепление, равное произведению взаимоиндуктивности на ток другого контура и на косинус угла между векторами токов.

Кинетическая энергия вводится как сумма квадратов импульсов тел, умноженных на коэффициент  $\frac{1}{2}$ . Диссипативная функция вводится как сумма квадратов импульсов тел, умноженных на коэффициенты, являющиеся отношениями механических сопротивлений для тел к их массам, и на  $\frac{1}{2}$ . Выражение для потенциальной энергии строится соответствующим образом. В случае электромеханики импульсы тел надо заменить потокосцеплениями, а коэффициенты перед импульсами заменить на соответствующие по таблице аналогий.

Дополнительно в электромеханике для проводников вводится понятие магнитного смещения – магнитона. Последний является аналогом введённого Максвеллом для диэлектриков понятия электрического смещения -- электрона.

Поясним необходимость такого шага на примере опыта Герца с разомкнутым медным обручем с шариками на концах тоже из меди. Помещая этот обруч в переменное электромагнитное поле и сближая шарики, Герц добивался появления искрения между шариками. Это искрение является проявлением тока смещения (производной по времени от электрического смещения -- электрона) в промежутке между шариками, то есть в диэлектрике – воздухе. К сожалению, ни Герц, ни кто другой не объяснили, что при этом происходит в самом обруче. До сих пор считается, что в нём ничего не происходит. Встаёт вопрос откуда же появляется разность потенциалов между шариками, достаточная для пробоя диэлектрика – воздуха между ними? Ответом на него и является введение понятия магнитона в меди обруча. Он имеет размерность кулона (так же как и электрическое смещение -- электрон), равен по модулю электрону в воздухе между шариками, но противоположного знака с ним.

Введённый нами магнитон – это источник магнитных полей. Сейчас считается, что источника магнитных полей не существует. Получается, что сами магнитные поля существуют, а вот источников их не существует. Этой мистике в науке кладёт конец магнитон.

Почему не могли до сих пор найти источник магнитных полей -- магнитный монополю? Дело в том, что изначально считалось и до сих пор считается, что магнитный монополю – это некая частица типа электрона. А оказывается, что не частица является источником магнитных полей, а аналог электрического смещения – магнитное смещение, или возбуждённые атомы электропроводящих материалов – магнитоны.

Симметризация уравнений максвелла

Как известно, уравнения Максвелла асимметричны относительно электрических и магнитных полей. Введение понятия магнитного смещения – магнитона – в проводниках и его производной по времени – тока магнитного смещения устраняет эту асимметрию. Но перед этим надо исправить знак в правой части третьего уравнения Максвелла, соответствующего закону индукции Фарадея, с минуса на плюс. Знак минус здесь ставят в соответствии с записью этого закона, сделанного самим Фарадеем: полная производная по времени от потокосцепления равна электродвижущей силе со знаком минус. Но в уравнениях Максвелла фигурируют силы, а силам соответствует напряжение, а оно противоположного знака электродвижущей силе.

Далее мы используем уравнения Максвелла из Wikipedia [5]. Они составлены в предположении, что источники магнитных полей уже найдены. Так как мы теперь знаем, что это за источники, то можем себе позволить воспользоваться уже проделанной до нас работой. С учётом изменения знака, о котором говорится выше, эти уравнения являются симметричными по отношению к электрическим и магнитным явлениям.

Как хорошо известно, симметрия означает возможность исследовать только одну из симметричных частей, распространяя затем результаты этого исследования и на вторую половину симметричной картины. Разрешая первые два из уравнений Максвелла относительно электрона (первое уравнение) и магнитона (второе из уравнений) и учитывая, что они по модулю равны (смотри выше), суммируем их почленно. В результате

приходим к уравнению связи между напряжённостью электрического поля и магнитной индукцией: напряжённость магнитного поля равна произведению скорости света на магнитную индукцию со знаком минус.

Учитывая это уравнение связи в третьем и четвёртом уравнениях Максвелла, получаем два независимых уравнения: одно для описания явлений только в электрических полях, а второе – только в магнитных полях.

Таким образом, мы понизили порядок полных симметричных уравнений Максвелла до двух независимых.

О распространении метода электромеханических аналогий на случай физических полей

Обобщив метод электромеханических аналогий между системами электрических контуров и тел из классической механики, возникает вопрос о возможности его распространения на случай физических полей, а именно, электромагнитных и торсионно-гравитационных. На эту же мысль наталкивает и хорошо известная аналогия между формулами, выражающими закон всемирного тяготения Ньютона и закон Кулона. Здесь мы выскажем только некоторые соображения по этому вопросу.

Прежде всего напрашивается следующая аналогия между электромагнитным и торсионно-гравитационным полями: электрической составляющей первого соответствует торсионная составляющая второго, а магнитной составляющей – гравитационная. Тогда торсионная составляющая характеризуется напряжённостью торсионного поля, а магнитная – индукцией гравитационного поля. Соответственно электрическому смещению – электрону -- надо сопоставить торсионное смещение – торсион, а магнитному смещению – магнитону -- сопоставить гравитон.

Торсионно-гравитационному полю надо приписать свойство возбуждать электрически нейтральные атомы любых веществ, делая из них диполи, меняющие знаки своих полюсов. Тогда между телами в вакууме будут существовать торсионы. В свою очередь, торсионы в телах будут возбуждать гравитоны – диполи, равные по величине, но противоположного знака торсионам. Внутри тел поля гравитонов нейтрализуют друг друга, поэтому на поверхности тел останутся только связанные заряды гравитонов. Именно таким образом тела будут взаимодействовать друг с другом подобно электрическим зарядам в законе Кулона. Теперь становится понятна природа аналогии между законом всемирного тяготения Ньютона и законом Кулона.

Необходимо заметить, что предложенного выше мало для построения системы уравнений, аналогичных полной симметризированной системе уравнений Максвелла. Для достижения этой цели надо сделать ещё несколько шагов. Во-первых, надо ввести единицы измерения торсионных и гравитационных полей. Во-вторых, надо ввести новые константы, эквивалентные электрической постоянной для электрических полей и магнитной постоянной для магнитных полей. То же самое надо сделать для констант, входящих в дополнительные алгебраические уравнения системы уравнений Максвелла.

Хочется сделать одно предположение по поводу вышесказанного. Оно связано с уже упомянутой схожестью формул закона Кулона и закона всемирного тяготения Ньютона. Эта схожесть подсказывает, что должна существовать связь между электрической постоянной и гравитационной постоянной. Её-то и надо первым делом установить.

### Список литературы

1. Родюков Ф.Ф. Четыре шага вперёд в теории электромагнитного поля и в электромеханике. -- LAP Lambert Academic Publishing, 2013. – 116 p.
2. Ньютон Исаак. Математические начала натуральной философии. - М.: Наука, 1989. - 689 с.
3. Родюков Ф.Ф. Математическая модель большой электроэнергетической системы. – СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2006. –153 с.
4. Львович А.Ю. Электромеханические системы. Л.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1989. - 296 с
5. Магнитный монополь. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Монополь>.

## КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕТЯХ 6-10 КВ ГУП СК «СТАВРОПОЛЬКОММУНЭЛЕКТРО»

**Макарова С.С., Напсо А.Р.**

ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», РФ, г.Ставрополь

В данной статье объектом исследования являются филиалы ГУП СК «Ставрополькоммунэлектро», а предметом исследования – оптимизация мест установки и мощности компенсирующих устройств. Цель работы – разработка мероприятий по компенсации реактивной мощности в филиалах ГУП СК «Ставрополькоммунэлектро». Определение мест установки и мощности компенсирующих устройств проведено в программном комплексе RersPC.

Ключевые слова: реактивная мощность, компенсирующее устройство, оптимизация, сокращение потерь электроэнергии.

Одной из основных задач государственной программы «Энергоэффективность и развитие энергетики» является развитие энергосбережения и повышение энергоэффективности, в том числе сокращение потерь электрической энергии в электросетевом комплексе. Одним из эффективных способов снижения потерь активной мощности, электроэнергии и потерь напряжения в электрических сетях является установка компенсирующих устройств (КУ) в сети. Оптимальное решение соответствующей проблемы не только создает возможность существования максимальных режимов работы электрических систем за счет обеспечения баланса реактивной мощности как по системе в целом, так и в отдельных ее узлах, но и существенно уменьшает потери электрической энергии, а также приведенные затраты на сооружение и эксплуатацию сетей.

Рассмотрим вопрос компенсации реактивной мощности на примере электрических сетей 6-10 кВ ГУП СК «Ставрополькоммунэлектро».

Наиболее актуальные проблемы, которые приходится решать организации, являются высокий износ основного оборудования распределительных электрических сетей напряжением 6-10 кВ и относительно высокий уровень технических потерь электроэнергии.

Компенсация реактивной мощности в сетях 6-10 кВ позволит не только снизить потери электрической энергии, но и позволит снизить загруженность оборудования электрических сетей.

Рассмотрим следующие филиалы ГУП СК «Ставрополькоммунэлектро»: Филиал г. Минеральные Воды «Электросеть», филиал г. Михайловск «Электросеть» участок Грачевка, филиал г. Новоалександровск «Электросеть».

Для каждого фидера рассматриваемых филиалов на основании режимных замеров определим коэффициенты реактивной мощности.

На Рисунке 1 приведена гистограмма распределения  $\text{tg } \phi$  по фидерам рассматриваемых объектов. В соответствии с приказом Министерства промышленности и энергетики РФ от 22 февраля 2007 г. N 49  $\text{tg } \phi$  в сетях 6-20 кВ должен быть равен 0,4 [1].

Из расчетов видно, что рассматриваемые филиалы ГУП СК «Ставрополькоммунэлектро» потребляют большое количество реактивной мощности (для большинства фидеров  $\text{tg } \phi > 0,4$ ).

Наибольшее отклонение от нормируемого коэффициента реактивной мощности наблюдается на следующих фидерах:

- а) филиал г. Минеральные воды – Ф606, Ф609;
- б) филиал г. Михайловск, участок Грачевка – Ф101, Ф102;
- в) филиал г. Новоалександровск – Ф 325, Ф210.

В качестве компенсирующих устройств будем рассматривать батареи конденсаторов (БК). К достоинствам данного вида компенсирующих устройств можно отнести: относительно небольшие удельные потери активной мощности; простота осуществления монтажных работ; неприхотливость в эксплуатации; допустимость установки батарей конденсаторов в любой точке системы; возможность увеличения установленной мощности.

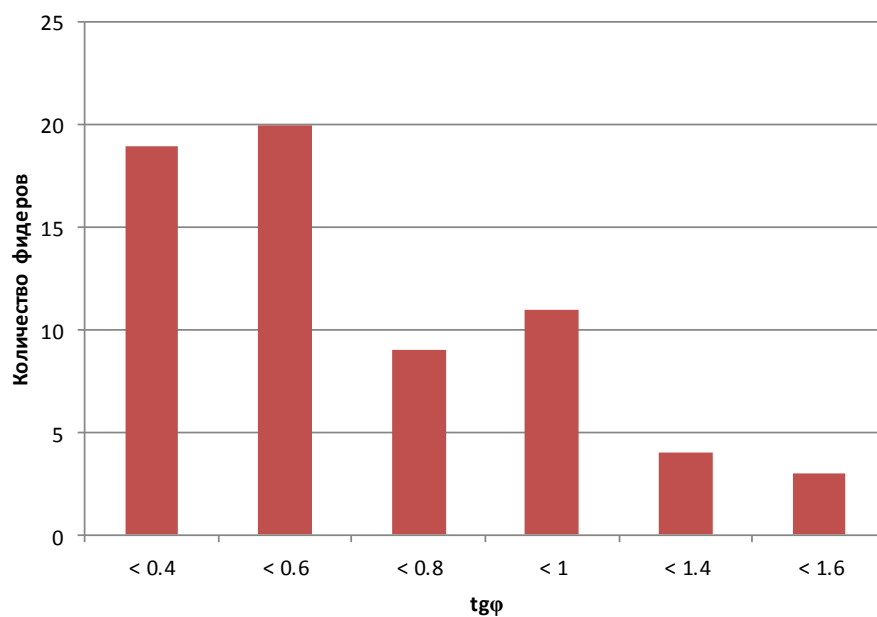


Рис.1. Гистограмма распределения tg φ по фидерам рассматриваемых объектов

Вопросы оптимизации связанные с использованием батарей конденсаторов (БК) решаются в различных постановках (например, укрупнено: задачи проектные – выбор и размещение БК, задачи эксплуатационные – управление имеющимися БК в реальном времени).

Определение мест установки и мощности батарей конденсаторов проведем в программном комплексе RersPC, используя для этого встроенный в него модуль расчета эффективности мероприятий по снижению потерь энергии [3]. Методика определения мест установки и мощности батарей конденсаторов данного модуля основана на определении минимума целевой функции, учитывающей потери электроэнергии.

Расчет рассмотрим на примере филиала г. Михайловск, участок Грачевка Ф101.

Ступенчатые графики токовой нагрузки вдоль главной магистрали фидера Ф101 до и после установки компенсирующих устройств изображены Рисунке 2.



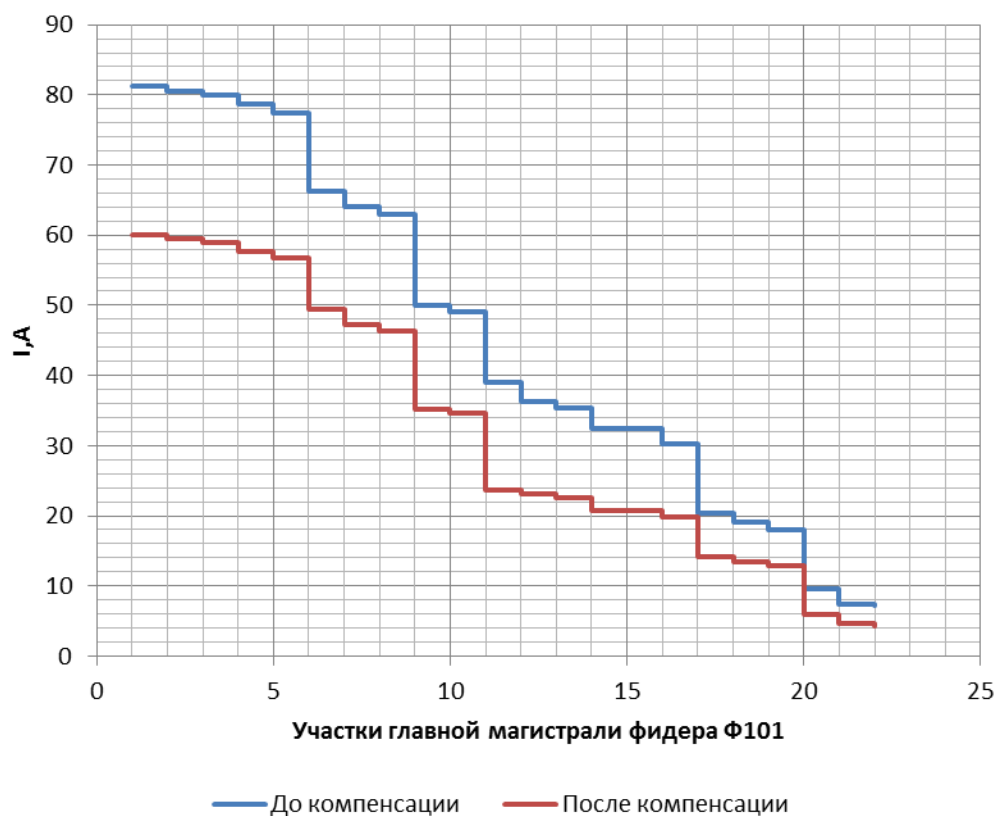


Рис.2. Токвая нагрузка до и после установки КУ

Как видно из графика одним из положительных эффектов установки компенсирующих устройств является снижение максимальной токовой нагрузки линий в среднем на 7%.

Представляет интерес оценка технико-экономической эффективности повышения коэффициента мощности  $\cos\phi$  у потребителей средствами компенсации реактивной мощности. В Табл.1 приведены результаты снижения нагрузки (полной мощности), а также потерь активной мощности в сети до и после компенсации.

Таблица 1

Снижение нагрузки

Cosφ(tgφ) до компенсации	Cosφ(tgφ) после компенсации	Снижение полной мощности, %	Снижение потерь активной мощности %
0,75(0,88)	0,98(0,203)	26,17	22,631

В связи с тем, что на практике установку КУ во всех узлах не удастся осуществить одновременно, возникают вопросы об экономических показателях каждого КУ в отдельности и целесообразности последовательности установки.

Оценим эффективность установки КУ по отдельности в выбранных узлах. Расчет потерь выполняется по методу средних нагрузок.

Гистограмма сроков окупаемости представлена на Рисунке 3.

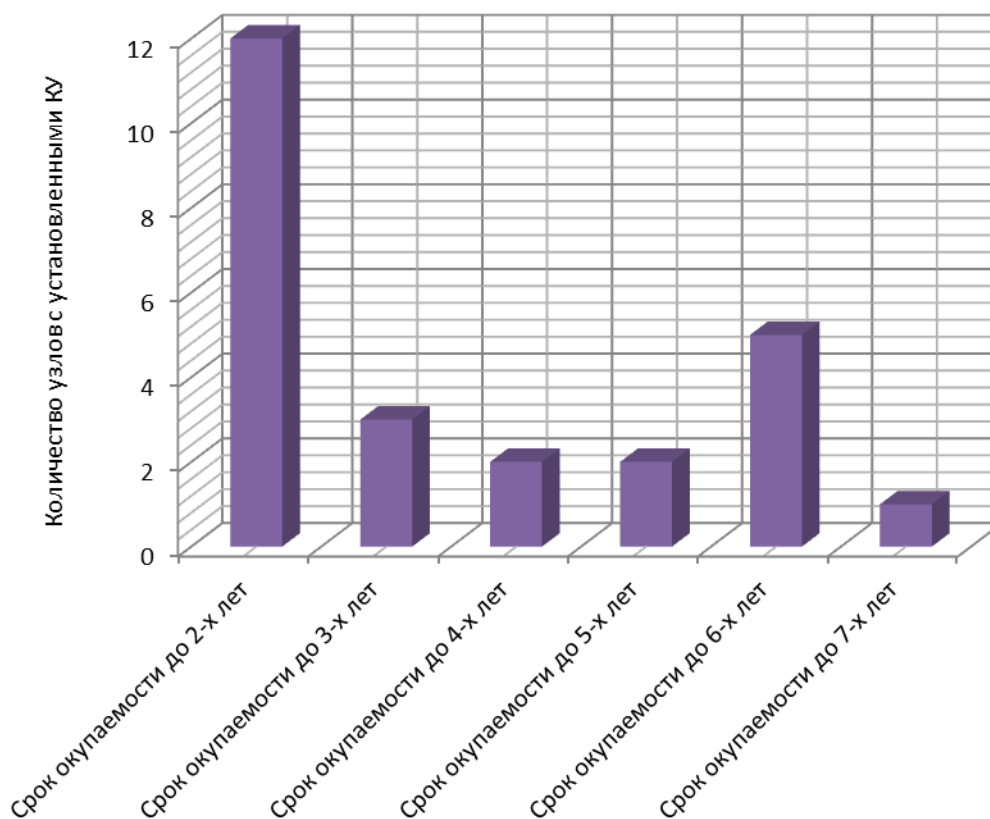


Рис.3. Гистограмма сроков окупаемости

Эффективным сроком окупаемости можно считать срок до 5 лет. В первую очередь целесообразна установка компенсирующих устройств с наименьшим сроком окупаемости (наибольшей эффективностью). В соответствии с рассчитанными сроками окупаемости можно составить план-график внедрения мероприятий по установке компенсирующих устройств.

Оценим суммарный эффект от установки КУ во всех узлах одновременно. В Табл.2 приведен суммарный эффект от установки КУ.

Таблица 2

Суммарный эффект от установки КУ

	Суммарная стоимость, тыс.руб.	Эффект, МВт*ч	Эффект, %	Срок окупаемости, лет
Ф101	1969,5	162,33	22,63	3,41
Ф102	1118,6	33,19	20,97	8,62
Ф210	2034,8	64,52	10,38	7,59
Ф325	534	25,68	37,64	4,68
Ф606	218	68,89	21,47	3
Ф609	218	44,57	28,31	2,6

Стоит отметить, что в процессе эксплуатации БК происходит ряд изменений, которые могут повлиять на эффективность ее использования: происходит развитие энергосистемы в целом и отдельных энергорайонов; изменяются значения параметров сети (главным образом нагрузки). Может возникнуть ситуация, когда БК эффективнее использовать в другом узле электрической сети. В такой ситуации необходимо рассмотреть возможность перемещения БК на новое место эксплуатации (применение «передвижных», «мобильных» БК).

В частности, перемещение БК можно осуществлять с помощью грузового автотранспорта (применение автокрана совместно с грузовым автомобилем; или рассмотрение возможности перевоза на этапе создания БК, с применением в ее конструкции элементов позволяющих производить ее перемещение как «прицепа» к грузовому транспорту). При этом в осенне-зимний период передвижные БК применяют для проведения мероприятий по плавке гололеда [2], а в летний период возможно их использование по прямому назначению (компенсация реактивной мощности). Экономическая эффективность перемещения БК будет определяться уменьшением затрат от сокращения потерь электрической энергии и затратами на перевозку батареи конденсаторов.

Выводы:

1) Определены мощности и места установки КУ в выбранных фидерах ГУП СК «Ставрополькоммунэлектро». Произведена оценка эффективности установки компенсирующих устройств в филиалах ГУП СК «Ставрополькоммунэлектро». Определено, что средний срок окупаемости по всем рассматриваемым филиалам составил 4.63 года, однако, выявлены узлы, где установка КУ наиболее эффективна и срок окупаемости не превышает 2 лет. Минимальный срок окупаемости отдельно взятого КУ составил 1.3 года, максимальный 10.3 года.

2) Выполнен расчет установившегося режима после проведения мероприятий по компенсации реактивной мощности. Определена токовая нагрузка линий и распределение напряжения вдоль магистрали фидеров. Загрузка линий сокращается в среднем на 7 %. Минимальное снижение нагрузки линий составило 3%, максимальное 12%.

### Список литературы

1. О порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон в договорах об оказании услуг по передаче электрической энергии. Приказ министерства промышленности и энергетики российской федерации. От 22 Февраля 2007 Г. N 49.
2. Патент на изобретение № 2537851, МПК H02G 7/16/ Способ борьбы с гололедом на воздушных линиях электропередачи [Текст] / Костюков Д.А., Кононов Ю.Г., патентообладатель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет» - № 2012123221/07; заявл. 05.06.2012; опубл. 10.01.2015 Бюл. №1. – 9 с.
3. Справка программного комплекса RersPC версии 2.1.

## РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ЗА ПОЛОЖЕНИЕМ СОЛНЦА

<sup>1</sup>Немихин Ю.Е., <sup>1</sup>Матвеев А.В., <sup>1</sup>Немков Д.А., <sup>2</sup>Одинаев И.Н.

<sup>1</sup>ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», РФ, г.Екатеринбург

<sup>2</sup>Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, Республика Таджикистан, г. Душанбе

Одним из наиболее востребованных и динамично развивающихся направлений возобновляемой энергетики является солнечная энергетика. В большинстве высокоразвитых стран, таких как США, Китай, Германия и многих других, активно ведутся работы по созданию и внедрению солнечных электростанций, как промышленных масштабов, так и небольшой мощности, ориентированных на частных потребителей.

Одним из факторов, влияющих на эффективность работы солнечной электростанции, является ориентация фотоэлектрических панелей по отношению к положению солнца на небосводе. Известно, что величина инсоляция на наклонную плоскость зависит от угла между нормалью к данной плоскости и направлением на Солнце. Интенсивность солнечного излучения на нормально ориентированную поверхность значительно выше, чем на наклонную, поэтому данное положение фотоэлектрических преобразователей является оптимальным [1]. Применение систем ориентации в составе солнечных электростанций направлено на поддержание оптимального угла наклона панелей относительно солнечного излучения с целью повышения общей эффективности системы особенно в утренние и вечерние часы, когда углы склонения солнца принимают максимальное значение [2].

Целью данной работы являлось создание опытной системы слежения за положением солнца и применение ее в составе фотоэлектрической станции, апробация и верификация работы системы в условиях Свердловской

области, использование установки в учебном процессе, проведение практических экспериментов и лабораторных работ.

Системы ориентации солнечных батарей можно классифицировать следующим образом.

По способу формирования управляющих сигналов отклонения солнечных батарей:

- С помощью фотоэлектрического датчика (-ов) – изменение положения Солнца и освещенности фиксируется фотодатчиком, который подает сигнал на микроконтроллер, через специальный преобразователь;
- С помощью датчиков тока (разности тока) с фотопреобразователей солнечных батарей;
- С помощью температурных датчиков, которые при неодинаковой степени освещенности имеют разную температуру, из-за чего между ними возникает разность деформаций, преобразуемая в поворот панели по направлению на Солнце;
- С помощью статистических алгоритмов, решающих задачу двух тел (Солнце-Земля).

По числу степеней свободы (осей поворота):

- Одноосные;
- Двухосные.

По виду связи поворотных солнечных батарей с сетью:

- Через гибкий кабель;
- Через вращающееся токосъемное кольцевое устройство, позволяющее выполнять поворот солнечных батарей относительно поворотной системы на неограниченный угол.

По типу трекеров [3]:

- Активный трекер - использует двигатели и зубчатые передачи для изменения направления солнечных панелей;
- Пассивный трекер - представляет собой особые гидравлические системы, использующие давление низкокипящих жидкостей для движения конструкции;
- Хронологический трекер - «противодействует» вращению Земли, поворачиваясь с той же скоростью, что и Земля по отношению к Солнцу, вокруг оси, параллельной Земле, но в противоположном направлении.
- Ручной трекер - реализуется с помощью цепных механизмов, рычагов и мускульной силы.

На кафедре «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» (АСиВИЭ) Уральского федерального университета был разработан учебный стенд, позволяющий производить ориентацию солнечных панелей на солнце. Согласно приведенной выше классификации по способу формирования управляющего сигнала его можно отнести к установкам, работающим на основе статистических алгоритмов, он имеет две оси вращения, связь с сетью осуществляется через гибкий кабель, тип трекера – активный.

Стенд состоит из двух частей: механической и программной. Механическая часть реализована с помощью оборудования, произведенного компанией МПК Мегасервис. Программная часть реализована с помощью пакета SolarOrientation, который был разработан на кафедре АСиВИЭ. Для разработки данного пакета использовался язык C# версии 5.0.

Пакет SolarOrientation представляет собой набор из двух программ: SOAutomatic и SOManual. Последняя призвана обеспечить ручное управление поворотной системой с помощью текстовых команд, и используется для проведения лабораторных работ и научных исследований. SOAutomatic обеспечивает автоматическое управление поворотной системой с наведением фотоэлектрических панелей на солнце (установка в плоскости перпендикулярной направлению падения солнечных лучей). Для этого используются численные алгоритмы [4, 5], позволяющие рассчитать текущее положение солнца на небосводе в зависимости от координат местности, времени суток и даты. Применение установки возможно в любом месте при условии задания в рабочем интерфейсе программы вышеуказанных данных.

Для реализации механической части было использовано следующее:

- Поворотное устройство азимутальное с элевацией Радант AZ1000V [6];
- Контроллер управления;
- Фотоэлектрические панели;
- Резисторы;
- Блок управления;
- Персональный компьютер.

Поворотное устройство состоит из редукторов и двух электродвигателей постоянного тока с соответствующими датчиками, служащими для приема, обработки и передача сигнала. На персональном компьютере по специальному алгоритму происходит расчет оптимального положения поворотной платформы и сравнение этого положения с положением платформы в текущий момент времени. В случае обнаружения

отклонения, через блок управления передается сигнал, который воспринимается датчиками, дающими команду на запуск электродвигателей, которые в свою очередь осуществляют поворот платформы по азимуту и элевации. Внешний вид поворотного устройства приведен на Рисунке 1.



Рис.1. Поворотное устройство системы слежения за положением солнца

На поворотной платформе предусмотрены места для креплений различных энергетических установок, таких как солнечные коллекторы и фотоэлектрические панели. Для проведения исследований работы данного оборудования на кафедре АСиВИЭ разработана и смонтирована система измерений и мониторинга, которая включает в себя метеостанцию позволяющую определять температуру окружающей среды, интенсивность солнечной радиации, влажность, скорость и направление ветра, и ряд датчиков, таких как амперметры и вольтметры. Показания всех приборов фиксируются в режиме реального времени и хранятся на сервере для последующей обработки и анализа [7]. На Рисунке 2 приведена принципиальная схема учебного стенда.

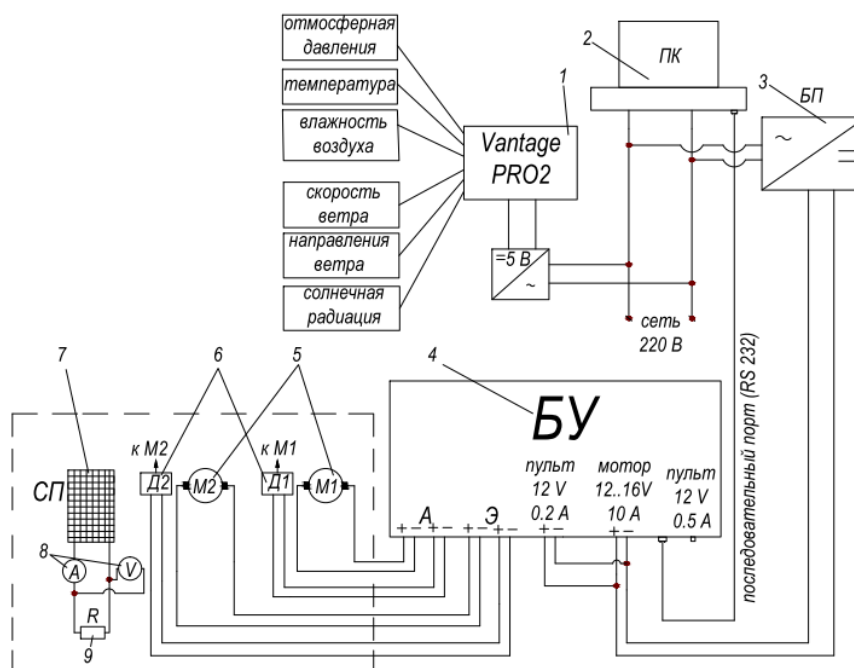


Рис.2. Принципиальная схема учебного стенда системы слежения за положением солнца. 1 - метеостанция; 2 - персональный компьютер; 3 - блок питания; 4 - блок управления; 5 - двигатели постоянного тока (моторы); 6-датчики; 7-солнечная панель; 8 - измерительные приборы; 9 - электрическая нагрузка

В результате проведенной работы на кафедре Атомные станции и возобновляемые источники энергии Уральского федерального университета был создан опытный стенд система слежения за положением Солнца, позволяющий проводить испытания и анализ эффективности различных установок солнечной энергетики, накапливать опыт эксплуатации подобных систем, вырабатывать рекомендаций по их проектированию. Аналогичная система ориентации может найти широкое применение для повышения эффективности энергоснабжения небольших потребителей, таких как светофоры узлы связи и автоматики, особенно в северных регионах с большой продолжительностью солнечного дня и низкой интенсивностью излучения.

#### Список литературы

1. Безруких П. П., Арбузов Ю. Д., Борисов Г. А., Виссарионов В. А., Евдокимов В. М. и др. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России // СПб, Наука, 2002. 314 с.
2. Deger [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.degerenergie.de>
3. Solar tracker [Электронный ресурс] // Wikipedia. – Режим доступа: [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_tracker](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_tracker) (дата обращения: 8.04.2015)
4. Philippe Blanc, Lucien Wald. The SG2 algorithm for a fast and accurate computation of the position of the Sun for multi-decadal time period [Electronic resource] HAL archives-ouvertes. Mode of access: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00725987/document>
5. Ibrahim Reda, Afshin Andreas. Solar Position Algorithm for Solar Radiation Applications [Electronic resource] // National Renewable Energy Laboratory. – Mode of access: <http://www.nrel.gov/docs/fy08osti/34302.pdf>.
6. АПУ азимутальное с элевацией AZ1000 (малое) [Электронный ресурс] // Поворотка.ru Поворотные устройства. – Режим доступа: [http://поворотка.рф/produkcija/povorotnye\\_ustrojstva/povorotnoe\\_ustrojstvo\\_az1000v\\_maloe/](http://поворотка.рф/produkcija/povorotnye_ustrojstva/povorotnoe_ustrojstvo_az1000v_maloe/)
7. S. E. Shcheklein, Yu.E. Nemikhin, S.V. Nevyantsev, A. Korzhavin, A.O. Postovalov, D.A. Nosov, and Yu.Z. Zagafuranova. Renewable Energy-Based Plant Remote Monitoring Complex Using Wi-Fi Channels and Elements of Artificial Vision, WIT Transactions on Ecology and the Environment, Volume 190 VOLUME 2, 2014, pp. 1185-1194. DOI: 10.2495/EQ141102

#### СЕКЦИЯ №6.

#### ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)

#### РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РЕМОНТНОЙ ОБРАБОТКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

**Бешевли О.Б.**

БГТУ им. В.Г.Шухова, РФ, г.Белгород

Баббиты в основе своей состоят из свинца или олова и различных примесей, используются в большом количестве изделий самых различных предназначений и размеров, но в литературе, которая находится в свободном доступе практически не встречаются рекомендации по режимам обработки баббитов [2]. Для подбора оптимальных режимов резания и изучения влияния различных факторов на процесс фрезерования баббитов марок Б 83 и Б16 была проведена серия экспериментов. Использование баббитов для вкладышей подшипников скольжения накладывает жесткие ограничения на качество поверхности, которое необходимо достигнуть после обработки [4].

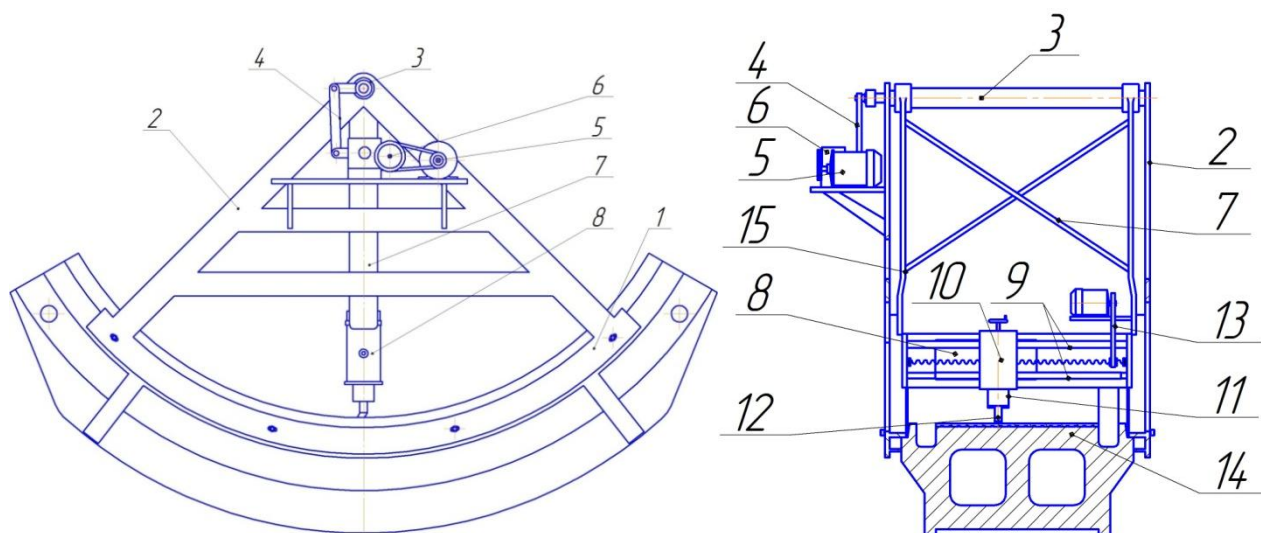


Рис.1. Общий вид станка

Для достижения высокого качества обработки и снижения времени простоя на ремонте на кафедре «технология машиностроения» БГТУ им. В.Г. Шухова был спроектирован специальный переносной станок [5], который позволяет обрабатывать поверхность баббита в заданный размер и с необходимой точностью (Рисунок 1). Конструкция предлагаемого переносного станка поясняется графическими материалами.

Построим план положений механизма. За нулевое примем крайнее правое положение механизма; траектория точки А кривошипа 1 будет отображаться на плане положений окружностью радиуса  $l_{AB}$ . Разделив эту окружность на 12 равных частей, начиная от нулевого положения, выполним построение кинематической схемы механизма в соответствующих 12 положениях. Положения механизма нумеруются в соответствии с направлением вращения кривошипа 1. Результат построений приведен на Рисунке 2. План положений позволяет визуально оценить взаимное расположение звеньев при движении механизма, определить его крайние положения и диапазон перемещения выходного звена.

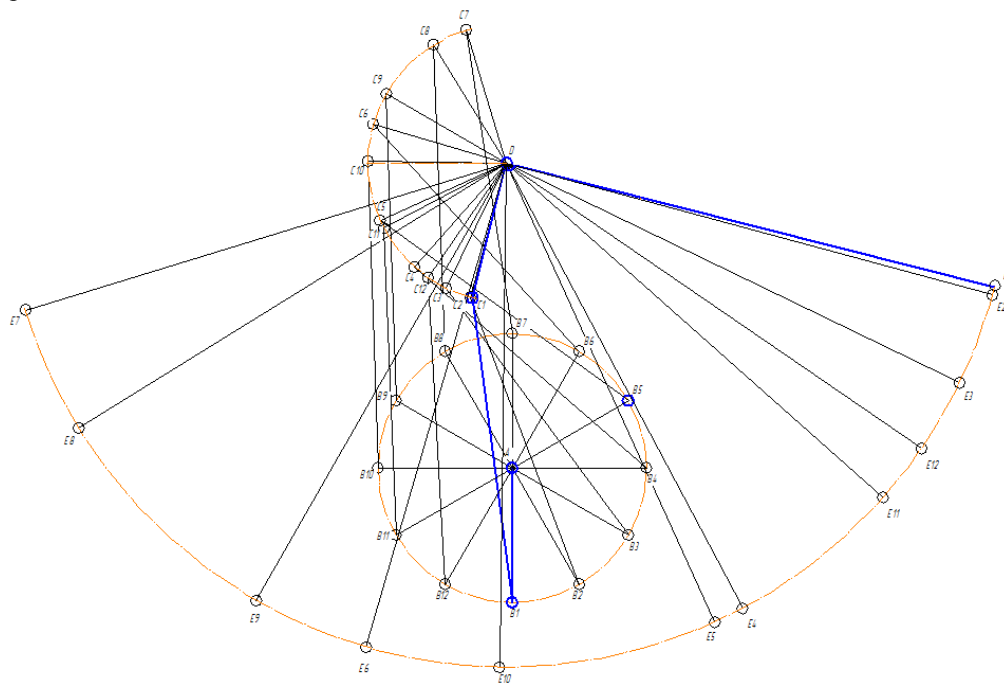


Рис.2. План положений.

В связи с возможностью применения станка на подшипниках скольжения с различными размерами и марками баббита необходимо составить расчетную схему станка, которая будет показывать изменения выходных параметров от входных. Это означает возможность подбора режимов резания, угла качания станка, в зависимости от длин звеньев подачи, угла при вершине коромысла и смещения оси коромысла [1].

Расчетная схема станка представлена на Рисунке 3. Входными параметрами для расчетов являются:

$\omega$  – угловая скорость вращения кривошипа  $O_1A$  (константа);

$l_1, l_2, l_3, l_4$  – длины кривошипа  $O_1A$ , связующего звена  $AB$ , плеч коромысла  $O_2B$  и  $O_2C$ , соответственно;

$\alpha$  – угол при вершине коромысла;

$h$  – смещение оси коромысла  $O_2$  относительно опоры  $O_1$  по вертикали.

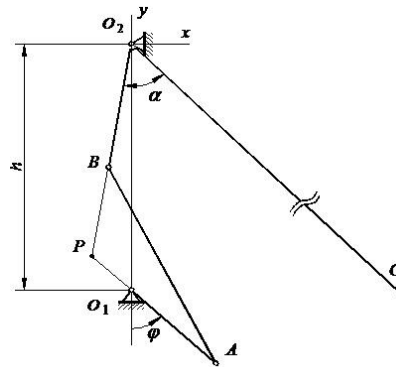


Рис.3.

Начало системы координат расположим в точке  $O_2$ , направления осей показаны на рисунке. Тогда координаты опоры  $O_1$  будут следующими:

$$\begin{cases} x_{O_1} = 0 \\ y_{O_1} = -h, \end{cases} \quad (1)$$

а шарнира  $A$  –

$$\begin{cases} x_A = l_1 \sin \varphi \\ y_A = -l_1 \cos \varphi - h, \end{cases} \quad (2)$$

где

$$\varphi = \omega t. \quad (3)$$

Координаты шарнира  $B$  могут быть определены из условий, что он находится на расстоянии  $l_2$  от шарнира  $A$  и на расстоянии  $l_3$  от оси коромысла  $O_2$ :

$$\begin{cases} x_B^2 + y_B^2 = l_3^2 \\ (x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 = l_2^2. \end{cases} \quad (4)$$

Полученная система уравнений имеет следующее решение:

$$\begin{cases} x_B = \frac{C_1 x_A - \sqrt{C_1^2 x_A^2 - (x_A^2 + y_A^2)(C_1^2 - y_A^2 l_3^2)}}{x_A^2 + y_A^2} \\ y_B = \frac{C_1 - x_A x_B}{y_A}, \end{cases} \quad (5)$$

Наконец, находим расстояния от шарниров  $A$  и  $B$  до МЦС звена  $AB$  – точки  $P$ :

$$\begin{aligned} AP &= \sqrt{(x_A - x_P)^2 + (y_A - y_P)^2}, \\ BP &= \sqrt{(x_B - x_P)^2 + (y_B - y_P)^2}. \end{aligned} \quad (6)$$

Дальнейшие вычисления состоят в следующем.

Вычисляется мгновенная угловая скорость звена  $AB$ :

$$\omega_{AB} = \frac{v_A}{AP}, \quad (7)$$

где  $v_A = \omega l_1$ .

Вычисляется скорость шарнира  $B$ :

$$v_B = \omega_{AB} BP. \quad (8)$$

Вычисляется угловая скорость коромысла:

$$\omega_{O_2} = \frac{v_B}{l_3}. \quad (9)$$



Вычисляется скорость подачи режущего инструмента:

$$v_C = \omega_{O2} l_4. \quad (10)$$

Представленные выше формулы являются, фактически, алгоритмом расчетов. На их основании была составлена программа, позволяющая для любого набора входных параметров, указанных в самом начале, вычислять скорость  $v_C$  как функцию угла поворота кривошипа  $O_1A$ .

Перед тем как представить результаты расчетов, отметим, что формула (9) позволяет вычислить только модуль угловой скорости, соответственно, и формула (10) – только модуль скорости подачи режущего инструмента.

Угловая скорость  $\omega_{O2}$  меняет знак при тех значениях угла поворота кривошипа  $\varphi$ , при которых величина  $y_B$  принимает экстремальные – минимальное и максимальное – значения. Получить аналитические выражения для вычисления соответствующих значений  $\varphi$  весьма затруднительно, но эта задача относительно просто решается программными средствами [3].

На Рисунок 4 приведен пример расчета скорости  $v_C$  – скорости подачи режущего инструмента.

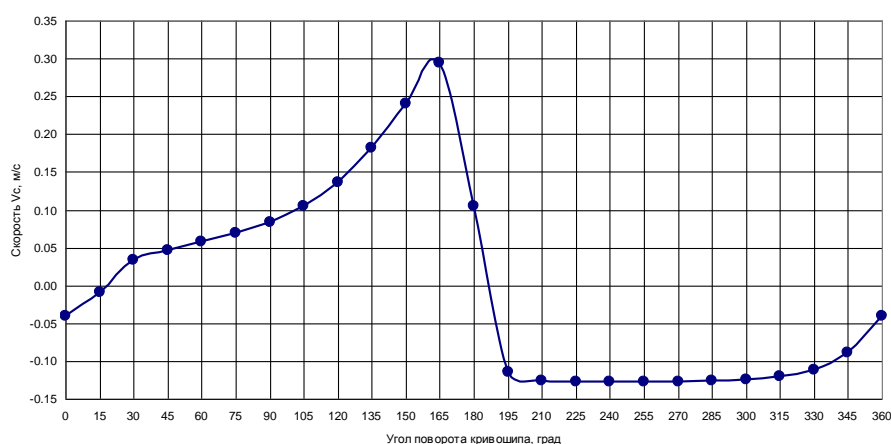


Рис.4. Подача режущего инструмента.

