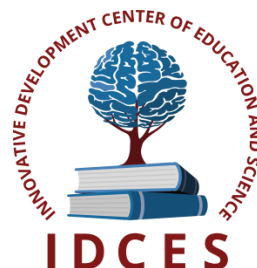


**ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**  
**INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE**



**Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и  
новые решения**

**Выпуск III**

**Сборник научных трудов по итогам  
международной научно-практической конференции  
(10 марта 2016г.)**

**г. Екатеринбург  
2016 г.**

Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения, / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 3. г.Екатеринбург, 2016. 139 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 III Международной научно-практической конференции **«Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения» (г.Екатеринбург)** 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>
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЯ РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ ГЛАЗА	
Сытченко Д.Ю., Керекеша Ю.В., Ханыков А.Е. ....	6
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕШЕНИЙ SCHNEIDER ELECTRIC ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ И НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ	
Киреев М.С. ....	9
ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОБЛАЧНОЙ ПЛАТФОРМЫ	
Мишин Я.Д., Ельцова Н.С., Мишин Д.С. ....	11
ФУНКЦИИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СУДЕБНОЙ ПСИХИАТРИИ	
Перфильев В.А., Громов Ю.Ю., Гажа А.К., Баранов А.Ю. ....	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>
ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗМЕРНОЙ ТОЧНОСТИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ПЛОСКОСТЕЙ НА ОТДЕЛОЧНЫХ СТАДИЯХ ОБРАБОТКИ	
Поляков А.Н., Каменев С.В. ....	15
ПЕРЕТОЧКА ФАСОННЫХ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ С ВИНТОВЫМИ ЗУБЬЯМИ	
Истоцкий В.В., Протасьев В.Б. ....	18
ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛООБМЕНА В ШИБЕРНОМ ЗАТВОРЕ	
Жилин Д.И., Проскуряков Н.Е., Провоторов Д.А. ....	21
РАЗРАБОТКА СТАНКА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ТИПА	
Бондаренко Ю.А., Федоренко М.А. ....	25
ФРЕЗЕРОВАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ	
Карпов Ю.В., Марголит Р.Б. ....	27
<b>СЕКЦИЯ №5.</b>	
<b>ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00) .....</b>	<b>31</b>
АВТОНОМНОЕ ПИТАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В СИСТЕМАХ ОРОШЕНИЯ	
Андреев С.А., Матвеев А.И. ....	31
АККУМУЛИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОННО-ЕМКОСТНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ	
Каганов В.И. ....	35
МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ПРОЖЕКТОРА С БОЛЕЕ ВЫСОКОЙ ЭКОНОМИЧНОСТЬЮ	
Березин В.В., Акбиров З.Р., Смолкин Р., Байгалиев Б.Е. ....	38
О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ	
Халилова А.Х. ....	41
<b>СЕКЦИЯ №6.</b>	
<b>ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00) .....</b>	<b>42</b>
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ IDEF3 ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ БУРЕНИЯ	
Каюмов Э.Ф., Исмаков Р.А., Кирюшин О.В. ....	42