К обсуждению влияния входных параметров на величину  $v_C$  мы вернемся чуть позже, а сейчас необходим еще расчет положения режущего инструмента в зависимости от все того же угла  $\varphi$ , то есть координат точки С.

Уравнение прямой, проходящей через точки  $O_2$  и С, поскольку она проходит через начало координат, имеет следующий вид:

$$y = k x. \quad (15)$$

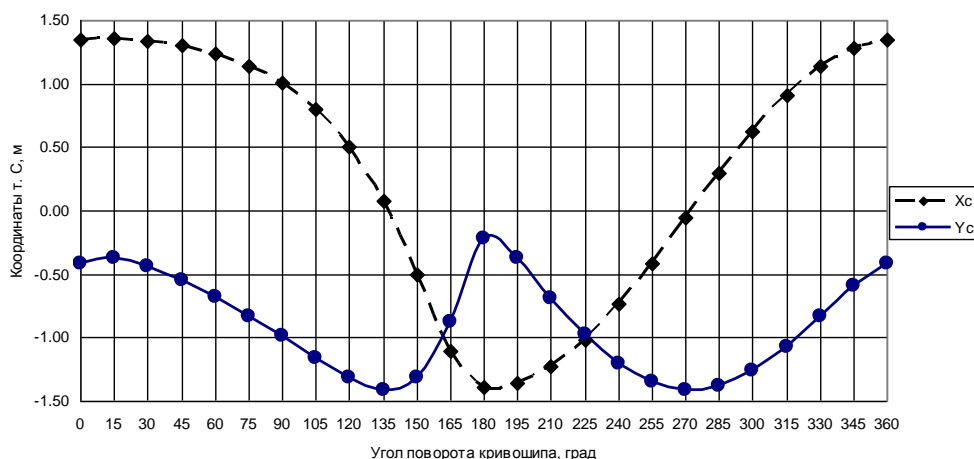


Рис.5. Расчет координат режущего инструмента.

Угол между прямыми задан –  $\alpha$ , тогда, используя еще и уравнение прямой, проходящей через точки  $O_2$  и В, формула, получим

$$\begin{cases} y_C = -\frac{|k| l_4}{\sqrt{1+k^2}} \\ x_C = \frac{y}{k}. \end{cases} \quad (16)$$

На Рисунке 5 приведен пример расчета координат режущего инструмента.

Разработанное оборудование позволит заменить непроизводительный ручной труд при ремонтной обработке вкладыша крупногабаритного подшипника скольжения на механический, что значительно сократит время обработки, повысит качество обработанной поверхности и, соответственно, увеличит срок межремонтного цикла оборудования. а разработанная программа позволит обеспечивать оптимальные режимы резания, необходимые для фрезерования баббита; позволит использовать станок на различных типо-размерах подшипников с минимальными конструктивными изменениями.

#### Список литературы

1. Воробьев Н.Д. Кинематика/ Н.Д. Воробьев, Л.Н. Спиридонова, А.Н. Дегтярь. – Белгород, БГТУ им.В.Г. Шухова, 2003. – 60 стр.
2. Дриц М.Х., Ильин А. Антифрикционные материалы в машиностроении -Гостехиздат Украины. 1947 164 с;
3. Дуюн Т.А. Математическое моделирование технологических процессов в машиностроении/ Т.А. Дуюн, А.В. Гринек (ред). – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 196 с.
4. Лозовая С.Ю. Надежность горных машин и оборудования – учебное пособие для ВУЗов/ Лозовая С.Ю. – Белгород, БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. - 185 стр.
5. Станок для обработки вкладышей крупногабаритных подшипников скольжения: пат. 132012 Рос. федерация: МПК7 В23D 1/20, В23D 9/00 / Дуганов В.Я., Бешевли О.Б. и др.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Белгородский гос-й технологический ун-т им. В.Г. Шухова. - № 2013100863/02; заяв. 09.01.13; опубл. 10.09.2013 Бюл. №25

#### СЕКЦИЯ №7.

#### МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ГИДРОФИЛЬНОСТИ ПЛАЗМОНАПЫЛЕННЫХ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ ГИДРОКСИАПАТИТОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Лясникова А.В., Маркелова О.А., Лясников В.Н., Дударева О.А., Пичхидзе С.Я.

СГТУ имени Гагарина Ю.А., РФ, г.Саратов

Одной из важных задач биоматериаловедения является повышение биосовместимости внутрикостных имплантатов, в том числе путем модификации их поверхности.

Одним из эффективных способов модифицирования поверхности является метод плазменного напыления, благодаря которому на поверхности имплантатов можно сформировать пористые, адгезионнопрочные покрытия с развитой морфологией. С технологической точки зрения метод электроплазменного напыления отличается экологической чистотой, высокой производительностью, возможностью регулирования параметров напыления в широких пределах [1].

Биологические жидкости организма (кровь, лимфа) являются по своей сути водными растворами, в связи с чем степень гидрофильности поверхности имплантата оказывает влияние на прикрепление остеогенных клеток к его поверхности [2,3].

Целью работы является исследование влияния составов напыляемых порошков на степень гидрофильности полученных покрытий, а как следствие на характер взаимодействия с прилежащими тканями.

Покрытия формировались из двух типов металлсодержащих гидроксипатитовых порошков, а именно серебросодержащих (AgГА) и цинксодержащих (ZnГА) гидроксипатитов.

Синтез металлсодержащих порошков производился в лаборатории кафедры БМА СГТУ имени Гагарина Ю.А. Покрытие формировалось на образцах из титана марки ВТ1-0 размером  $10 \times 10 \times 3$  мм<sup>2</sup>.

Перед нанесением покрытия образцы подвергались очистке в УЗ-ванне в течение 5 минут и воздушно-абразивной обработке для придания им необходимого микрорельефа в течение 10 минут.

Многослойное покрытие формировалось на полуавтоматической установке УПН-28 при токе дуги для металлсодержащих гидроксипатитов – 350 А, скорости расхода транспортирующего газа – 5 л/мин, времени напыления – 5-7 с.

Измерение шероховатости полученных покрытий проводили с помощью профилографа-профилометра модели 170623 по параметру  $R_a$ . Морфологию поверхности металлсодержащих гидроксипатитов исследовали с использованием автоэмиссионного сканирующего электронного микроскопа MIRA 2 LMU. Для оценки степени гидрофильности поверхности покрытий проводили измерение краевых углов смачивания с водой и глицерином методом лежащей капли с последующим расчетом свободной энергии поверхности (с выделением полярной и дисперсионной составляющей), которую рассчитывали по уравнению Оуэнса-Вендта [4].

Угол смачивания определяется, как угол ( $\theta_0$ ) между касательной, проведенной к поверхности смачиваемой жидкости (в эксперименте – вода, глицерин) и смачиваемой поверхностью (в эксперименте плазмонапыленные металлсодержащие гидроксипатитовые покрытия) (Рисунок 1).

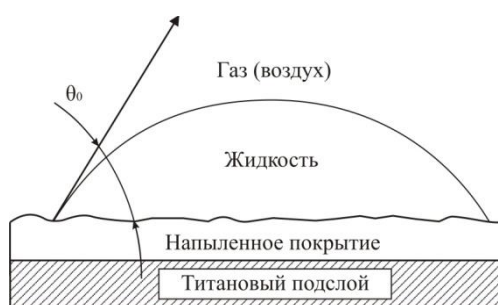


Рис.1. Метод растекающей капли применительно к плазмонапыленным покрытиям:  $\theta_0$  – краевой угол смачивания

Исследования морфологии металлсодержащих гидроксипатитовых покрытий показали, что оба типа покрытия сформированы округлыми частицами напыленного порошка размерами порядка 100 мкм на которых закреплены расплавленные частицы порошка размером порядка 15-50 мкм (Рисунок 2, а, б). Причем морфология ZnГА покрытия представлена большим скоплением мелких частиц (до 20 мкм), что предположительно связано с дроблением крупных частиц порошка в процессе электроплазменного напыления. Серебросодержащее покрытие представлено не плотноупакованными частицами, расположенными по поверхности не равномерно, в свою очередь цинксодержащие покрытие – плотное, полностью закрывающее титановую подложку.

Исследования степени гидрофильности поверхности показали, что нанесение покрытий способствует ее повышению (Табл.1). Так, краевой угол смачивания поверхности титана водой без покрытия составлял  $67,1^\circ$ , а после нанесения биоактивных покрытий происходит уменьшение угла смачивания до значений порядка  $47-25^\circ$ .

Как видно из Табл.1, поверхностная энергия определяется преимущественно полярной составляющей, что свидетельствует о присутствии на поверхности полярных групп. Сравнительный анализ результатов показал, что AgГА обладает лучшими показателями смачиваемости поверхности, чем ZnГА и гидроксипатитовое покрытие, при этом все образцы с напыленными покрытиями проявляют гидрофильные свойства ( $\theta_0 < 90^\circ$ ). Значения контактных углов с водой для полученных покрытий лежат в пределах  $20-60^\circ$ , что согласно литературным данным является наилучшим показателем для поверхности имплантата [5].

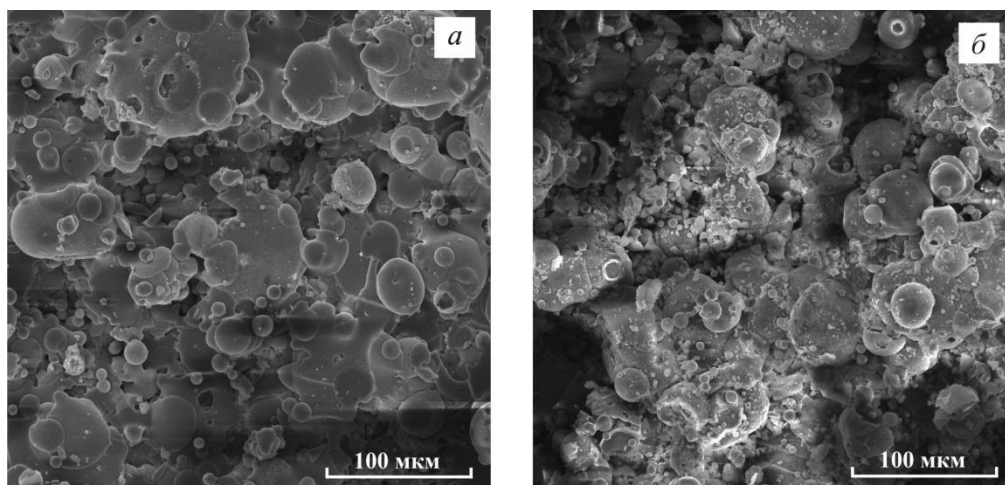


Рис.2. СЭМ-изображение AgГА (а) и ZnГА (б) покрытий

Таблица 1

Значения краевого угла и поверхностной энергии некоторых замещенных гидроксиапатитовых покрытий

Тип покрытия	Ra, мкм	Краевой угол, град		Поверхностная энергия, мН/м		
		Вода	Глицерин	Полная	Дисперсионная составляющая	Полярная составляющая
Титан исходный	0,9	67,1	73,88	18,59	4,739	13,850
Гидроксиапатит	6,02	46,8	89,42	91,655	6,444	85,211
ZnГА	8,2	46,2	85,84	81,595	4,198	81,793
AgГА	4,22	25,15	47,09	70,213	3,186	67,027

Исследования показали, что биосовместимые покрытия на основе металлсодержащих гидроксиапатитов, полученные методом плазменного напыления, показывают достаточно высокую степень гидрофильности, что связано с развитым микрорельефом и может благоприятно сказаться на остеointegrационном потенциале.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ в рамках научного проекта № 15-03-02767 а, а также грантов Президента для государственной поддержки молодых российских ученых РФ – докторов наук МД-462.2014.8 и кандидатов наук МК-457.2014.8.

#### Список литературы

1. Лясников В.Н., Лясникова А.В. Плазменное напыление в промышленности и медицине: возможности, проблемы, перспективы: монография / В.Н. Лясников, А.В. Лясникова. Днепропетровск: ФОП Середняк Т.К, 2014. - 924 с.
2. Biomaterials science: an introduction to materials in medicine. 2nd edition / ed. by B.D. Ratner, A.S. Hoffman, F.J. Schoen, J.E. Lemons. San Diego: Elsevier Academic Press, 2004. 851 p.
3. Wettability of thin silicate-containing hydroxyapatite films formed by RF-magnetron sputtering / Gorodzha S.N., Surmeneva M.A., Surmenev R.A., Gribennikov M.V., Pichugin V.F., Sharonova A.A., Pustovalova A.A., Prymack O., Epple M., Wittmar A., Ulbricht M., Gogolinskii K.V., Kravchuk K.S. // Russian Physics Journal. 2014. – Т. 56. № 10. – С. 1163-1169.
4. Вережников В.Н. Избранные главы коллоидной химии: учебное пособие для вузов. ИПЦ: Воронежского государственного университета, 2011. – 188 с.
5. Webb K., Hlady V., Tresco P.A. Relative importance of surface wettability and charged functional groups on NIH 3T3 fibroblast attachment, spreading, and cytoskeletal organization // J. Biomed. Mater. Res. – 1998. – V.241. – P. 422-430.

## **СЕКЦИЯ №8.**

### **ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00)**

#### **АЛГОРИТМ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ КАРЬЕРНЫМИ АВТОСАМОСВАЛАМИ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОТОЧНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ КАЧЕСТВА РУДЫ**

**Прокопьева О.С., Хоменко Н.Н., Колебанов А.В.**

ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», РФ, г.Магнитогорск

С настоящее время перед горнодобывающими предприятиями остро стоит вопрос стабилизации качества добываемых полезных ископаемых, особенно руд черных и цветных металлов. Основной причиной сложившейся ситуации является специфика отработки запасов в период плановой экономики и особенно в переходный к рыночным отношениям период, которая заключается в том, что большая часть месторождений с богатым содержанием полезных компонентов. Несмотря на то, что периодически происходит открытие новых месторождений с высоким содержанием полезных компонентов, среднее содержание в разрабатываемых запасах неуклонно снижается. В период с 1925 по 1971 гг. среднее содержание металла в рудах снизилось: меди — с 2,1 до 0,6%; свинца — с 2,7 до 0,6%; цинка — с 4,6 до 4%; олова — с 1,2 до 0,4%. Среднее содержание золота в месторождениях Якутии снизилось в период 1970-1990 гг. в 2-2,5 раза. Если в 1940 г. в Кривбассе добывали руды, содержащие 62-67% железа, то в 60-е годы все ГОКи этого бассейна проектировали на руды, содержащие 32-37% железа. Содержание меди в последние 100 лет среднее в разрабатываемых медно-порфировых месторождениях США снизилось с 2 до 0,5% [1]. Следует отметить, что на сегодняшний день содержание металла в руде имеет четко выраженную тенденцию к снижению, а глубина, на которой ведутся горные работы к увеличению.

Применение и дальнейшее совершенствование применяемых технологий по обеспечению заданного качества руды со стороны обогатительных фабрик, неизбежно требуют использование дополнительных площадей для эксплуатации усреднительных складов. Кроме того, работа на глубоких горизонтах и последующим понижением отметок ведения горных работ требует привлечение дополнительных автосамосвалов, осуществляющих транспортирование горной массы из забоев до породных отвалов и рудных складов. Следует отметить, что изменение среднего содержания металла в руде на 1-2 % при обогащении руд цветных металлов приводит к увеличению затрат на производство концентрата на 10-20 %. Поэтому поиск решений, направленных на стабилизацию качества руды является несомненно актуальной научно-практической задачей.

Одним из приоритетных направлений стабилизации качества руды является не использование усреднительных складов, а разработка и внедрения решений, направленных обеспечение заданных показателей качества руды непосредственно в процессе ее добычи и транспортирования [3]. Таким образом, с целью повышения эффективности функционирования горно-обогатительного комплекса необходимо реализовать на практике поточную стабилизацию руды, перемещаемую в пространстве от забоя по конечного потребителя, которым, в большинстве случаев является обогатительная фабрика.

Следует отметить, что принципиальная возможность реализовать поточную стабилизацию качества рудной массы на большинстве горнодобывающих предприятиях имеется, поскольку ключевым звеном здесь выступает автоматизированная система управления горнотранспортным комплексом, которая должна быть внедрена на объектах открытых горных работ в соответствии с п. 777 Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых" с целью учета транспорта и контроля работы самосвалов с возможностью автоматического и дистанционного управления, мониторинга и учета фронта работ карьерных экскаваторов, управления буровыми станками с использованием высокоточной спутниковой навигации), телефонную или радиосвязь [4].

Другим необходимым условием поточной стабилизации качества рудной массы является наличие на горнодобывающем предприятии цифровой геологической модели месторождения. При этом должна быть обеспечена связь данной модели с пространственным положением забоев в карьере. Именно на основе данных геологической модели должны быть определены участки и блоки, с которых необходимо осуществлять отгрузку руды, с учетом фактора времени на транспортировку ее автосамосвалами от каждого забоя до пункта выгрузки.

Наиболее перспективными, на открытых горных работах, системами позиционирования горнотранспортного оборудования являются спутниковые навигационные системы. Современные комплекты аппаратного обеспечения уже устанавливаются на заводах изготовителях карьерных автосамосвалов. Кроме того,

успешно применяются аналогичные датчики в совокупности с информационными системами, позволяющие контролировать положение и загрузку ковша экскаватора.

Следует констатировать, что сегодня на большинстве отечественных горнодобывающих предприятиях возможно, без значительных технологических изменений и модернизации горнотранспортного оборудования и информационных систем, организовать поточную стабилизацию качества руды. Для этого необходимо включить в единую информационную систему «поточной стабилизации качества руды», которая получала, обрабатывала данные из геологической модели месторождения, системы диспетчерского управления горнотранспортным оборудованием и выдавала результаты по закреплению экскаваторов за забоями в пределах рассматриваемого периода времени, минимальная величина которого не должно быть меньше периода оперативного планирования горных работ.

Единая система «Поточной стабилизации качества руды» должна быть основана на математической модели распределения автотранспорта за экскаваторами в течение смены, в зависимости от содержания полезного компонента в каждом конкретном забое, требований со стороны обогатительной фабрики и удаленности каждого забоя от пункта выгрузки.

Определение параметров стабилизации качества добываемой руды с учетом времени и значительного количества факторов, влияющих на них, может быть выполнено на основе алгоритма поточной стабилизации качества рудной массы на этапе оперативного планирования (Рисунок 1).

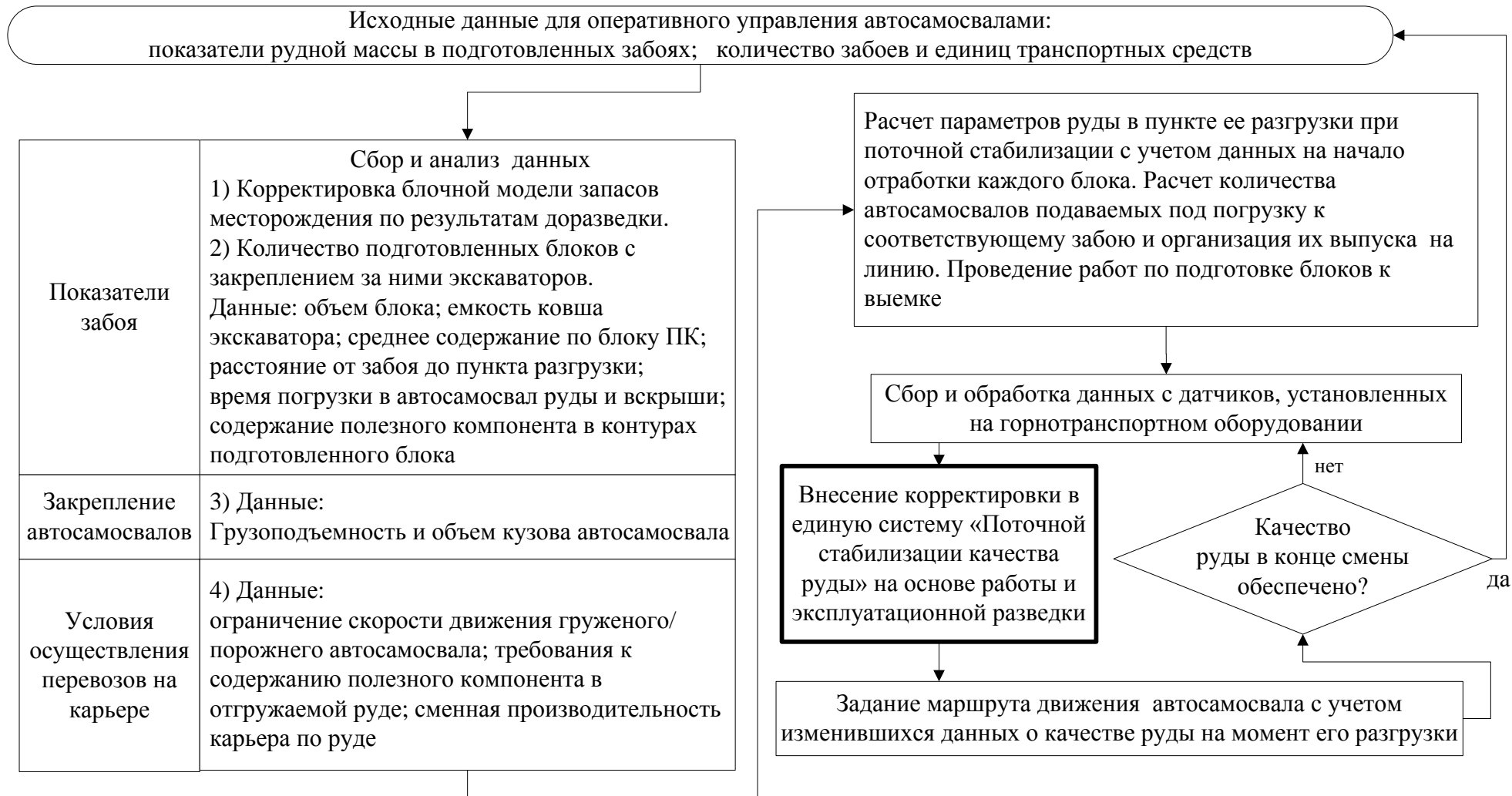


Рис.1. Алгоритм оперативного управления автосамосвалами при поточной стабилизации качества руды

Таким образом, оперативное управление горнотранспортным оборудованием при поточной стабилизации качества руды основывается на данных в части содержания металлов в руде не в среднем по забое, а по содержанию металлов в каждой точке пространства и времени работы оборудования. При этом ведение работ в забое предполагает постоянное изменение содержания, что требует использование методов динамического программирования при определении параметров поточной стабилизации качества руды [2]. Поэтому единая система «Поточной стабилизации качества руды», должна учитывать изменение содержания полезных компонентов в конкретной точке забоя в каждый момент времени и может быть реализована на основе метода динамического программирования с целью определения оптимальных параметров стабилизации качества рудной массы. При этом основным условием эффективной поточной стабилизации является то, что исходные данные должны поступать в условиях реального времени, что может быть обеспечено только при использовании современных систем управления, основанных на применении спутниковых систем навигации. Кроме того, данные системы позиционирования позволяют осуществлять сбор и при необходимости корректировку геологической модели месторождения за счет передачи высокоточного местоположения каждой единицы горнотранспортного комплекса и полученной информации с их датчиков.

#### **Список литературы**

1. Пешков А.А. Управление развитием горных работ на глубоких карьерах / Пешков А.А.; под ред. акад. К.Н. Трубецкого. – М.: ИПКОН РАН, 1999. -321 с.
2. Рыльников А.Г. Стабилизация качества рудной массы на карьерах с применением метода динамического программирования / Рыльников А.Г. // Маркшейдерский вестник. - 2013. - №6 - С. 15-20.
3. Трубецкой К.Н. Автоматизированные системы управления качеством рудопотоков на карьерах / Трубецкой К.Н., Пыталев И.А, Рыльников А.Г. // Маркшейдерский вестник. - 2013. - №6 - С. 5-10.
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых» Зарегистрировано в Минюсте России 02.07.2014 №32935.

#### **СЕКЦИЯ №9.**

#### **АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)**

#### **СЕКЦИЯ №10.**

#### **СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)**

#### **АРХИТЕКТУРНО-МЕМОРИАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС В ПРОСТРАНСТВЕ ГОРОДА: ПРИЧИНЫ СОЗДАНИЯ АРХИТЕКТУРНО-МЕМОРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

**Соколова А.Н.**

РГСУ, РФ, г.Ростов-на-Дону

Архитектурно – мемориальный комплекс является составляющей частью любого города и более того, входит в состав его достопримечательностей. Подобная архитектура содержит основную концепцию уже в самом названии так как определяющим в нем является латинский термин *memorialis* – памятный. Фактически это архитектура, связанная с определенными памятными событиями и людьми, в том числе и на уровне совокупности сооружений культово-религиозного характера, которые также могут являться мемориалами, посвященными жившими некогда в городе личности и умершей в нем.

Основополагающими причинами создания архитектурно-мемориальных комплексов определяется необходимость сохранения памяти о событиях и выражения почтении тем, кому комплексы посвящаются.

Фактической же причиной распространения подобного типа сооружений в структуре городской среды помимо необходимости обустройства и благоустройства также определяется и смысловая позиция, которая заставляет посетителей комплекса задуматься о жизненных аспектах и изменениях.

Смысложизненные ориентиры являются важной составляющей для любой социокультурной среды, а процесс глобализации определяет их важность для всего мирового сообщества в целом. В связи с этим причины



создания архитектурно-мемориальных комплексов во многом кроются в периоде начала их возникновения – включения сообщества в мировые войны и оценку последствий, которые они принесли, оценка последствий отсутствия согласованности действий мирового сообщества, человеческой жестокости и распространения пороков. В результате комплексы несут в себе составляющую определения позиции смысла жизни, как одного из важных составляющих духовного, а также определение смерти, как завершения земного пути и роли восприятия смерти для потомков.

Проблемы смысловых ориентаций и определение роли восприятия смерти и поиска бессмертия во многом указывают на причину возведения монументов, которые являются не просто данью памяти, они являются, своего рода, демонстрацией человеческого бессмертия. Человек смертен физически, однако в памяти своих потомков он будет жить вечно благодаря своим поступкам и свершениям. А потому, так как человеческая память несовершенна в принципе, увековечить ее становится главной задачей для человечества. Архитектурно-мемориальные комплексы являются прекрасной возможностью и способом выполнения данной задачи и при этом удачно вписываются в городскую среду, в том числе и в ориентированности на приоритеты системы ценностей горожан.

Социокультурные особенности облика архитектурно-мемориальных комплексов во многом определяются приоритетами его репрезентации, как культурного объекта, что становится приоритетным и в реализации ими функции исторической памяти.

Важной составляющей архитектурно-мемориальных комплексов является его ориентированность на социум, как прямого потребителя представляемых им ценностей. При этом, архитектурно-мемориальные комплексы также являются и важной составляющей городской инфраструктуры, которая обеспечивает культурный досуг, включается в систему образования, является достопримечательностью города, способствующей развития туристического бизнеса и в целом делающей город уникальным. В связи с этим одной из важных причин создания данных комплексов является стремление горожан к более разнообразной социально-значимой культурной инфраструктуре.

Город и архитектурно-мемориальный комплекс образуют связку культурных феноменов, объединенных отношениями подобия. Сравнивая эти феномены, можно предположить, что их роднит:

- стабильность планировки, расположения мест обитания и захоронения;
- индивидуализированность домов и мемориальных комплексов;
- иерархичность, которая предполагает наличие центра и периферии (топологическое разделение на центр и периферию имеет еще и ценностную нагрузку);
- упорядоченность, регулярность.

Архитектурно-мемориальный комплекс, являясь частью городской инфраструктуры, одновременно выполняет не только роль сохранения памяти, но и создания композиции городской среды, в том числе и вписываясь в экологическую городскую среду за счет присутствующих в нем зеленых насаждений.

Сама структура архитектурно-мемориального комплекса демонстрирует, как правило, наличие центра и периферии. Даже небольшие и малодифференцированные комплексы обладают четко выраженным ядром, под которым подразумевается непосредственно сам мемориал. Часто центр создается или дополняется необходимыми сопутствующими элементами специально (храм, «почетные аллеи»). Это позволяет сделать комплекс более привлекательным для посетителей, в том числе и туристов.

Немаловажную роль архитектурно-мемориальные комплексы также играют в качестве знаковой составляющей, определяющей приоритеты районов города и тем самым отражая периодичность застройки, разграничивая историко-культурные и экономические центры.

Одним из механизмов влияния города на семиотику архитектурно-мемориальных комплексов является действие экономических факторов. Семиотическая, стилевая дифференциация комплексов в пределах одного пространства составляет одну из основных закономерностей развития любого типа архитектурно-мемориального комплекса. Согласно мнению Л.П. Пискуновой это вызвано следующими факторами [1]:

1. Эстетический, обуславливающий выбор тех или иных дизайнерских принципов в зависимости от представлений о красоте и уместности касательно каждого из комплексов. К примеру, роскошь черного и белого мрамора и в целом природных камней придает «монументальность» и значимость мемориальным сооружениям. Именно в силу действия этого фактора многие надгробия мемориальные скульптурные композиции, «бросающиеся в глаза», поражающие своим монументализмом.

2. Мировоззренческий – наиболее ярко проявляется в диктате религиозных убеждений (использование или отказ от крестов, иных религиозных символов, пятиконечных звезд, серпа и молота, выбор эпитафий, наконец, создание казуистической символики с косвенным указанием на конфессиональную принадлежность – вроде надгробия в виде стилизованного вытянутого в длину церковного купола - луковицы).

3. Мода и устойчивые представления о должном и недостойном оформлении мемориала (исходя из таких оценочных параметров, как «должно», «модно», «престижно», «пристойно» и т. д.). Эти представления укрепляются централизованным изготовлением мемориальных сооружений, обеспечивающих определенную схожесть монументов в итоге. К примеру, особенно явно подобный фактор прослеживается в мемориалах, посвященных памяти воинов. Не только в России, но даже и во многих странах Европы возможно увидеть горящий возле монумента огонь, изображение некоего неизвестного солдата кочует в качестве основной композиции, изображение страдающей женщины (или женщин) тоже далеко не редкость.

4. Стратегия «демонстративного потребления», реализуется в выборе необычного дизайна, разнообразия стилей. Стратегия ориентируется на создание именно индивидуально-неповторимого архитектурно-мемориального комплекса, выделение его среди идентичных и схожих по значимости.

5. Общество потребления и мемориалы. Хорошо известная особенность мортальной культуры состоит в том, что на место захоронения (или мест их символизирующих) нередко «изливаются» те чувства, которые питают по отношению к усопшему; надгробие становится муляжом, симулятором усопшего в рамках социального акта, его семиотическим замещением [2].

Причинами создания архитектурно-мемориальных комплексов также могут стать и специфические факторы, которые не связаны с общей системой ценностных ориентиров и в результате в определенной мере выбиваются из нее.

Однако в большинстве своем создание высокохудожественного мемориала, неповторимого по силе выразительности, возможно только в том случае:

- если все компоненты будут взаимосвязаны;
- если все и каждый при этом будет четко выполнять свою роль;
- если архитектурно-планировочное решение будет сочетаться с правильным подбором ассортимента деревьев, кустарников, цветов, их композиционное решение будет учитывать объемы сооружений, водных поверхностей, всего ландшафта местности, современных инженерных объектов.

При выполнении данных условий комплекс наиболее успешно впишется в среду и станет ее частью.

Примеры архитектурно-мемориальных комплексов, которые стали частью городской среды и успешно в нее вписались, целая масса и они довольно разнообразны. Большинство их расположены в крупных городах, которые являются историко-культурными центрами и сосредотачивают в себя высокоразвитую инфраструктуру. На протяжении своего существования комплексы модернизировались и совершенствовались, на современном этапе превратившись в основополагающие достопримечательности крупных городов.

В частности, 7 ноября 1918 г. в Ленинграде в годовщину Великой Октябрьской революции был открыт один из впечатляющих монументов - Памятник жертвам революции (Рисунок 1). Марсово поле - небольшая озелененная территория, окруженная городской застройкой, но многие, кто приезжал в город, непременно приходили к монументу, чтобы отдать дань уважения погибшим революционерам. По своему воздействию, лаконизму данный мемориальный комплекс считался одним из лучших произведений советской эпохи.

Одним из удачных примеров архитектурно-мемориального комплекса-усадьбы, вписавшегося в городскую среду, является усадьба великого русского композитора П.И. Чайковского, которая расположилась в г.Воткинске (Рисунок 2)



Рис.1. Архитектурно - мемориальный комплекс на Марсовом поле

Государственный мемориально-архитектурный комплекс «Музей-усадьба П.И. Чайковского» - это уникальный памятник истории и культуры мирового значения. Со всего земного шара сюда приезжают почитатели Чайковского, чтобы окунуться в атмосферу детства русского гения, услышать звучание его ученического рояля «Wirth» и старинной оркестрионы, увидеть реликвии - подлинные вещи семьи Чайковских [3].

Комплекс был основан в 1940 году в канун 100 лет со дня рождения композитора. В ходе реставрации дому Чайковского был возвращен вид 30-40-х годов XIX века, воссоздан интерьер квартиры горного начальника. К 150-летию со дня рождения Петра Ильича Чайковского был полностью восстановлен облик самобытной «казенной усадьбы при заводе». На сохранившихся старинных фундаментах возведены хозяйственные постройки: навес для экипажей, конюшни, стайки, завозни, ледник, теплица, окруженная фруктовым садом, беседки (16 экспозиционных объектов на территории более 2 гектаров). Также в 1990 году напротив музея был установлен памятник П.И. Чайковскому, ставший одной из достопримечательностей Воткинска [3].



Рис.2. Усадьба П.И. Чайковского

Особенностью данного комплекса является то, что с самого начала музей имел гораздо большее значение, чем исторический памятник. С одной стороны, он стал мемориальным комплексом - хранилищем бесценных

экспонатов и коллекций. С другой стороны комплекс также выполняет функцию представления разнообразных выставок, уникальных театрализованных экскурсий, концертов.

Отличительной особенностью архитектурно – мемориального комплекса также является то, что он сочетает в себе здания, выполненные в разных архитектурных стилях, среди которых превалирует классицизм.

На территории Европы присутствует значительное количество архитектурно-мемориальных комплексов, которые не только определяют городскую среду в местах их расположения, но также и являются уникальными по своему исполнению.

В частности, Вимийский мемориал, коммуна Живанши-ан-Гоэль во Франции уникален тем, что это единственный мемориал на территории Европы, посвященный памяти солдат из Канады, воевавших во Франции в Первую мировую войну. Канадским солдатам в 1917 году удалось одержать важную победу в битве за возвышенность Вими. Впоследствии памятник, возведенный на этой возвышенности, и земля, его окружающая, были переданы Канаде как знак почтения и признательности за эту победу. Имена более чем одиннадцати тысяч канадских солдат высечены здесь в камне. Мемориал представляет собой два возвышающихся на сорок метров пилона, символизирующие Канаду и Францию – две страны-союзницы. А мемориальный парк возле памятника до сих пор хранит траншеи и туннели, оставшиеся со времён битв той войны [4].

В целом, как возможно отметить, причинами создания архитектурно-мемориальных комплексов является не только стремление почитать память павших в сражениях или во время геноцидов и политических репрессий, а также почивших знаменитостей. Причинами также определяется и стремление сохранить элементы уходящей или уже ушедшей культуры и образа жизни для потомков, воссоздать на ограниченных пространствах ушедшую эпоху. Подобное стремление связано не только с социокультурной, но также и коммерческой составляющей так как подобные комплексы привлекают в крупные и даже мелкие города туристов, посетителей, становятся культурными и культурными и экономическими центрами.

#### Список литературы

1. Городские кладбища в динамике социальных репрезентаций. Пискунова Л.П. [электронный ресурс]- режим доступа: <http://nebokakcofe.ru/wp-content/uploads/2014/06/74819/> - статья в интернете;
2. Бодрийяр Ж. Символический обмен и смерть. - М.: Добросвет, 2006. - 389 с.
3. Официальный сайт государственного мемориально-архитектурного комплекса «Музей-усадьба П.И. Чайковского» [электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.pi-tchaikovsky.ru/> - статья в интернете;
4. Сайт Французских достопримечательностей [электронный ресурс] – режим доступа - [http://ru.esosedi.org/FR/O/1000160441/vimiyskiy\\_memorial/#lat=50379545&lng=2773780&z=16&mt=1&v=0](http://ru.esosedi.org/FR/O/1000160441/vimiyskiy_memorial/#lat=50379545&lng=2773780&z=16&mt=1&v=0) - статья в интернете.

## КОМПОНОВОЧНЫЕ СХЕМЫ КАСКАДНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМИ ВОДОВЫПУСКАМИ

Снежко В.Л., Шульгин И.В.

РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, РФ, г.Москва

Экономия воды на оросительных системах позволяет не только расширять площади орошения и повышать рентабельность орошаемого земледелия, но и является эффективным способом борьбы с засолением орошаемых земель. Использованию внутренних ресурсов оросительных систем уделял большое внимание в своих работах А.Н.Костяков, отмечая необходимость уменьшения потерь воды в системе, совершенствования водопользования и эксплуатации как системы в целом, так и отдельных ее элементов. Для автоматизации водораспределения на открытых оросительных каналах используются следующие виды регулирования: управление снизу вверх при наличии обратной гидравлической связи между объемом водопотребления ниже створа регулирующего сооружения и объемом воды, поступающей к сооружению, и нормированное водораспределение сверху вниз, при отсутствии обратной связи. Системы автоматизации водораспределения второго типа более просты технологически, но системы первого типа обладают рядом явных преимуществ, к которым, в первую очередь, можно отнести экономию воды [2].

В настоящее время стабилизаторы расхода воды успешно используются на каналах оросительных систем [1]. Использование принципа гидродинамического регулирования позволило разработать новые автоматические напорные водовыпуски: стабилизаторы расхода, обеспечивающие постоянство водоподачи ниже створа

перегораживающего сооружения при росте уровня воды в верхнем бьефе [3], и регуляторы расхода, способные подавать ниже створа перегораживающего сооружения расход, соответствующий водопотреблению в нижнем бьефе [4]. Гидродинамические водовыпуски могут быть использованы при каскадном регулировании водоподачи на каналах открытых оросительных систем. Возможность подачи управляющего сигнала как со стороны верхнего, так и со стороны нижнего бьефа в водовыпусках с гидродинамическим регулированием позволит применять различные технологические схемы автоматизации водораспределения при использовании этих сооружений.

Помимо каналов, оборудованных автоматизированными водовыпусками, в систему водораспределения могут входить и неавтоматизированные гидротехнические сооружения. При наличии гидродинамических стабилизаторов расхода технологическая схема автоматизации является системой без обратной гидравлической связи между объемом потребления и подачи воды ниже створа стабилизатора. Она осуществляет нормированное распределение сверху вниз (Рисунок 1).

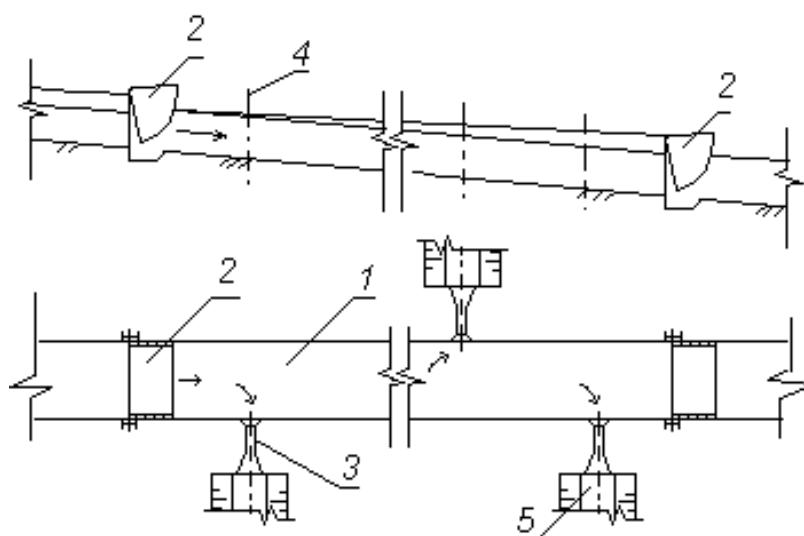


Рис.1. Компоновочная схема участка канала при каскадном регулировании с гидродинамическими стабилизаторами расхода по верхнему бьефу: 1 – оросительный канал первого порядка; 2 – регулятор УНБ с защитой от переполнения канала; 3 – гидродинамический стабилизатор расхода; 4 – ось транзитного водовыпуска; 5 – оросительный канал второго порядка

Приведенная схема предусматривает использование гидродинамических стабилизаторов расхода, расположенных в местах пересечения канала первого уровня с каналами второго уровня. Система автоматического регулирования представлена объектом управления – напорным трубчатым водопропускным сооружением с гидродинамической стабилизацией расхода по верхнему бьефу и участком канала, ограниченного выше и ниже по течению регуляторами уровня нижнего бьефа (УНБ) с защитой от переполнения.

При использовании гидродинамических регуляторов расхода по нижнему бьефу (Рисунок 2) технологическая схема автоматизации водоподачи является системой первого типа, имеющей обратную гидравлическую связь между объемом водопотребления в каналах второго порядка и канале первого порядка.

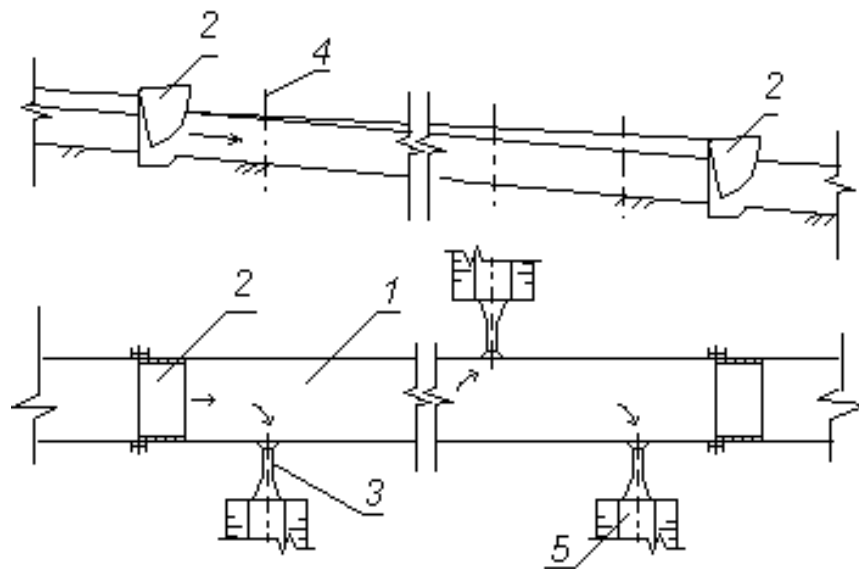


Рис.2. Компонировочная схема участка канала при каскадном регулировании с гидродинамическими регуляторами расхода по нижнему бьефу: 1 – оросительный канал первого порядка; 2 – регулятор УНБ с защитой от переполнения канала; 3 – гидродинамический регулятор расхода; 4 – ось транзитного водовыпуска; 5 – оросительный канал второго порядка.

Снижение потребления воды в канале второго порядка активизирует работу гидродинамического регулятора и расход воды ниже створа автоматического водовыпуска уменьшается. Регуляторы УНБ в данном случае необходимы для поддержания постоянного уровня в канале первого порядка.

Наиболее перспективным при каскадном регулировании расхода является совместное использование стабилизаторов расхода по верхнему бьефу, расположенных на входе из канала первого уровня в канал второго уровня, с последующим размещением в головной части ответвлений каналов третьего уровня регуляторов расхода по нижнему бьефу (Рисунок 3).