<b>СЕКЦИЯ №7.</b>	
<b>МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00) .....</b>	<b>44</b>
ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УДАЛЕНИЯ СВИНЦА ИЗ ОТХОДОВ КАБЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
Нурмагомедов Т.Н., Задиранов А.Н. ....	44
КОЭФФИЦИЕНТ ПРУЖИНЕНИЯ ПРИ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОМ ИЗГИБЕ КРУГЛОГО БРУСА	
Шинкин В.Н. ....	49
ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ КРУГЛОГО БРУСА ПРИ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОМ ИЗГИБЕ	
Шинкин В.Н. ....	56
<b>СЕКЦИЯ №8.</b>	
<b>ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00) .....</b>	<b>63</b>
ПУТИ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЦЕПНОГО ВЕСА В ХОДОВОЙ СИСТЕМЕ КОЛЁСНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА	
Кузнецов Е.Е., Кузнецов К.Е., Поликутина Е.С., Храмов А.А. ....	63
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ РАБОТЫ АВТОПАРКА	
Царицинский А.Г., Мукаев В.Н. ....	66
<b>СЕКЦИЯ №9.</b>	
<b>АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10).....</b>	<b>70</b>
<b>СЕКЦИЯ №10.</b>	
<b>СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00) .....</b>	<b>70</b>
ВИТРАЖНОЕ ОСТЕКЛЕНИЕ И СПОСОБЫ ЕГО УСТАНОВКИ	
Гаджиева Т.Н., Ковтун А.В. ....	70
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СУХОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ СМЕСИ ДЛЯ ШПАКЛЕВОЧНЫХ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДОЛОМИТА	
Ломакина Л.Н., Гараньков И.Н., Хабабутдинова Н.Б., Никитин И.С. ....	73
НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИКИ В ЮЖНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ	
Загуляев Д.С., Кашников В.А., Рьжкин И.А., Чернышов К.Ю. ....	76
ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНИРОВАНИЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД	
Никонова И.О., Прокопьева А.Ю. ....	79
ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	
Ковалева Н.В., Петров А.Н., Петрова М.Н. ....	81
ПРОЕКТ СТРОИТЕЛЬСТВА НОВОЙ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ БАШНИ В Г.ВОЛГОГРАДЕ	
Весова Л.М., Зацаринная Д.Д. ....	83
РЕНОВАЦИЯ ЭЛЕВАТОРА В ГОРОДЕ БАРНАУЛЕ	
Высочкина Т.В., Сидоров В.А. ....	89
УТОЧНЕНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	
Рыков А.В., Боровиков А.П. ....	92
<b>СЕКЦИЯ №11.</b>	
<b>ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00) .....</b>	<b>95</b>
ЦИКЛИРОВАНИЕ МАТРИЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ НА СВИНЦОВОЙ ОСНОВЕ В НИТРАТНОМ И АЦЕТАТНОМ АПРОТОННОМ РАСТВОРАХ СОЛИ КАЛЬЦИЯ	
Щербинина О.Н., Закирова С.М., Мурзагалиев А.Н. ....	95
УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ КАТАЛИЗАТОРА В ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛОРИСТОГО ВИНИЛА	
Павлова С.В., Курчевенко А.В. ....	97
<b>СЕКЦИЯ №12.</b>	
<b>ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00) .....</b>	<b>98</b>
МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЛКАЛОИДОВ ЛЮПИНА	
Панкина И.А., Борисова Л.М. ....	98
СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОПТИМИЗАЦИЯ ДНЕВНОГО РАЦИОНА И МЕНЮ ТОРГОВЫХ ТОЧЕК ФАСТ-ФУДА С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ЗДОРОВЫМ ПИТАНИЕМ	
Беляева М.А., Седенков П.А. ....	101

<b>СЕКЦИЯ №13.</b>	
<b>ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ</b>	
<b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)</b> .....	<b>104</b>
К ПРОБЛЕМЕ ФОРМОУСТОЙЧИВОСТИ ОДЕЖДЫ ИЗ ВОЙЛОЧНЫХ ПОЛОТЕН	
Диева О.Н. ....	104
ФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕЛА И МОДЕЛИРОВАНИЕ ФРИКЦИОННО - КОГЕЗИОННОГО	
СКОЛЬЖЕНИЯ	
Заднепровский Р.П. ....	106
<b>СЕКЦИЯ №14.</b>	
<b>ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00) .....</b>	
<b>НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ЭКОЛОГИИ</b>	
Шпаков А.А. ....	110
<b>СЕКЦИЯ №15.</b>	
<b>ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00).....</b>	
<b>ОГРАНИЧЕНИЕ ТОКА ПРИ ОДНОФАЗНОМ ЗАМЫКАНИИ НА ЗЕМЛЮ</b>	
Кувшинов Г.Е., Скобелев Д.П. ....	111
СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА	
Красковский М.В., Кувшинов Г.Е. ....	115
<b>СЕКЦИЯ №16.</b>	
<b>БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ,</b>	
<b>ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00) .....</b>	
<b>ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ОАО «ОРЕНБУРГСКИЙ</b>	
<b>КОМБИКОРМОВЫЙ ЗАВОД»</b>	
Шулаев С.В., Степанова И.А. ....	119
<b>СЕКЦИЯ №17.</b>	
<b>ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ</b>	
<b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)</b> .....	<b>122</b>
<b>СЕКЦИЯ №18.</b>	
<b>ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ</b>	
<b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23) .....</b>	<b>122</b>
ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕМ НА	
ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	
Мельник В.В., Карпенко М.С. ....	122
ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ИНЖИНИРИНГА ТРЕБОВАНИЙ К АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ СИСТЕМАМ	
Зимица Е.Ю. ....	126
<b>СЕКЦИЯ №19.</b>	
<b>НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08) .....</b>	
<b>129</b>	
<b>СЕКЦИЯ №20.</b>	
<b>ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05) .....</b>	
<b>129</b>	
ОПТИМИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОМПАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ	
ПРИНЦИПА ЗАХМАНА И ПУТЕМ ПОСТРОЕНИЯ ЕЕ АРХИТЕКТУРЫ	
Беляева М.А., Таненкова А.А., Игнатъева Е.В. ....	129
РАБОТА И РАЗВИТИЕ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	
Альбекова З.М., Калашник Н.А., Кирпиченко В.А., Шадъжев Б.М., Калиматов З. ....	133
РАЗВИТИЕ МЕТОДА МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК	
ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИС	
Кириленко Д.А., Кириленко А.М. ....	135
<b>СЕКЦИЯ №21.</b>	
<b>МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08) .....</b>	
<b>136</b>	
<b>ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2016 ГОД .....</b>	
<b>137</b>	