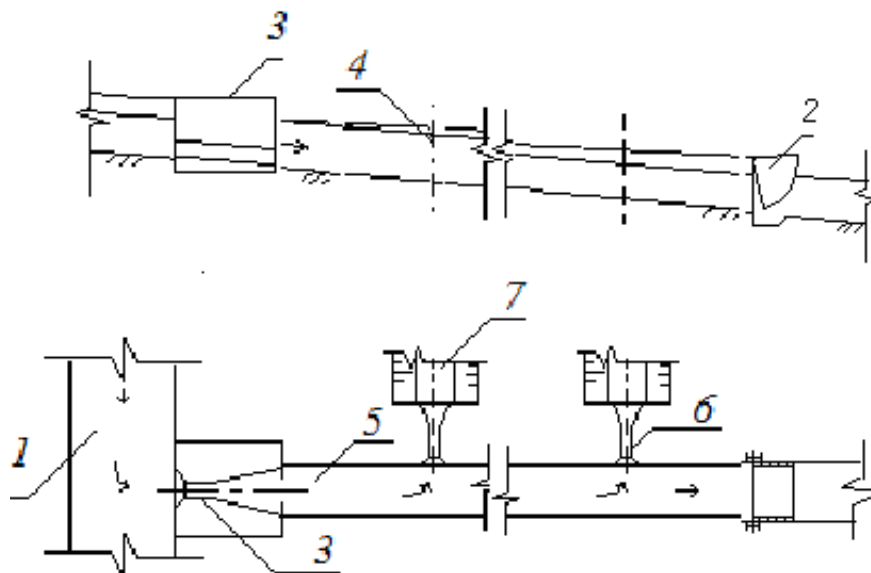


Рис.3. Компонировочная схема участка канала при каскадном регулировании с гидродинамическими регуляторами расхода по нижнему бьефу: 1 – оросительный канал первого порядка; 2 – регулятор УНБ с защитой от переполнения канала; 3 – головной стабилизатор расхода; 4 – ось транзитного водовыпуска; 5 – оросительный канал второго порядка; 6 – стабилизатор расхода по нижнему бьефу; 7 – оросительный канал третьего порядка.

Система автоматического регулирования при этой компоновке сооружений будет состоять из объекта управления – напорного трубчатого водовыпуска-регулятора расхода по нижнему бьефу и участка канала,

ограниченного выше по течению стабилизатором расхода по верхнему бьефу. Основное назначение стабилизаторов расхода в данном случае – автоматическое поддержание в канале второго порядка постоянного уровня воды, необходимого для функционирования расположенных по его трассе регуляторов. Приведенная компоновочная схема является комбинированной, в которой автоматизация водоподдачи в канал второго порядка соответствует автоматическому нормированному водораспределению (сверху вниз), а водоподдача в каналы третьего порядка соответствует автоматизации снизу вверх при наличии обратной гидравлической связи.

Каскадное регулирование по приведенным схемам использует принцип управления по отклонению или принцип Ползунова. На входе в автоматический водовыпуск (при стабилизации по верхнему бьефу) или выходе из него (при регулировании по нижнему бьефу) происходит сравнение текущего значения уровня регулирующего бьефа с требуемым значением. При отклонении в большую сторону запускается процесс стабилизации / регулирования расхода водовыпуска, при снижении уровня бьефа до расчетного значения регулирующее воздействие автоматически отключается.

#### Список литературы

1. Атаманова О. В. Расчет и проектирование гидравлических стабилизаторов расхода воды на каналах оросительных систем / О.В. Атаманова // Гидротехническое строительство. 2005. № 3. С. 21-24.
2. Бочкарев Я. В. Основы автоматики и автоматизация производственных процессов в гидромелиорации: [Для спец. 1511 "Гидромелиорация"] / Я. В. Бочкарев, Е. Е. Овчаров. М.: Колос, 1981. - 335 с.
3. Снежко В.Л. К вопросу автоматизации напорных водопропускных сооружений малых гидроузлов / В.Л. Снежко // Перспективы науки. 2010. № 10 (12). С. 54-58.
4. Снежко В.Л. Гидродинамические регуляторы расхода для каналов оросительной сети / В.Л. Снежко // Аграрная наука. 2011. № 3. С. 28-29.

### НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ НАГЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Вержбовский Г.Б., Кавелин А.С.

РГСУ, РФ, г.Ростов-на-Дону

Нагельные соединения композитных элементов встречаются достаточно часто, поэтому определение их несущей способности является важной задачей. В настоящее время не существует какой-либо общепринятой методики, позволяющей установить величину предельной нагрузки на шуруп или винт, соединяющий две части строительной композитной конструкции друг с другом. Известны только результаты испытаний декинга различных производителей на выдергивание и условный срез нагеля [2]. Так, например, гвозди 2,5x65 со спиральной нарезкой выдергиваются из доски «GeoDesk» усилием около 11 килограммов, а при работе на сдвиг могут выдержать вес в 129кг.

Распространим полученные в диссертационной работе [1] на базе методики В.М. Коченова расчетные зависимости для оценки несущей способности соответствующих соединений элементов из древесины на иные материалы.

Распределение напряжений смятия по длине нагельного гнезда в предельном состоянии зависит от величины и соотношений сил и моментов, действующих на нагель. Если краевые напряжения в нагельном гнезде элемента не превышают сопротивления материала смятию  $R_{см}$ , то, пренебрегая влиянием искривления нагеля, получим изменение напряжений по линейному закону. В пределе же пластически напряженные участки могут образовываться у обеих граней элемента (Рисунок 1). Подобное распределение напряжений возможно, если след за [3] принять идеализированную (спрямленную) диаграмму  $\sigma_{см} - \delta_{см}$ , показанную на Рисунке 1.

Обозначив диаметр нагеля через  $d_n$ , найдем сумму внешних сил  $T$ , действующих нормально к оси нагеля, а также сумму моментов этих сил относительно нулевой линии напряжений смятия  $M_0$ :

$$\frac{T}{d_n} = \int_0^{h_1} \sigma_x dx + \int_{h_1}^{h_1+h_2} R_{см} dx - \int_0^{h_1} \sigma_x dx - \int_{h_1}^{h_1+h_3} R_{см} dx; \quad \frac{M_0}{d_n} = 2 \int_0^{h_1} \sigma_x x dx + \int_{h_1}^{h_1+h_2} R_{см} x dx + \int_{h_1}^{h_1+h_3} R_{см} x dx.$$

Полагая, что  $\sigma_x = R_{см} \cdot x/h_1$  и  $h_3 < h_2$ , получим

$$T = d_n R_{cm} (h_2 - h_3); \quad M_0 = d_n R_{cm} \left[ (h_2 + h_3) h_1 + \frac{2h_1^2}{3} + \frac{h_2^2 + h_3^2}{2} \right].$$

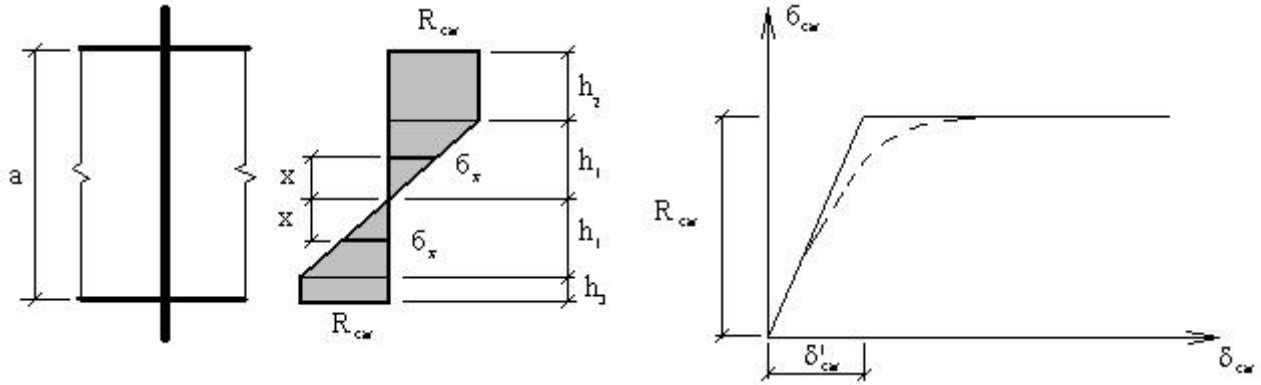


Рис.1.

Обозначим  $h_1/h_2 = \beta_n$  и запишем после преобразований относительные значения силы и момента, действующих на нагель, в форме, точно совпадающей с аналогичными выражениями, приведенными в [3]:

$$\frac{T}{ad_n R_{cm}} = 2(1 + \beta_n) \frac{h_2}{a} - 1; \quad \frac{M_0}{a^2 d_n R_{cm}} = \left( 1 + 2\beta_n + \frac{2\beta_n^2}{3} \right) \frac{h_2^2}{a^2} - (1 + \beta_n) \frac{h_2}{a} + \frac{1}{2}.$$

Соотношения между деформациями и напряжениями в нагельном гнезде, определяемые по рис. 1, позволяют выразить  $\beta_n$  через краевую деформацию со стороны наиболее напряженной кромки  $\delta_{кр}$  (рис. 2):

$$\frac{\delta_{кр}}{\delta'_{см}} = \frac{h_1 + h_2}{h_1} = \frac{1 + \beta_n}{\beta_n}; \quad \beta_n = \frac{1}{\frac{\delta_{кр}}{\delta'_{см}} - 1}.$$

В пределе обычно принимается  $\delta_{кр}/\delta'_{см} = 2$  [3], тогда  $\beta_n = 1$ . С учетом предыдущих рассуждений возможно определить предельную величину силы  $T$  для случая симметричного односреznego соединения  $T = 0.36ad_n R_{cm}$ . Если рассматривать только упругую работу материала, то получим несколько другую величину  $T = 0.25ad_n R_{cm}$ , что при  $R_{cm} = 1,4 \text{ кН/см}^2$  дает  $T = 0.35ad_n$ . Последняя формула приводится в [4].

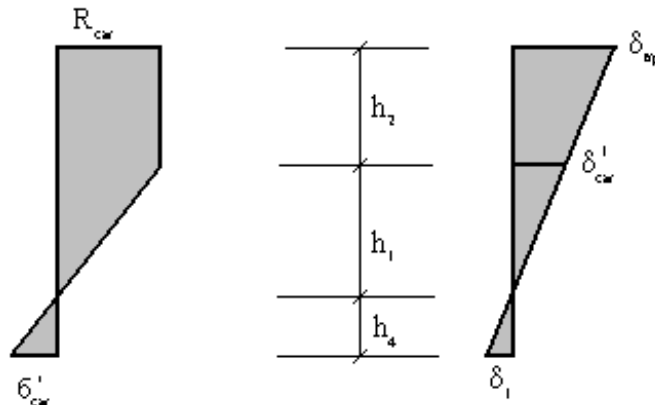


Рис.2.

Рассуждая аналогично, можно получить и другие выражения для несущей способности нагельных соединений. Опуская процесс вывода, приведем их окончательный вид:

1. Несимметричное соединение двух элементов равной толщины  $a$



$$\text{- смятие под нагелем } T_p = 0,25adR_p; \quad (1)$$

$$\text{- смятие под гвоздем } T_p = 0,36adR_p^H; \quad (2)$$

$$\text{- изгиб нагеля } T_b = 1,3\sqrt{WdR_{b,nag}R_p}; \quad (3)$$

$$\text{- изгиб гвоздя } T_b = 1,4\sqrt{WdR_{b,nag}^HR_p^H}; \quad (4)$$

2. Несимметричное соединение двух элементов разной толщины

$$\text{- смятие под нагелем в более тонком элементе } T_p = \frac{2a_1dR_p}{8 + 3(1-m)}; \quad (5)$$

$$\text{- смятие под гвоздем в более тонком элементе } T_p = \frac{50a_1dR_p^H}{18 + 25(1-m)}; \quad (6)$$

$$\text{- изгиб нагеля и гвоздя } T_b = a_2dR_p \left[ \frac{1-m}{4m} + \sqrt{\frac{(1-m)^2}{16m^2} + \frac{2WR_{b,nag}}{da_2^2R_p}} \right]. \quad (7)$$

В последних формулах приняты следующие обозначения:

$a_1, a_2$  – меньшая и большая толщины соединяемых элементов соответственно;  $m = a_2 / a_1$  – соотношение толщин;  $d$  – диаметр нагеля или гвоздя;  $W$  – момент сопротивления нагеля или гвоздя;  $R_{b,nag}^H, R_{b,nag}$  – предел прочности и расчетное сопротивление материала нагеля или гвоздя изгибу соответственно;  $R_p^H, R_p$  – нормативное и расчетное сопротивления смятию композитного материала.

Для цилиндрических нагелей выражения (3), (4) и (7) преобразуются к виду:

$$\text{- формула (3) – } T_b = 0,41d^2\sqrt{R_{b,nag}R_p};$$

$$\text{- равенство (4) – } T_b = 0,44d^2\sqrt{R_{b,nag}^HR_p^H};$$

$$\text{- зависимость (7) – } T_b = 0,25a_1dR_p \left[ 1-m + \sqrt{(1-m)^2 + \frac{\pi d^2 R_{b,nag}}{a_1^2 R_p}} \right].$$

Предлагаемые формулы являются универсальными и могут применяться для расчета нагельных соединений элементов, выполненных из различных композитных материалов, что позволяет рекомендовать их к включению в нормы проектирования.

#### Список литературы

1. Кавелин А.С. Несущая способность гвоздевых соединений элементов деревянных стеновых панелей: Дис... канд. техн. наук. - Ростов н/Д.: РГСУ, 2004. - 126 с.
2. Клесов А.А. Древесно-полимерные композиты. - СПб.: Изд-во НОТ, 2010. - 735 с.
3. Коченов В.М. Несущая способность элементов и соединений деревянных конструкций. - М.: Госстройиздат, 1963. - 320 с.
4. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. - М.: Изд-во стандартов, 2011. - 70 с.

## ПРОЧНОСТЬ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ТРЕЩИНАМИ В РАСТЯНУТОЙ ЗОНЕ

Никулин А.И., Ломтев И.А., Никулина Ю.А.

БГТУ им. В.Г. Шухова, РФ, г.Белгород

В составе многих зданий и сооружений имеются железобетонные конструкции (колонны, элементы рамных систем), работающие в условиях внецентренного сжатия. При этом методика расчета прочности таких конструкций зависит от граничного эксцентриситета [1] и разделяется на случаи больших и малых эксцентриситетов. Центральное сжатие рассматривается при этом как частный случай малых эксцентриситетов. При перемещении действующей силы от центра тяжести поперечного сечения элемента на небольшое расстояние  $e_0$  его напряженное состояние существенно изменяется. В частности, эпюра сжимающих напряжений переходит из прямоугольной (в случае центрального сжатия) в трапециевидную при неодинаковых по величине краевых напряжениях (Рисунок 1, а), затем в криволинейную с нулевым значением на противоположной грани элемента. Дальнейшее увеличение эксцентриситета приводит к появлению растягивающих напряжений в сечении и, наконец, к образованию трещин в растянутой зоне бетона (Рисунок 1, б).

Рассмотрим короткий железобетонный элемент прямоугольного поперечного сечения, нагруженный сосредоточенной продольной силой, соответствующей случаю больших эксцентриситетов (Рисунок 1, б). Для построения методики расчета прочности внецентренно сжатых железобетонных колонн, имеющих трещины в растянутой зоне бетона, принят вариант деформационной расчетной модели, предложенный в работе [2]. В основу этой модели положен энергетический подход к трансформированию эталонных диаграмм кратковременного сжатия и растяжения бетона в диаграммы неоднородного деформирования, соответствующие напряженно-деформированному состоянию (НДС) изгибаемых и внецентренно сжатых конструкций [3].

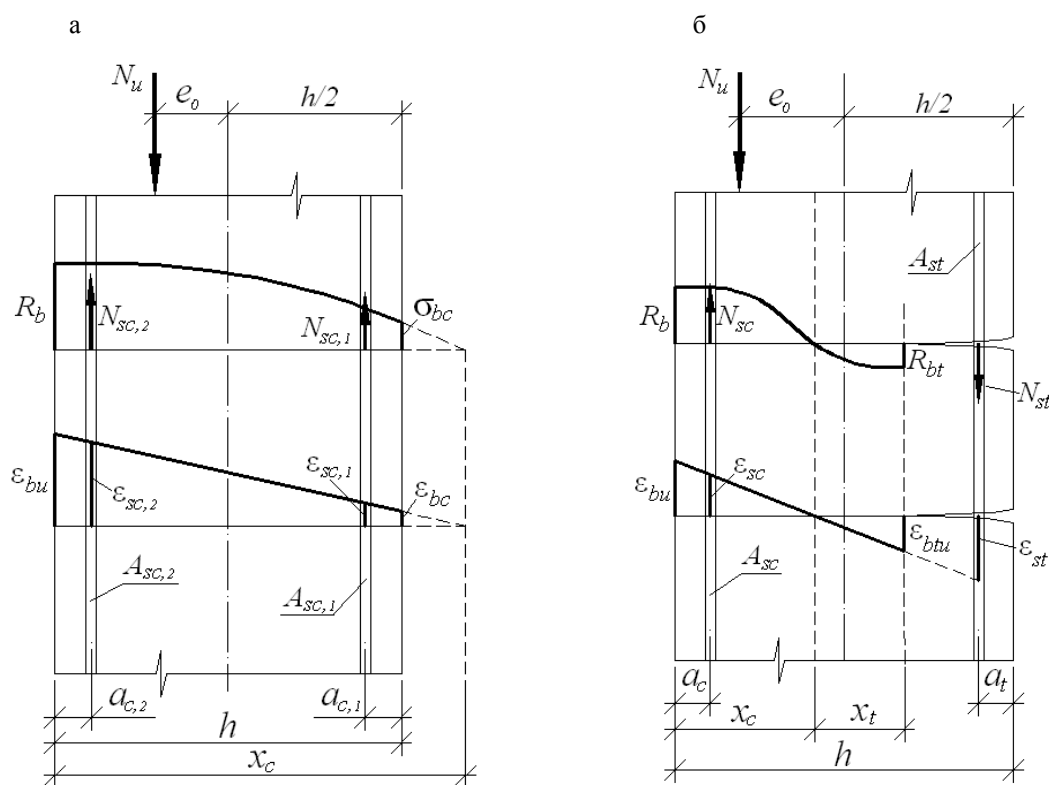


Рис.1. Схема распределения деформаций, напряжений и усилий в сечении внецентренно сжатого железобетонного элемента на стадии исчерпания его прочности: а – в случае малых эксцентриситетов приложения продольной силы; б – в случае больших эксцентриситетов

Диаграммы состояния бетона при сжатии и растяжении принимаются без ниспадающих участков [2, 3] и характеризуются следующими параметрами: общим начальным модулем упругости  $E_{b2}$ , предельными

величинами сопротивлений сжатию  $R_b$  и растяжению  $R_{bt}$ , а также соответствующими значениями относительных деформаций при сжатии  $\varepsilon_{bu}$  и растяжении  $\varepsilon_{btu}$  (кривые 1 и 2 на Рисунке 2, а). Для аналитического описания этих диаграмм принимается зависимость:

$$\sigma_i = \frac{E_{b2}\varepsilon_i(1 + D_j\varepsilon_i)}{1 + C_j\varepsilon_i}, \quad (1)$$

где  $D_j, C_j$  – параметры нелинейности деформирования бетона при неоднородном сжатии ( $j=b2$ ) и растяжении ( $j=bt2$ ), которые определяют по рекомендациям работ [2, 3];  $\sigma_i, \varepsilon_i$  – текущие значения напряжений и деформаций сжатия ( $i=bc$ ) и растяжения ( $i=bt$ ).

Теперь рассмотрим диаграмму растяжения арматуры с физической площадкой текучести (Рисунок 2, б).

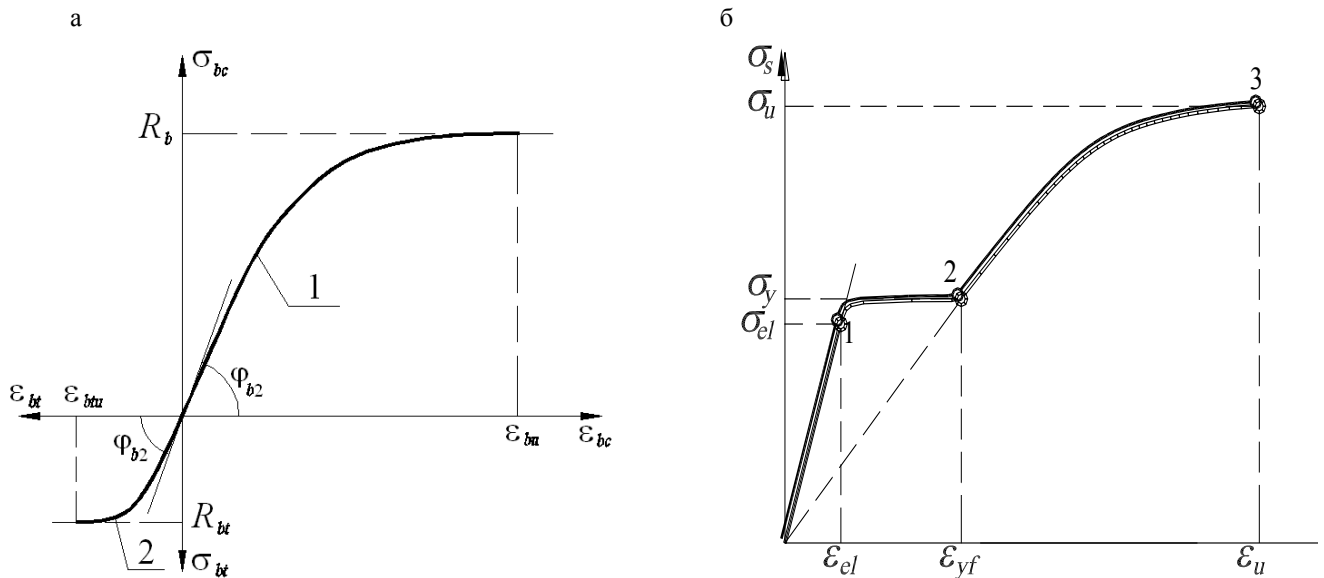


Рис.2. Диаграммы неоднородного сжатия бетона (а) и растяжения арматуры с физической площадкой текучести (б):  $\varphi_{b2} = \arctg(E_{b2})$

Для её описания применяется кусочная функция, состоящая из одного линейного и двух нелинейных уравнений [4]:

$$\text{при } 0 < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{el} \quad \sigma_s = E_s \varepsilon_s, \quad (2)$$

$$\text{при } \varepsilon_{el} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{yf} \quad \sigma_s = \sigma_{el} + \frac{E_s (\varepsilon_s - \varepsilon_{el}) [1 + D_{s1} (\varepsilon_s - \varepsilon_{el})]}{1 + C_{s1} (\varepsilon_s - \varepsilon_{el})}, \quad (3)$$

$$\text{при } \varepsilon_{yf} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_u \quad \sigma_s = \sigma_y + \frac{E_{s2} (\varepsilon_s - \varepsilon_{yf}) [1 + D_{s2} (\varepsilon_s - \varepsilon_{yf})]}{1 + C_{s2} (\varepsilon_s - \varepsilon_{yf})}, \quad (4)$$

где  $E_{sn}$  – начальный модуль упругости арматуры;  $\sigma_{el}, \varepsilon_{el}$  – предел упругости и соответствующая относительная деформация арматуры;  $\sigma_y$  – предел текучести арматуры;  $\varepsilon_{yf}$  – относительная деформация в конце площадки текучести (см. т. 2 на Рисунке 2, б);  $\sigma_u, \varepsilon_u$  – временное сопротивление и предельная относительная деформация при разрыве арматуры;  $C_{s1}, D_{s1}, C_{s2}, D_{s2}$  – параметры нелинейности кусочной

функции, описывающей второй и третий участки диаграммы;  $E_{s2}$  – модуль упругости арматуры в начальной точке третьего участка.

Методика определения неизвестных параметров кусочной функции ( $C_{s1}$ ,  $D_{s1}$ ,  $C_{s2}$ ,  $D_{s2}$ ,  $E_{s2}$ ) представлена в работе [4].

Расчетная схема поперечного сечения внецентренно сжатого железобетонного элемента для стадии исчерпания его прочности с учетом трещин в растянутой зоне бетона представлена на Рисунке 1, б. Ее аналитическое отображение приводит к следующим группам уравнений.

Уравнения равновесия в традиционной форме их записи имеют вид:

$$N_u = b x_c \omega_c R_b + \sigma_{sc} A_{sc} - \sigma_{st} A_{st} - b x_t \omega_t R_{bt}, \quad (5)$$

$$N_u e_0 = b x_c \omega_c R_b (0,5h - x_c (1 - \gamma_c)) + \sigma_{sc} A_{sc} (0,5h - a_c) + \sigma_{st} A_{st} (0,5h - a_t) + b x_t \omega_t R_{bt} (x_c + \gamma_t x_t - 0,5h), \quad (6)$$

где  $N_u$  – искомое продольное усилие, соответствующее исчерпанию прочности внецентренно сжатого железобетонного элемента;  $e_0$  – эксцентриситет продольного усилия относительно оси симметрии прямоугольного сечения;  $b$ ,  $h$  – размеры поперечного сечения элемента;  $\sigma_{sc}$ ,  $\sigma_{st}$  – величины напряжений, соответственно, в сжатой и растянутой арматуре;  $\omega_c$ ,  $\omega_t$ ,  $\gamma_c$ ,  $\gamma_t$  – интегральные геометрические характеристики эпюр напряжений в сжатой и растянутой зонах бетона, которые находятся по формулам:

$$\omega_j = \frac{\int_0^{x_j} \sigma_{bjz} dz}{\sigma_{bj} x_j}, \quad (j = c, t) \quad (7)$$

$$\gamma_j = \frac{\int_0^{x_j} \sigma_{bjz} z dz}{x_j \int_0^{x_j} \sigma_{bjz} dz}. \quad (j = c, t) \quad (8)$$

С учетом гипотезы плоских сечений для рассматриваемого железобетонного элемента записываются следующие условия деформаций:

$$\frac{\varepsilon_{btu}}{\varepsilon_{bu}} = \frac{x_t}{x_c}, \quad (9) \quad \frac{\varepsilon_{sc}}{\varepsilon_{bu}} = 1 - \frac{a_c}{x_c}, \quad (10) \quad \frac{\varepsilon_{st}}{\varepsilon_{bu}} = \frac{h - a_t}{x_c} - 1. \quad (11)$$

Неизвестные напряжения в сжатой и растянутой арматуре  $\sigma_{sc}$ ,  $\sigma_{st}$  находятся с помощью универсальной кусочной функции (2)...(4), принятой для описания диаграмм деформирования арматурных сталей.

Таким образом, получена замкнутая система разрешающих уравнений для определения НДС внецентренно сжатого железобетонного элемента на стадии исчерпания его прочности с учетом трещин в растянутой зоне бетона. Поскольку ряд зависимостей в системе носит нелинейный характер, то их численная реализация производится с использованием итерационной процедуры.

Расчетная методика может быть использована для определения прочности коротких внецентренно сжатых железобетонных элементов из бетонов любой прочности и с различным содержанием сжатой и растянутой арматуры.

В заключение следует отметить, что в рамках развития данной темы применительно к расчету гибких колонн планируется дополнить предложенную методику алгоритмом учета выгиба в элементе, сжатом с эксцентриситетом.

#### Список литературы

1. Никулин А.И. О разделении расчетов прочности внецентренно сжатых железобетонных элементов на случаи малых и больших эксцентриситетов // Строительная механика и расчет сооружений. 2006. № 4. С.

16-20.

2. Никулин А.И., Блинные Е.А. О расчете прочности внецентренно сжатых железобетонных элементов, имеющих растянутую зону бетона // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: Материалы междуна. академич. чтений. Курск: КурскГТУ, 2007. С. 117-123.
3. Никулин А.И. Энергетический подход к трансформированию эталонных диаграмм сжатия бетона // Бетон и железобетон. 2013. № 5. С. 12-14.
4. Никулин А.И. Универсальная зависимость для аналитического описания диаграмм растяжения арматурной стали // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 3. С. 157-162.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ КРОВЕЛЬНЫХ СИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ ЗДАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОГО КОМИТЕТА, Г.СОЧИ)

**Ульшин А.Н.**

СПбГАСУ, РФ, г.Санкт-Петербург

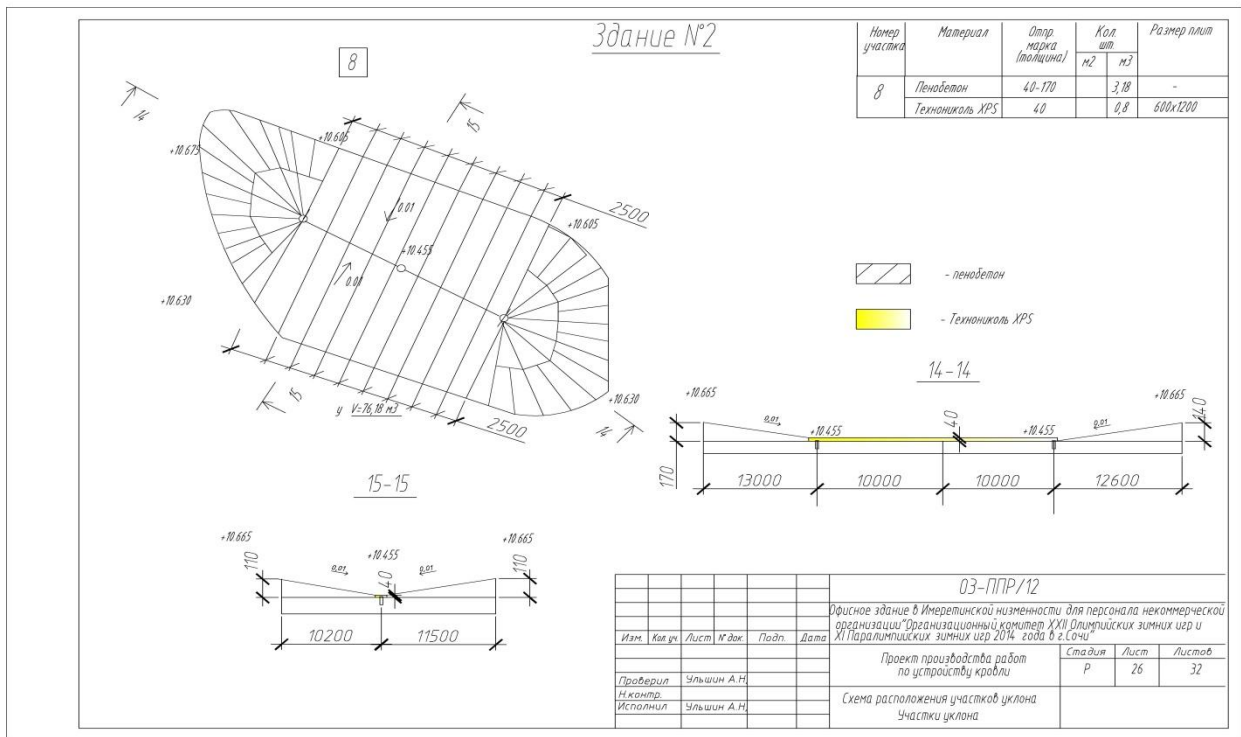
Автор рассматривает различные варианты конструктивно-технологических решений кровельных систем в рамках объекта: “Офисное здание в Имеретинской низменности - организационный комитет XXII Олимпийских зимних игр”. Основными показателями в рамках совершенствования комплексной технологичности кровельных систем являются конструктивная технологичность и технологичность монтажа.

Автором рассматриваются два варианта устройства кровли, которые не отличаются по составу кровельного “пирога”, но отличаются по типу распределения уклонов на участке. (Конструктивно-технологическое решение кровли № 1, Конструктивно-технологическое решение № 2).

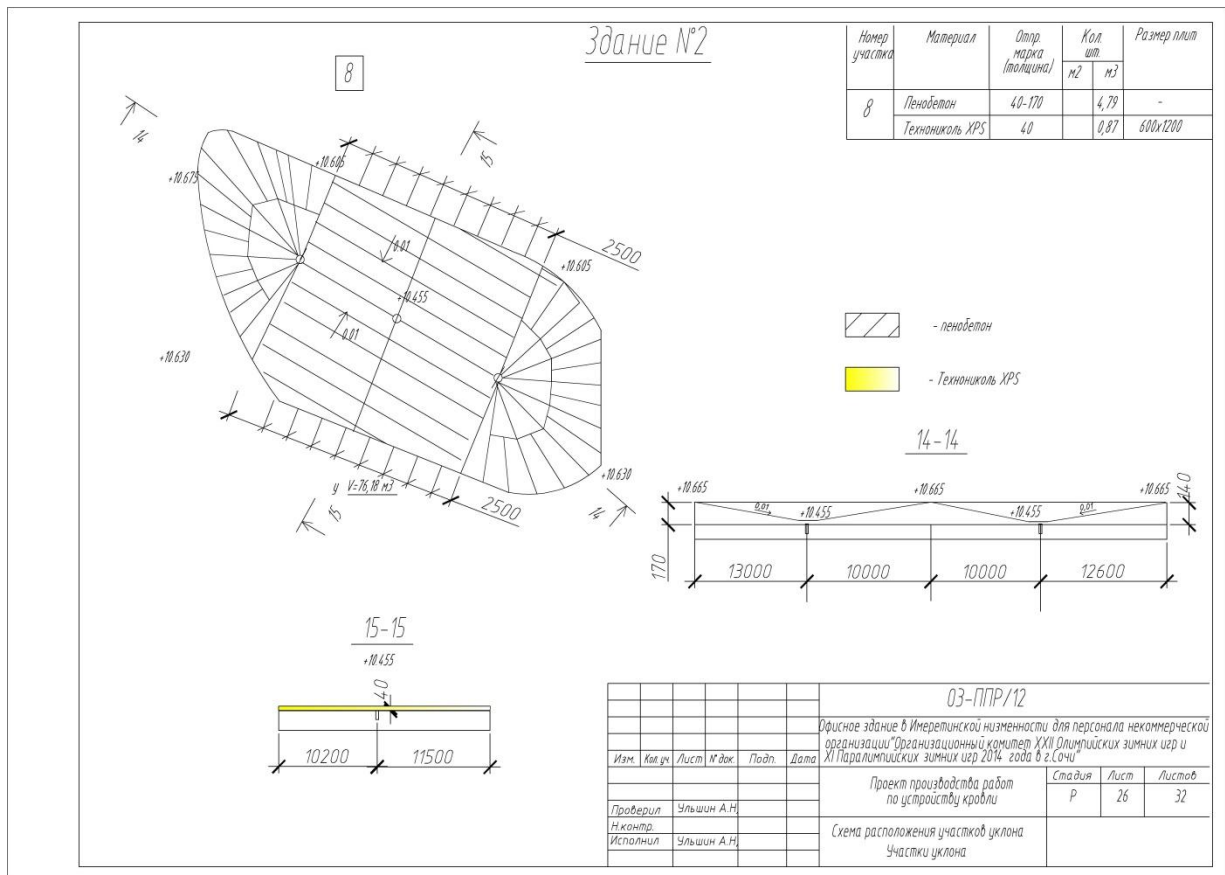


Рис.1. Офисное здание в Имеретинской низменности - организационный комитет XXII Олимпийских зимних игр, здание №2, участок №8.

Конструктивно-технологическое решение кровли №1



### Конструктивно-технологическое решение кровли №2



Для определения показателя комплексной технологичности в двух вариантах конструктивно-технологического решения кровли необходимо выявить весомости частных показателей технологичности для данного типа кровель и выбрать метод определения показателей конструктивной технологичности и технологичности монтажа.

Определение весомостей:

Формула себестоимости изготовления, транспортировки, монтажа предложена Сахновским М.М. в исследовании [1]:

$$C_T = \sum(C_{mat.i}) + (C_{ч.ч.м} + C_{н.м})T_M + C_{квт.-ч.м} \times \mathcal{E}_M, \quad (1)$$

где  $C_{mat.i}$  – стоимость 1 м<sup>2</sup> i-го вида слоя кровли, руб/м<sup>2</sup>;

$\sum C_{mat.i}$  – стоимость 1 м<sup>2</sup> кровельного “пирога”, руб/м<sup>2</sup>;

$C_{ч.ч.м}$  – стоимость человеко-часа работы кровельщика, руб/час;

$C_{н.м}$  – стоимость накладных расходов, приведенных к часу работы кровельщика, руб/час;

$T_M$  – трудоемкость монтажа кровли, чел-час;

$C_{квт.-ч.м}$  – стоимость 1 кВт электричества, руб;

$\mathcal{E}_M$  – энергия, затраченная на монтаж 1 м<sup>2</sup> кровли, кВт-ч.

Весомости частных показателей технологичности на 1 м<sup>2</sup> кровельного “пирога” (руб/м<sup>2</sup>):

$A = C_{mat}$ . (показатель конструктивной технологичности  $K_K$ )

зависит от типа кровельного “пирога” и схемы устройства уклонообразующего слоя

$B = C_{ч.ч.м} + C_{н.м}$  (показатель технологичности монтажа  $K_M$ )

В случае необходимости определения показателя конструктивной технологичности в сравнительно-долевой форме:

$$K_{д.к.} = \frac{A \times K_K}{A + B} \quad (2)$$

$$\alpha_n = \frac{A}{A + B} \quad (3)$$

$K_{д.к.}$  – сравнительно-долевой показатель конструктивной технологичности,

$\alpha_n$  – долевой коэффициент определения конструктивной технологичности.

В случае необходимости определения показателя технологичности монтажа в сравнительно-долевой форме:

$$K_{д.м.} = \frac{B \times K_M}{A + B} \quad (4)$$

$$\gamma_n = \frac{B}{A + B} \quad (5)$$

Для кровель долевые коэффициенты будут равняться:

$$\alpha_n = 0,625$$

$$\gamma_n = 0,375$$

Определение показателей:

Показатель конструктивной технологичности

$$K_K = \frac{C_M^{\min}}{C_M} \quad (6)$$

$C_M^{\min}$  – суммарная минимальная (из трех вариантов) стоимость 1 м<sup>2</sup> материалов кровельного “пирога”, руб;

$C_M$  – суммарная стоимость 1 м<sup>2</sup> материалов данного кровельного “пирога”, руб.

Показатель технологичности монтажа

$$K_M = \frac{T_M^{\min}}{T_M} \quad (7)$$

$T_m^{\min}$  – суммарная минимальная (из трех вариантов) трудоемкость монтажа 1 м<sup>2</sup> кровельного “пирога”, чел-час,

$T_m$  – суммарная трудоемкость монтажа 1 м<sup>2</sup> данного кровельного “пирога”, чел-час.

Формирование целевого оптимизационного уравнения и алгоритм принятия решений:

На основании выведенных сравнительно-долевых показателей (2), (4) и анализа математических методов принятия решений, изложенных в исследованиях Орлова А.И. [2], Рыкова А.С. [3] автором сформировано следующее целевое уравнение, которое необходимо найти среди вариативных.

$$K = \alpha_n \times K_k + \gamma_n \times K_m$$

Комплексная технологичность конструктивно-технологического решения №1

$$K = \alpha_n \times K_k + \gamma_n \times K_m$$

$$K = 0,625 \times 1 + 0,375 \times 1 = 1$$

Комплексная технологичность конструктивно-технологического решения №2

$$K = \alpha_n \times K_k + \gamma_n \times K_m$$

$$K = 0,625 \times 0,66 + 0,375 \times 1 = 0,79$$

По итогам сравнительного анализа двух конструктивных слоев по комплексной технологичности, автором выбирается конструктивный слой № 1, как наиболее технологичный. Аналогичным образом может быть проведено совершенствование конструктивно-технологических решений на основе подбора альтернативных решений уклонообразующих слоев для сложных типов кровель.

#### Список литературы

1. Ульшин. А.Н. Методика определения обобщенного показателя технологичности конструирования, изготовления, транспортировки и монтажа стальной стержневой конструкции // Журнал “Международный научно-исследовательский журнал”, выпуск 2-1 (33) — СПб, 2015
2. Ульшин А.Н. Разработка обобщенного показателя качества стальных конструкций, вып.7(25) – СПбГПУ // Инженерно-строительный журнал. Вып.7(25) - 2011– 62 с
3. Ульшин. А.Н. Влияние параметров стальных стержневых конструкции на трудоемкость изготовления // Журнал “ПГС”. —М, 2015
4. Ульшин. А. Н. Влияние параметров стальных стержневых конструкции на трудоемкость монтажа // Журнал “Монтажные и специальные работы”. —М, 2015-№1 -С.4 - 11
5. Ульшин А.Н. Формулировка способа повышения комплекса технологичности стальных стержневых конструкций, постановка задач дальнейшего научного исследования // материалы II-ой международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы технических наук в современных условиях» – СПб, ИЦРОН, 2015.

## СЕКЦИЯ №11.

### ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)

#### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И СОЗДАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССАХ СИНТЕЗА ОРГАНИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ

Осетров А.Ю., Рудакова А.Б., Орехов В.С., Зарапина И.В.

ТГТУ, РФ, г.Тамбов

В органической химии проблемы, связанные с катализом, являются на сегодняшний день самыми малоизученными и требуют в большинстве случаев детальных исследований и создания единой теоретической базы.

Разработка каталитических процессов на основе новых катализаторов является сложной задачей требующей экспериментальной и теоретической проработки.



Предлагается новый подход к использованию катализаторов в химических синтезах, основанный на использовании дисперсий наноструктурированных материалов в качестве катализаторов (матрицы разборки), вносимых непосредственно в сырьевые компоненты, и матриц сборки, вводимых на заключительных стадиях синтеза. Использование катализаторов в наноструктурированной форме позволяет исключить использование инертных носителей в виду развитой поверхности контакта. Так для наноструктурированных частиц металлов полученных мицелярным методом и методом испарения металлов в электрической дуге с последующей кристаллизацией из паровой фазы удельные поверхности в зависимости от размера частиц представлены в Табл.1.

Использование катализаторов в виде наноструктурированных материалов позволяет на порядки увеличить удельную поверхность по сравнению с катализаторами на инертных пористых носителях.

При уменьшении размера частиц катализатора его активность возрастает, что объясняется увеличением отношения высокоактивных атомов на поверхности к атомам расположенными внутри частицы с насыщенными химическими связями. Доля «поверхностных» атомов становится все больше по мере уменьшения размера частиц. Для наночастиц практически все атомы «поверхностные», поэтому при уменьшении размера наноструктурированных катализаторов их каталитическая активность возрастает, а при достижении критического размера резко снижается, что объясняется сменой функционального назначения наночастиц – катализаторы становятся реагентами.

Таблица 1

Удельная поверхность наноструктурированных частиц

Диаметр частицы, нм	Масса частицы, кг	Площадь поверхности, м <sup>2</sup>	Удельная поверхность м <sup>2</sup> /г
1	2	3	4
Мицелярный метод получения			
2	$7,04 \times 10^{-23}$	$9 \times 10^{-18}$	511,364
5	$1,1 \times 10^{-21}$	$2,25 \times 10^{-16}$	204,545
11	$1,17 \times 10^{-20}$	$1,09 \times 10^{-15}$	92,975
17	$4,32 \times 10^{-20}$	$2,6 \times 10^{-15}$	60,160
Среднее значение			160,73
Конденсация из паровой фазы			
1	2	3	4
10	$8,8 \times 10^{-21}$	$1,5 \times 10^{-15}$	170,454
40	$5,63 \times 10^{-19}$	$2,4 \times 10^{-14}$	42,613
100	$8,8 \times 10^{-18}$	$1,5 \times 10^{-14}$	17,045
Среднее значение			49,9

При разработке каталитических процессов с использованием наноструктурированных катализаторов наряду с подбором элементов входящих в состав катализатора необходимо иметь данные о влиянии размера частиц на их каталитическую активность, а также учитывать следующие особенности при проведении процессов с нанокаталитическими системами:

1. Подбор элементов каталитической системы индивидуально для каждого химического процесса на основе определения элементного состава сырьевых продуктов (матрицы разборки) и целевых продуктов (матрицы сборки).

2. Определение технологических параметров подготовки сырьевых компонентов и полупродуктов для проведения синтеза с матрицами разборки и сборки.

3. Выбор иммерсионной среды для создания устойчивых дисперсий наноструктурированных материалов.

Использование технологии проведения каталитических процессов с использованием наноструктурированных катализаторов позволяет: проводить процессы в существующей реакционной аппаратуре без введения конструктивных изменений; повысить устойчивость каталитических процессов к изменению технологических параметров (температура и давление); перевести химические процессы, считавшиеся ранее не перспективными с позиции каталитического воздействия, в каталитические.

На основании вышеизложенного нами были разработаны, с использованием матриц разборки сырья и сборки целевого продукта, технологические процессы производства азоксигментов. В основе традиционной технологии получения азоксигментов на примере пигмента оранжевого «Ж», лака рубинового ВКС и пигмента желтого светопрозрачного лежат химические реакции диазотирования и сочетания полученного диазосоединения.

При введении на стадии диазотирования матриц разборки дисперсии наноструктурированных материалов и на стадии азосочетания матриц сборки целевого продукта получены пигмент оранжевый Ж, лак рубинового ВКС и пигмент желтый светопрочный с высокими характеристиками по качеству.

Матрицы разборки сырья в наноструктурированной форме обеспечивает устойчивость диазосоединения к разложению.

Наноструктурированные катализаторы увеличивают скорость процесса азосочетания на 40% и формируют мелкодисперсную форму твердой фазы азопигмента.

Таблица 2

Колористическая оценка опытных образцов азопигментов

Наименование опытов	Инструментальная оценка в разбеле				
	I, %	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta C$	$\Delta H$
1	2	3	4	5	6
Пигмент оранжевый Ж					
Традиционная технология	100,07	2,24	0,59	0,21	2,15
С применением нанокатализаторов на стадиях синтеза	121,50	4,31	-0,77	3,93	1,57
Лак рубиновый ВКС					
Традиционная технология	96,2	0,82	0,38	0,11	0,34
С применением нанокатализаторов на стадиях синтеза	106,3	-0,54	-0,46	0,05	-0,28
Пигмент желтый светопрочный					
Традиционная технология	105,47	1,54	0,45	0,69	-0,21
С применением нанокатализаторов на стадиях синтеза	124,12	5,12	-0,95	2,54	1,23

Показатели качества пигментов оранжевого Ж, лака рубинового ВКС и пигмента желтого светопрочного (Табл.2) подтверждают высокую селективность процессов диазотирования и азосочетания пигментов с использованием матриц в наноструктурированной форме.

#### Список литературы

1. Егорова Е.М. Наночастицы металлов в растворах. Биохимический синтез и применение // Нанотехника. - 2004. - N 1. - С.15-26.
2. Петрик В.И., Способ получения углеродной смеси высокой реакционной способности и устройство для его осуществления. Патент РФ № 2128624. 1999.

#### **СЕКЦИЯ №12.**

#### **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)**

#### **СЕКЦИЯ №13.**

#### **ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)**

#### **СЕКЦИЯ №14.**

#### **ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)**

#### **СЕКЦИЯ №15.**

#### **ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)**

## **СЕКЦИЯ №16.**

### **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)**

#### **ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОПАСНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА (ОПО) ЭКСПЛУАТИРУЮЩЕГО ТРУБОПРОВОДЫ ГАЗООБРАЗНОГО КИСЛОРОДА**

**<sup>1</sup>Осипов В.А., <sup>2</sup>Шилов Д.П., <sup>2</sup>Кузин И.Ю., <sup>4</sup>Галкин А.А.**

<sup>1</sup>Генеральный директор, эксперт ООО «Бинарные научно-инновационные технологии» (ООО «Бин-НИТ»), РФ, г.Владимир

<sup>2</sup>Генеральный директор, эксперт ООО «Диагностика инженерных сооружений» (ООО «ДИС»), РФ, г.Владимир

<sup>3</sup>Технический директор, эксперт ООО «Диагностика инженерных сооружений» (ООО «ДИС»), РФ, г.Владимир

<sup>4</sup>Инженер, эксперт ООО «Диагностика инженерных сооружений» (ООО «ДИС»), РФ, г.Владимир

Инциденты и аварии имеют место на опасных производственных объектах эксплуатирующих трубопроводы газообразного кислорода. Основными причинами аварий являются значительный износ оборудования, ошибки проектирования и эксплуатации. Изменения законодательства в промышленной безопасности в настоящее время основываются на риск-ориентированном подходе, который предусматривает сочетание гибких требований и нормированную вероятность возникновения аварий [1, 2, 3, 4, 5]. Изменения коснулись и требований применяемых к производству и потреблению продуктов разделения воздуха [6]. В нашей статье мы рассматриваем опасные производственные объекты связанные с эксплуатацией трубопроводов газообразного кислорода, которые чаще всего имеют место в металлургическом производстве [6].

В случае, если при эксплуатации, капитальном ремонте, консервации или ликвидации опасного производственного объекта требуется отступление от требований промышленной безопасности, установленных федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности [6], таких требований недостаточно и (или) они не установлены, лицом, осуществляющим подготовку проектной документации на строительство, реконструкцию опасного производственного объекта, могут быть установлены требования промышленной безопасности к его эксплуатации, капитальному ремонту, консервации и ликвидации в обосновании безопасности опасного производственного объекта [1, 5].

Обоснование безопасности ОПО, а также изменения, вносимые в обоснование безопасности ОПО, подлежат экспертизе промышленной безопасности [1].

Разработке обоснования безопасности ОПО должно предшествовать определение принципиальных технических решений, а также анализ имеющейся нормативной базы в отношении конкретного опасного производственного объекта [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12], который служит основой для разработки отступлений от требований промышленной безопасности, а также для разработки недостающих или отсутствующих требований промышленной безопасности. Принципиальные технические решения могут быть определены применительно к опасному производственному объекту в целом, его частям или отдельным зданиям и сооружениям и/или техническим устройствам, применяемым на ОПО.

Обоснование безопасности должно содержать сведения о необходимости отступления от действующих норм и положения, компенсирующие эти отступления. В качестве обоснования указанных отступлений должны быть использованы результаты исследований, расчетов, испытаний, моделирования аварийных ситуаций, оценки риска или анализа опыта эксплуатации подобных опасных производственных объектов [5].

Анализируя результаты проведенных экспертиз промышленной безопасности трубопроводов газообразного кислорода нами отмечены следующие отступления от существующих норм: проектом не предусмотрены продувочные свечи - продувка осуществляется в помещение; не контролируется эффективность вентиляции помещений - отсутствуют паспорта на системы; недопустимые провисания трубопроводов - отсутствует расчет на вибрацию и температурное расширение; отсутствуют инструкции по пуску и продувке трубопроводов; низкая квалификация специалистов по обслуживанию оборудования (отсутствие аттестации).

Согласно [6] сброс ПРВ в производственное помещение при продувке технических устройств и коммуникаций не допускается. Устройство продувочных свечей является инженерной задачей, неправильная их установка может привести к аварии (2010 г. авария на складе металлургического предприятия, г.Череповец – причина закатанная продувочная свеча под крышу здания). Исходя из выше сказанного считаем, что временное отсутствие продувочных свечей на период капитального ремонта обоснованно при определенных условиях. Истечение остаточного кислорода в момент нештатного сброса кислорода в помещение можно описать

уравнением сохранения вещества (закон Дальтона):

$P_1V_1 = P(V_1+V_2)$  (формула описывает статически два состояния системы изменение параметров до начала сброса и момент окончания сброса),

где  $P_1$  – избыточное давление в кислородопроводе до начала сброса;  $P$ –избыточное давление состояния равновесия в кислородопроводе и окружающей среде (при сбросе в окружающую среду равно нулю);  $V_1$ –объем кислородопровода;  $V_2$ – объем помещения в которое осуществляется сброс.

С учетом выше предложенной формулы проведены расчеты для системы газовой резки завода металлических конструкций (см. Табл.1):

Таблица 1

Диаметр трубопроводов (внутренний), м	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	Длина трубопровода, м	Объем трубопровода, м <sup>3</sup>	Давление кислорода в момент сброса, МПа	Сбрасываемый объем в окружающую среду, м <sup>3</sup>	Объем помещения, м <sup>3</sup>	Процент сброса, %
0,049	0,001885	100	0,01885	0,50	0,94240	300000	0,00030
0,026	0,000531	656	0,34811	0,50	1,74057	300000	0,00050
0,022	0,000380	693	0,26330	0,50	1,31649	300000	0,00040
0,020	0,000314	102	0,03203	0,50	0,16014	300000	0,00005
0,016	0,000201	458	0,09204	0,50	0,46020	300000	0,00015
Суммарный			0,92396		4,61979		0,00154

При расчетах учтено, что питание кислородопровода от воздуходелительной установки при сбросе кислорода отключено и сброс осуществляется при минимально допустимом давлении для резака 0,5 МПа. Объем кислородопровода значительно меньше объема помещения, куда осуществляется сброс. Из расчетов видно, что максимальный объем кислорода, сбрасываемый в помещение ниже 10 м<sup>3</sup> и не превышает 1,0 % от объема помещения. При продувке кислородопровода после снижения давления до атмосферного воздухом компрессора удаляется остаточный кислород в объеме не более 0,92 м<sup>3</sup>. Таким образом, можно считать, что нештатный сброс в помещение (огороженная опасная зона), может быть безопасным при соблюдении общепринятых требований предъявляемых к опасной зоне.

Недопустимые провисания трубопроводов могут быть устранены с помощью установки дополнительных опор расположение которых может быть определено с помощью универсальной программы СТАРТ (НТП «Трубопровод»), реализующей расчеты на основании действующей нормативной документации [9]. Результаты расчета являются обоснованием принятых допущений при эксплуатации трубопровода с учетом рабочих (испытательных) параметров, материала, минимальной толщины стенки трубопровода и фактической прокладки.

Инструментальная проверка эффективности работы вентиляционных систем должна производиться не реже одного раза в год, а также после каждого капитального ремонта или реконструкции этих систем [6]. На все вентиляционные системы должны составляться соответствующие эксплуатационные документы (паспорта или формуляры). Возможность возникновения аварии влечет изменения требований к работе систем вентиляции. Опасная зона должна иметь допустимые параметры по воздушной среде (объемная доля кислорода в воздухе должна составлять не менее 19 % и не более 23 %). Для расчетов данных концентраций с учетом наличия сброса в помещение продуктов разделения воздуха и работающих (неработающих) систем вентиляции нами рассматривается возможность использования инструментов CFD-моделирования [13]. На основании CFD-моделирования можно определить перечень помещений и мест, в которых содержание кислорода по объемной доле может быть менее 19 % или более 23 % в случае аварийной ситуации на трубопроводе, и разработать меры по нормализации состава воздуха [6].

Разработка обоснования и ее экспертиза не возможна без информации о состоянии законодательства о промышленной безопасности. Повышение квалификации персонала является обязательным условием разработки обоснования безопасности ОПО. Часто на предприятиях ответственность за промышленную безопасность, охрану труда и экологию несет один человек, что увеличивает влияние человеческого фактора на возможность выполнения отдельных условий безопасности.

На основании выше сказанного считаем, что без использования сертифицированных инструментов электронных систем информации и автоматизированных рабочих мест по разработке (экспертизе) обоснований

безопасности ОПО не возможна как их разработка, так и реализация выполнения условий безопасности на местах.

#### Список литературы

1. Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Федеральный закон от 04.03.2013 г. № 22-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
3. Концепция совершенствования государственной политики в области обеспечения промышленной безопасности с учетом необходимости стимулирования инновационной деятельности. Утверждена решением Коллегии федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) от 26.09.2011 г.
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности». Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) от 14.11.2013 г. № 538.
5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие требования к обоснованию безопасности опасного производственного объекта». Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) от 15.07.2013 г. № 306.
6. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при получении, транспортировании, использовании расплавов черных и цветных металлов и сплавов на основе этих расплавов». Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) от 30.12.2013 г. № 656.
7. ГОСТ 12.2.052-81\* «ССБТ. Оборудование, работающее с газообразным кислородом. Общие требования безопасности».
8. ГОСТ 32388-2013 «Трубопроводы технологические. Нормы и методы расчета на прочность, вибрацию и сейсмические воздействия».
9. ГОСТ 12.2.052-81 ССБТ. Оборудование, работающее с газообразным кислородом. Общие требования безопасности (с Изменениями № 1, 2).
10. ВСН 49-83 (Минхимпром) «Инструкция по проектированию межзаводских трубопроводов газообразных кислорода, азота, аргона».
11. ВСН 10-83 «Инструкция по проектированию трубопроводов газообразного кислорода».
12. СТО 002 099 64.01-2006 «Правила по проектированию производств продуктов разделения воздуха».
13. Сборник докладов X Международной научно-практической конференции - STAR Russian Conference 2015. Компьютерные технологии: решение прикладных задач тепломассопереноса и прочности, г. Нижний Новгород, 2015 г.- с. 24-27.

#### **СЕКЦИЯ №17.**

#### **ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)**

#### **СЕКЦИЯ №18.**

#### **ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)**

## СЕКЦИЯ №19. НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)

### ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПЛАЗМЕННЫХ ГИДРОКСИАПАТИТОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Лясникова А.В., Мельникова И.П., Мальцева С.В.

Саратовский государственный технический университет

В настоящее время в имплантологии возрастает интерес к применению керамического электроплазменного покрытия из гидроксиапатита (ГА)  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ . ГА является основным неорганическим компонентом костной и зубной ткани человека и животных, чем обусловлена возможность его применения в репаративной медицине [7].

Основным недостатком покрытий из ГА является низкая механическая прочность. Решением этой проблемы может стать наноструктурирование покрытия из ГА, путем введения в него наночастиц гидроксида алюминия, бемита  $\text{AlO}(\text{OH})$ . Известно, что введение нанокристаллического бемита (5 – 30 %) в порошки корунда и глинозема приводит к снижению скорости роста зерен керамики, повышению трещиностойкости материала до 25 % и прочности при изгибе [6]. Кроме того, широко применяются гидроксиды алюминия в триботехнике, для создания абразивных, шлифовальных материалов и антисептических зубных паст, адсорбции вредных веществ из стоков сельскохозяйственных производств, создания покрытий [5]. Нанокристаллический бемит используется также в повязках «ЛОКУС», применяемых при лечении воспалительных процессов, возникающих при ожогах, ранениях, появлении пролежней, трофических язв и т.д. Введение бемита позволяет сокращать сроки лечения в среднем с 28 до 16 дней [9]. Механизм антибактериальных свойств бемита заключается в наличии большого числа гидроксильных групп, которые в водных растворах заряжаются положительно и активно сорбируют отрицательно заряженные бактерии и вирусы [4].

Таки образом, применение бемита представляется особенно актуальным в имплантологии, ввиду возможности не только повышения прочностных характеристик покрытий, но и возможности придания им антибактериальных свойств.

В связи с этим было бы интересно исследовать возможность применения наноструктурного бемита для повышения комплекса физико-технических характеристик электроплазменных керамических покрытий. Ранее введение наноструктурного бемита в электроплазменные покрытия не производилось.

Плазмонапыленные керамические покрытия имплантатов должны обладать развитой морфологией поверхности и открытой пористостью (при общей пористости 35-50 %) с обязательным наличием взаимосвязанных пор размером 100-200  $\mu\text{m}$  [3,10]. Когда размер пор керамики превышает 100  $\mu\text{m}$ , костная ткань прорастает через взаимосвязанные поровые каналы покрытия [11].

Известно, что размер пор пористой структуры  $D_p$ , в соответствии с формулой Козени, связан с размерами частиц  $D_c$ , из которых он состоит, и пористостью каркаса П:

$$D_p = \frac{2}{3} \frac{P}{1-P} D_c$$

Для получения необходимой пористой структуры используется порошок ГА с размером частиц 40 – 100  $\mu\text{m}$  [2]. Такие крупные частицы ГА, согласно [8], содержат поры и поровые каналы. Использование капиллярных явлений взаимосвязанных пор как между частицами покрытий, так и внутри частиц ГА, позволяет производить их наноструктурирование путем импрегнирования суспензиями на основе наноструктурных материалов. Нами разработано два способа введения нанокристаллического порошка бемита в плазмонапыленные покрытия из ГА. В одном из них частицы  $\text{AlO}(\text{OH})$  вводятся методом импрегнирования непосредственно в плазмонапыленное покрытие, в другом – в частицы ГА перед напылением.

В качестве подложки для электроплазменного напыления покрытий использовали титан марки ВТ1-0.

Первый метод заключается в импрегнировании сформированных ГА покрытий погружением в суспензии на основе бемита и дистиллированной воды (образец 1.1), бемита и 5 % раствора ПЭГ-400 (образцы 1.2, 1.3). Образец 1.3 подвергали УЗ обработке в течение 2 минут.

Во втором способе полученные суспензии добавляли в порошок ГА перед напылением и тщательно перемешивали (образцы 2.1, 2.2). Образец 2.2 подвергали ультразвуковой обработке в течение 2 минут. Полученные две суспензии на основе порошка ГА сушили на воздухе в течение суток, после чего в муфельной

печи при температуре 200 °С в течение 1 часа. Полученные порошки использовали для формирования электроплазменных покрытий.

Был выполнен лазерный микроспектральный анализ с поверхности покрытий, импрегнированных двумя способами (Рисунок 1).

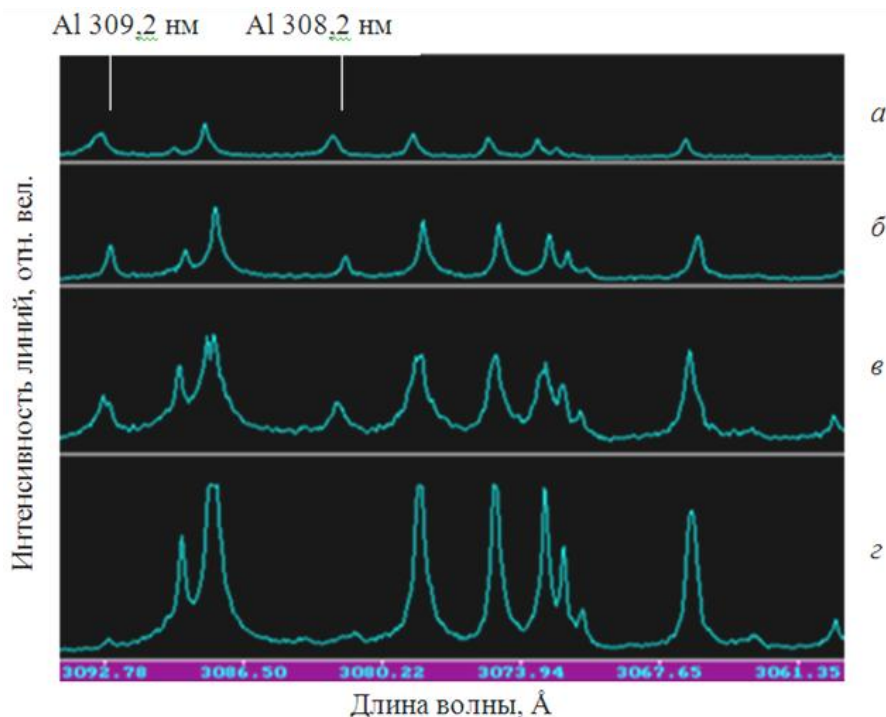


Рис.1. Спектр лазерного микроспектрального анализа покрытия ГА на титановом подслое, насыщенного бемитом: а – импрегнирование суспензией бемита в дистиллированной воде; б – импрегнирование суспензией бемита в 5% растворе ПЭГ в дистиллированной воде; в – импрегнирование в ультразвуковой ванне и суспензии бемита в 5% растворе ПЭГ в дистиллированной воде; г – спектр титана

Характер распределения линий отражения идентичен. В спектрах обнаружены линии Al, что свидетельствует о наличии бемита. При этом в покрытиях, импрегнированных с использованием УЗ и ПЭГ присутствуют линии Ti от подложки из титанового порошка, которые наиболее интенсивны при воздействии УЗ (Рисунок 1). Это может быть связано с более равномерным распределением частиц бемита в покрытии и появлением открытых поровых каналов, наличие которых необходимо в биосовместимом покрытии.

Распределение бемита по толщине покрытия, согласно результатам лазерного микроспектрального анализа, приведенного в работе [2], более равномерно при электроплазменном напылении покрытия из предварительно импрегнированных частиц порошка ГА (второй метод).

В Табл.1 показано, что модифицирование структуры покрытия наночастицами бемита приводит к повышению адгезии.

Таблица 1

Адгезия плазмонапыленных ГА покрытий из порошков ГА, модифицированных AlO(OH) перед напылением

Объект пропитки	Пропитывающее вещество	Обработка УЗ (2 мин) при пропитке	Прочность на сдвиг, $\sigma_{сд}$ , МПа
ГА (40-90 мкм)	без обработки	–	8,4
ГА порошок	Суспензия AlO(OH) в H <sub>2</sub> O <sub>дист</sub>	–	16,8
	Суспензия AlO(OH) в 5% растворе ПЭГ-400 в H <sub>2</sub> O <sub>дист</sub>	–	17,1
		+	17,6

Показано, что использование капиллярных явлений взаимосвязанных пор частиц ГА и сформированных электроплазменных покрытий позволяет производить их наноструктурирование путем импрегнирования суспензиями на основе наноструктурных материалов. Процесс импрегнирования целесообразно проводить с использованием ПАВ ПЭГ-400 и ультразвуковой обработки.

Установлено, что введение в поры и поровые каналы порошка ГА наноструктурного бемита в виде суспензий на его основе с добавками ПАВ и УЗ-обработкой способствует наилучшему наноструктурированию плазмонапыленных керамических покрытий с увеличением адгезии более чем в 2 раза.

#### Список литературы

1. LeGeros R. Z. Properties of Osteoconductive Biomaterials: Calcium Phosphates // Clinical Orthopaedics and Related Research.– 2002.– V.395.–P.81-98.
2. Melnikova I. P., Lyasnikova A. V., Lyasnikov V. N. Physical Bases of Formation of Nanostructured Biocompatible Coatings on Medical Implants // Russian Physics Journal. 2014. Vol. 56. №10. P. 1190-1197.
3. Muralithran G., Ramesh S. The effects of sintering temperature on the properties of hydroxyapatite // Ceramics Int.– 2000.– V.26.– P.221-230.
4. Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 192с.
5. Галиновский А.Л., Муляр С.Г., Судник Л.В. // Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2013. – №11(644). С. 64-69.
6. Карпов А. В. Системы внешней фиксации и регуляторные механизмы оптимальной биомеханики / А. В. Карпов, В. П. Шахов. Томск: СТГ, 2001, 480 с.
7. Лясникова А.В. Стоматологические имплантаты. Исследование, разработка, производство и клиническое применение / А.В. Лясникова, А.В. Лепилин, Н.В. Бекренев, Д.С. Дмитриенко. Саратов: СГТУ, 2006. – 254 с.
8. Лясникова А. В. Теоретические исследования физико-химических процессов формирования и функционирования серебросодержащих наноструктурированных покрытий / А. В. Лясникова // Вестник СГТУ, 2009. № 2 (38). С. 80-86.
9. Пат. RU 2424825 С2 от 10.01.2011г.
10. Пат. RU 2424825 С2 Гелеобразное покрытие из эластичного пенополиуретана для закрытия ран различной этиологии / Литинский М. А., Куранов А. А., Мальков А. В., Афонин А. В., заявл. 02.07.2009г., опубл. 10.01.2011г.
11. Ходоренко В.Н. Биосовместимые пористые проницаемые материалы / В.Н. Ходоренко, Ю.Ф. Ясенчук, В.Э. Гюнтер // Биосовместимые материалы и имплантаты с памятью формы. – Томск, 2001. – С. 9.

## СЕКЦИЯ №20.

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)

#### МАССОВАЯ ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ КОНТЕЙНЕРА

Замкова Л.И.

ЮФУ, РФ, г.Таганрог

Формализация практических оптимизационных задач позволяет применять для их решения существующие методы оптимизации. Формализация практической задачи загрузки контейнера даёт возможность вычислять её оптимальное решение известными методами. Оптимальное решение задачи загрузки контейнера определяет наиболее рациональное вложение финансов и использование материальных ресурсов.

В связи с этим рассмотрим задачу оптимальной загрузки контейнера. На складе имеется множество предметов, которые необходимо поместить в контейнер. Ёмкость контейнера ограничена и равна  $D$ . Для каждого предмета известен вес  $r_i$  и  $S_i$  – стоимость. Кроме того для предметов одного веса задано их количество, объем партии. Необходимо выбрать из исходного множества те предметы, которые можно загрузить по суммарному весу в контейнер. При этом максимизировать оплату за погрузку этих предметов. Если



существуют наборы предметов, которые можно поместить по весу в контейнер, дающие максимальную оплату за погрузку, то выбрать набор минимальный по весу. Сформулируем математическую постановку данной задачи (1):

$$L(y) = \sum_{j=1}^n \left( \sum_{i=m_{j-1}+1}^{m_j} s_i \cdot y_i \right) \rightarrow \max$$

$$R(y) = \sum_{j=1}^n \left( \sum_{i=m_{j-1}+1}^{m_j} r_i \cdot y_i \right) \rightarrow \min \quad (1)$$

$$R(y) \leq D$$

$$y_i \in \{0,1\}, \quad i = 1,2,\dots, \sum_{k=1}^n p_k$$

$$M = \{m_0, m_1, m_2, \dots, m_n\}, \text{ где } m_0 = p_0 = 0, m_1 = \sum_{k=0}^1 p_k, m_2 = \sum_{k=0}^2 p_k, \dots, m_n = \sum_{k=0}^n p_k.$$

В постановке (1) используются следующие обозначения:  $n$  – количество партий предметов;  $p_i$  – объём  $i$ -ой партии  $i = 1,2,\dots,n$ ;  $s_i$  – стоимость предмета из  $i$ -ой партии  $i = 1,2,\dots,n$ ;  $r_i$  – вес предмета из  $i$ -ой партии  $i = 1,2,\dots,n$ . Рассмотрим конкретную задачу оптимальной загрузки контейнера. Для этого подставим в формулы (1) значения данных из Табл.1.

Таблица 1

Вес предмета	Объём партии	Оплата за погрузку предмета
100	8	40
15	3	32
18	4	20
26	10	50
90	12	40

Для заданных значений  $p_0 = 0, p_1 = 8, p_2 = 3, p_3 = 4, p_4 = 10, p_5 = 12$  рассчитаем по

формулам (1) значения элементов множества  $M$  –  $m_0 = p_0 = 0, m_1 = p_0 + p_1 = 8,$

$$m_2 = p_0 + p_1 + p_2 = 11, m_3 = p_0 + p_1 + p_2 + p_3 = 15,$$

$$m_4 = p_0 + p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 25, m_5 = p_0 + p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 = 37.$$

Подставив эти данные в формулу для расчёта критерия  $L$ , получаем выражение (2):

$$L(y) = \sum_{i=m_0+1}^{m_1} l_i \cdot y_i + \sum_{i=m_1+1}^{m_2} l_i \cdot y_i + \sum_{i=m_2+1}^{m_3} l_i \cdot y_i + \sum_{i=m_3+1}^{m_4} l_i \cdot y_i + \sum_{i=m_4+1}^{m_5} l_i \cdot y_i = \quad (2)$$

$$= \sum_{i=1}^8 40 \cdot y_i + \sum_{i=9}^{11} 32 \cdot y_i + \sum_{i=12}^{15} 20 \cdot y_i + \sum_{i=16}^{25} 50 \cdot y_i + \sum_{i=26}^{37} 40 \cdot y_i$$

Аналогично получаем выражение для критерия  $R$ . Таким образом, имеем формулировку конкретной задачи оптимальной загрузки контейнера (3):

$$L(y) = \sum_{i=1}^8 40 \cdot y_i + \sum_{i=9}^{11} 32 \cdot y_i + \sum_{i=12}^{15} 20 \cdot y_i + \sum_{i=16}^{25} 50 \cdot y_i + \sum_{i=26}^{37} 40 \cdot y_i \rightarrow \max$$

$$R(y) = \sum_{i=1}^8 100 \cdot y_i + \sum_{i=9}^{11} 15 \cdot y_i + \sum_{i=12}^{15} 18 \cdot y_i + \sum_{i=16}^{25} 26 \cdot y_i + \sum_{i=26}^{37} 90 \cdot y_i \rightarrow \min \quad (3)$$

$$R(y) \leq 1100$$

$$y_i \in \{0,1\} \quad i = 1,2,\dots,37$$

Задача (3) решалась с помощью программы на основе метода двойной оптимизации. Эта программа разработана в работе [1]. Результат работы программы применительно к рассматриваемой задаче – это вектор  $y = (y_1, y_2, \dots, y_{37})$ , который имеет значения координат  $y_1 = 0, \dots, y_8 = 0, y_9 = 1, \dots, y_{25} = 1, y_{26} = 0, y_{27} = 0, y_{28} = 0, y_{29} = 0, y_{30} = 1, \dots, y_{37} = 1$ . Вектор  $y$  описывает решение задачи (3), представленное в Табл.2.

Таблица 2

Вес предмета	Объём партии	Оплата за погрузку предмета
100	0	40
15	3	32
18	4	20
26	10	50
90	8	40

Таким образом, сформулирована математическая задача оптимальной загрузки контейнера, решение которой позволяет оптимально расходовать финансовые и материальные ресурсы.

#### Список литературы

1. Замкова Л.И. Разработка и исследование метода решения двухкритериальной задачи о рюкзаке применительно к распределению информационных и материальных ресурсов/ Л.И. Замкова., –Таганрог, 2011. – 119 с.

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТЕГОКОНТЕЙНЕРА В КОДОВЫХ ГРУППАХ КОДЕКА РИДА-МАЛЛЕРА МОДЕМА РАДИОСИГНАЛИЗАЦИИ

**Корниенко В.Т.**

ИРТСиУ ЮФУ, РФ, г.Таганрог

Системы радиосигнализации предназначены для охраны и мониторинга удаленных объектов с передачей информации по радиоканалу. Среди требований, предъявляемых к оборудованию систем радиосигнализации – способность безотказной работы в условиях воздействия помех на предельных дальностях связи, аутентификация абонентов сети связи и пр. Проблему аутентификации предлагается решить с использованием методов стеганографии, а помехоустойчивость работы обеспечить за счет применения кода Рида–Маллера, в итоге совместив две задачи в одном решении.

Известные методы сетевой стеганографии [1] основаны на изменениях данных в полях заголовков сетевых протоколов и в полях полезной нагрузки пакетов. В работе предлагается реализовать стегоконтейнер в кодовых группах кодека Рида–Маллера, осуществив гибридный метод стеганографии.

Рассмотренный ранее вариант построения кодека Рида–Маллера первого порядка на основе использования каскадного кода позволяет кодировать и декодировать 3-х байтные блоки данных пакетов с высокой корректирующей способностью при распараллеливании на 5 каналов с использованием кода  $R(1, 4)$  и достичь по сравнению с аналогом коэффициентов выигрыша в кодовой скорости в 1,6 раза и по вероятности ошибки – в 1,17 раза [2]. Высокая корректирующая способность используемого кода достигается увеличением избыточности, а

поскольку присутствует избыточность, то можно организовать скрытый канал в открытом канале закодированной информации.

Предлагаемый гибридный метод формирования стегоконтейнера содержит две части: первая часть использует поле полезной нагрузки пакета, а вторая – биты кодограмм. При кодировании блоков данных по 3 байта кодом Рида–Маллера первого порядка осуществляется распараллеливание на 6 каналов по  $n_u = 5$  бит с формированием 6 кодовых групп по 16 бит. Из каждого байта информации кодируется по 5 информационных бит, а последние 3 информационных бита дополняются двумя битами скрываемой информации, как показано на Рисунке 1.

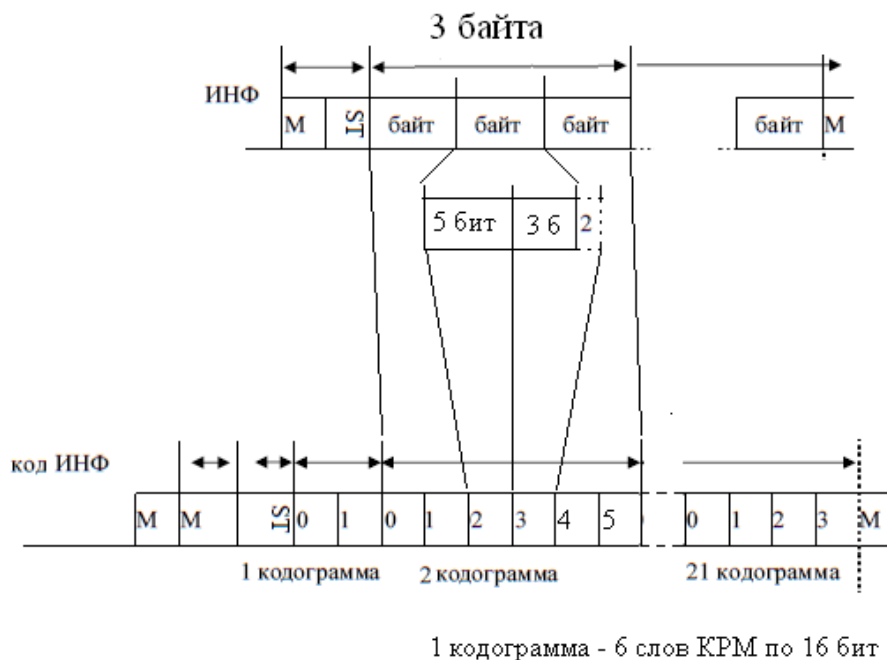
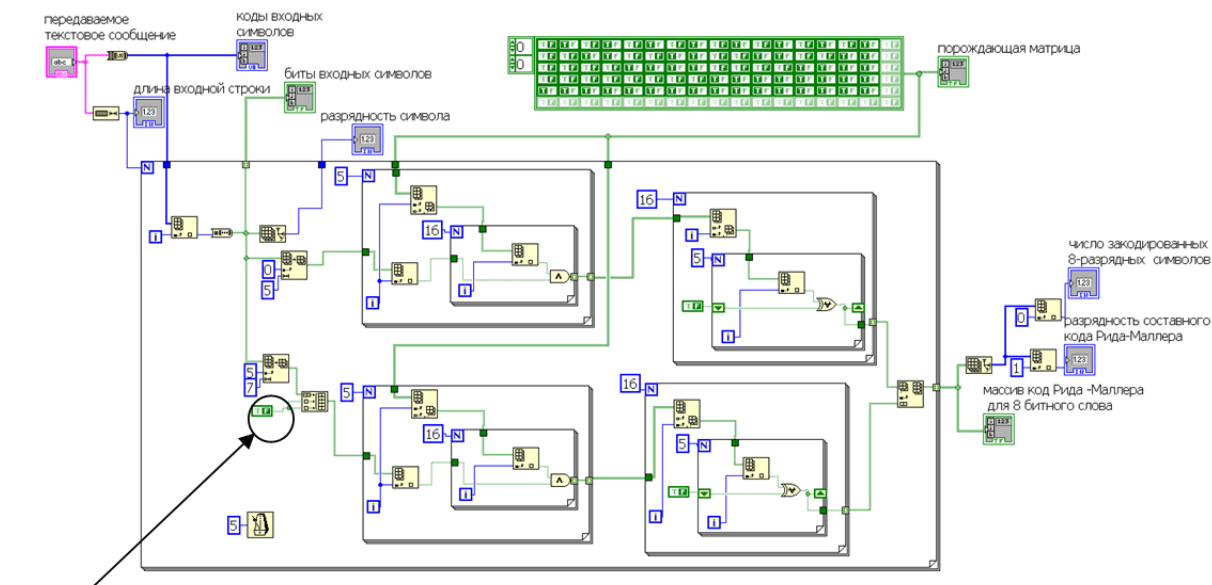


Рис. 1. Принцип формирования избыточных бит при кодировании 3-байтного блока данных

В таком случае в каждом 3-х байтном блоке данных передается дополнительно 6 бит скрываемой информации, т.е. пропускная способность стегоканала второй части стегоконтейнера, использующей избыточные биты кодограмм, составит 6 бит/такт [3]. При использовании метода наименьшего значащего бита первая часть стегоконтейнера, использующая поле полезной нагрузки пакета, дополнительно позволяет скрыть 3 бита/такт, таким образом суммарная пропускная способность стегоканала составит 9 бит/такт. Закодированные данные формируются в кодограммы. В первом кодовом слове передается количество информационных байт в пакете, а затем идут кодовые слова данных. Если максимальная длина пакета составляет 64 байта, то в процессе кодирования первого байта формируется одна кодограмма, содержащая информацию о количестве информационных байт в пакете, а последующих блоков по 3 байта – до 21 кодограммы, которые содержат полезную нагрузку. Первая кодограмма включает два кодовых 16-разрядных слова, а каждая кодограмма полезной нагрузки – 6 кодовых 16-разрядных слов Рида–Малера.

Поскольку первый байт, содержащий информацию о количестве информационных байт в пакете при размере пакета от 4 до 64 байт имеет избыточных от 6 до 2 бит соответственно, то общее количество скрываемой информации в кодограммах закодированного пакета при его размере от 4 до 64 байт составит от  $6+6+3=15$  до  $2+6\cdot 21+3\cdot 21=191$  бит. Следовательно, пропускная способность рассматриваемого стегоканала составит от 15 до 191 бит/пакет.

Применяя технологию создания виртуальных приборов LabVIEW [3,4] в качестве примера рассмотрим эксперимент кодера Рида–Маллера. Скрываемое сообщение внедряется в два формируемых избыточных бита для каждого байта полезной нагрузки пакета, как показано на Рисунке 2.



### вставка двух бит скрываемой информации

Рис.2. Фрагмент диаграммной панели виртуального прибора кодера Рида-Маллера для кодирования текстового потока данных и внедрения двух бит скрываемой информации

Например, если в качестве контейнера будет выступать статическое изображение, а скрываемое сообщение – текстовое сообщение, то вариант формирования первой части стегоконтейнера, использующего поле полезной нагрузки пакета, представлен в виде фрагмента диаграммной панели виртуального прибора LabVIEW, изображенной на Рисунок 3.

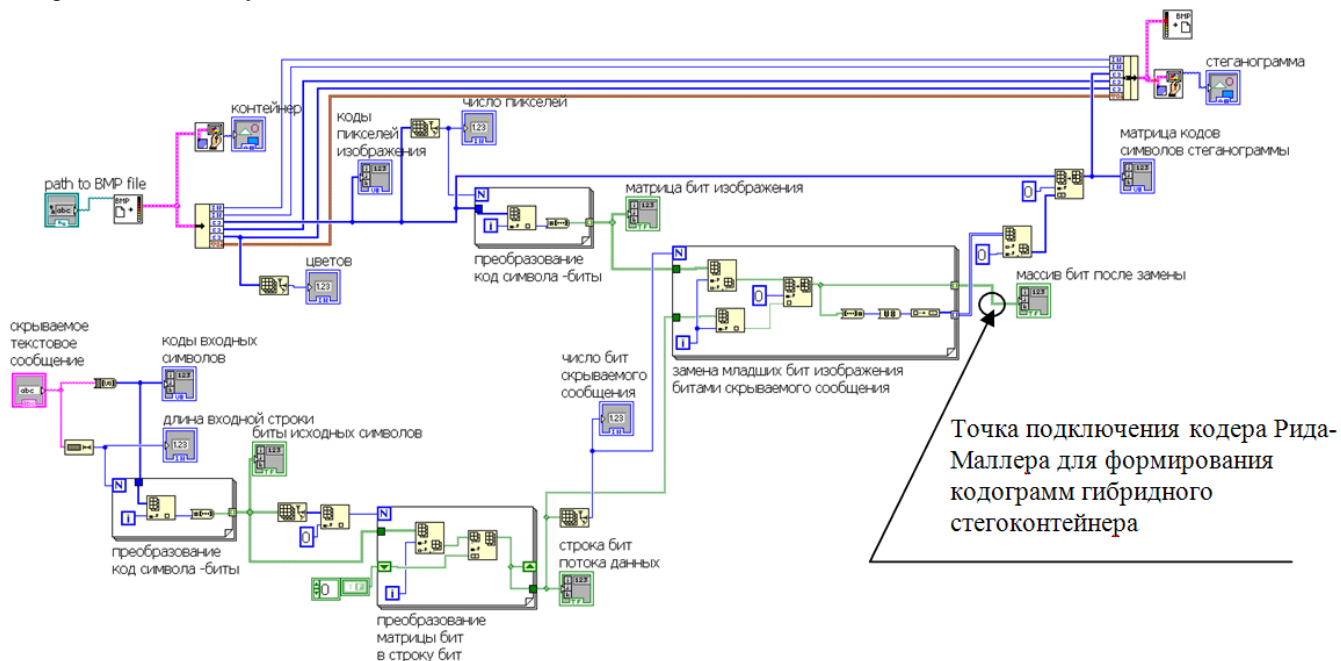


Рис.3. Фрагмент диаграммной панели виртуального прибора формирования стегоканала для метода наименьшего значащего бита полей полезной нагрузки пакетов и точкой подключения кодера для формирования кодограмм гибридного стегоконтейнера

В итоге, пользуясь возможностями LabVIEW, созданы библиотечные модули – вложенные виртуальные приборы кодера и декодера Рида-Маллера первого порядка со стегоконтейнером, позволяющие с распараллеливанием операции кодирования/декодирования на 6 каналов осуществлять декодирование кодовых слов с исправлением вектора ошибки и извлечением стеганограммы из декодированной информации.

Таким образом, получены следующие результаты:

1. предложен гибридный метод для организации стегоконтейнера в помехоустойчивом кодеке Рида-Маллера с достижением пропускной способности стегоканала при передаче пакетов длиной от 4 до 64 байт соответственно от 15 до 191 бит/пакет;

2. созданы библиотечные модули виртуальных приборов LabVIEW кодера и декодера Рида-Маллера с организацией стегоконтейнера в кодограммах для построения помехоустойчивых систем передачи данных.

#### **Список литературы**

1. Пескова О.Ю., Халабурда Ю. Г. Применение сетевой стеганографии для скрытия данных, передаваемых по каналам связи. // Известия ЮФУ. Технические науки. Ростов-на-Дону, № 12, том 137, 2012. – С.167-176.
2. Корниенко В.Т. Мажоритарный декодер Рида-Маллера модема радиосигнализации // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы науки и техники». – Самара, 2015. – С.191-194.
3. Корниенко В.Т. Формирование стеганограммы в помехоустойчивом канальном кодеке Рида-Маллера // Научно-практический журнал «Информационное противодействие угрозам терроризма»: Материалы XIV Международной научно-практической конференции «Информационная безопасность-2015» . – Таганрог, 2015, №24, с.154-158.
4. Корниенко В.Т. Повышение эффективности передачи данных в системах с интерфейсом Wiegand // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции «Технические науки в мире: от теории к практике». – Ростов-на-Дону, 2014. – С.67-69.

#### **СЕКЦИЯ №21.**

#### **МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08)**

## ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2015 ГОД

### Январь 2015г.

II Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием «**Актуальные вопросы технических наук в современных условиях**», г.Санкт-Петербург

Прием статей для публикации: до 1 января 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 февраля 2015г.

### Февраль 2015г.

II Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием «**Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом**», г.Новосибирск

Прием статей для публикации: до 1 февраля 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 марта 2015г.

### Март 2015г.

II Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием «**Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения**», г.Екатеринбург

Прием статей для публикации: до 1 марта 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 апреля 2015г.

### Апрель 2015г.

II Международная межвузовская научно-практическая конференция «**Актуальные вопросы науки и техники**», г.Самара

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 мая 2015г.

### Май 2015г.

II Международная научно-практическая конференция «**Проблемы и достижения в науке и технике**», г.Омск

Прием статей для публикации: до 1 мая 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июня 2015г.

### Июнь 2015г.

II Международная научно-практическая конференция «**Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем**», г.Казань

Прием статей для публикации: до 1 июня 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июля 2015г.

### Июль 2015г.

II Международная научно-практическая конференция «**Перспективы развития технических наук**», г.Челябинск

Прием статей для публикации: до 1 июля 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 августа 2015г.

### Август 2015г.

II Международная научно-практическая конференция «**Технические науки в мире: от теории к практике**», г.Ростов-на-Дону

Прием статей для публикации: до 1 августа 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 сентября 2015г.

### Сентябрь 2015г.

II Международная научно-практическая конференция «**Современный взгляд на проблемы технических наук**», г.Уфа

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 октября 2015г.

### Октябрь 2015г.

II Международная научно-практическая конференция «**Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития**», г.Волгоград

Прием статей для публикации: до 1 октября 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 ноября 2015г.

**Ноябрь 2015г.**

II Международная научно-практическая конференция «**Новые технологии и проблемы технических наук**»,  
**г.Красноярск**

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 декабря 2015г.

**Декабрь 2015г.**

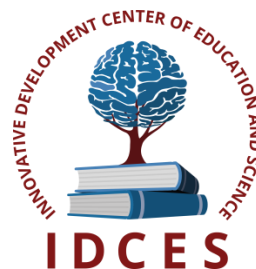
II Международная научно-практическая конференция «**Развитие технических наук в современном мире**»,  
**г.Воронеж**

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 января 2016г.

**С более подробной информацией о международных научно-практических конференциях можно ознакомиться на официальном сайте Инновационного центра развития образования и науки [www.izron.ru](http://www.izron.ru) (раздел «Технические науки»).**

**ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**  
**INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE**



## **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ В МИРЕ: ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ**

### **Выпуск II**

**Сборник научных трудов по итогам  
международной научно-практической конференции  
(10 августа 2015г.)**

**г. Ростов-на-Дону  
2015 г.**

Печатается в авторской редакции  
Компьютерная верстка авторская

Подписано в печать 11.08.2015.  
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 7,9.  
Тираж 250 экз. Заказ № 277.

Отпечатано по заказу ИЦРОН в ООО «Ареал»  
603000, г. Нижний Новгород, ул. Студеная, д. 58