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

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

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ  
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЯ РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ ГЛАЗА**

**Сытченко Д.Ю., Керекеша Ю.В., Ханыков А.Е.**

Юго-Западный государственный университет (ЮЗГУ), РФ, г.Курск

Рассматриваются методы анализа изображения радужной оболочки человеческого глаза, классификации выделенных патологических объектов и принятия диагностических решений на основе использования нейронных сетей с макрослоями.

Ключевые слова: сегментация изображения, патологические объекты, радужка глаза, выделение связанных областей, нейронные сети с макрослоями, яркость пикселя, принятие решений.

**INTELLIGENT SUPPORT SYSTEM OF MAKING DIAGNOSTIC DECISIONS  
BASED ON IRIS IMAGE ANALYSIS**

The article considers image of human's iris analysis methods, allocated abnormal objects classification methods and making decisions methods based on macrolayer neural networks.

Key words: image segmentation, abnormal object, iridial part of retina, allocation of connected domains, macrolayer neural networks, pixel brightness, making decisions.

Разработка методов и алгоритмов автоматизированной идентификации патологических структур, в частности методов, основанных на применении нейронных сетей, позволяющих ускорить процесс диагностики и прогнозирования заболеваний, является актуальной задачей [1,3,4].

Целью данной работы является рассмотрение способов применения нейросетевых моделей для диагностики состояний организма на основе анализа радужной оболочки и зрачка глаза. Сама радужная оболочка имеет сложное строение и связана практически со всеми внутренними органами, таким образом, ее можно рассматривать в качестве своеобразного экрана, на который проецируются все органы и системы человеческого организма [2]. В случае появления в них патологических изменений изображение на радужке также меняется, это проявляется в перераспределении пигмента радужной оболочки (Рисунок 1).

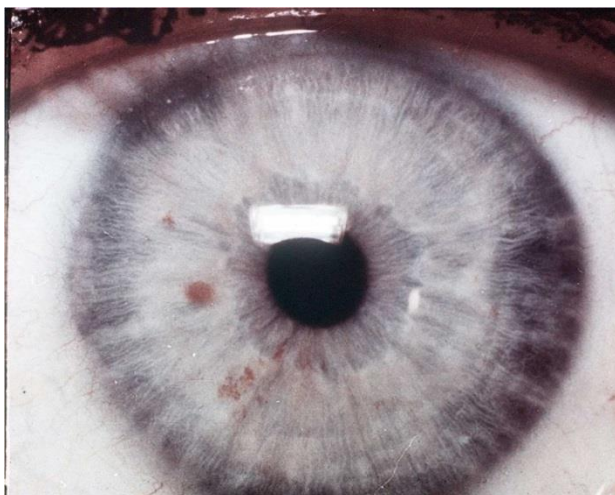


Рис.1. Изображение радужки с патологическими объектами

С целью повышения степени интеллектуализации систем диагностики заболеваний рекомендуется применение гибридных нейронных сетей и сетей с иерархической структурой [3,4]. Это требует формализации процесса описания изображений и выделения морфологических объектов на них, то есть совершенствования методов сегментации изображений со сложной структурой [6, 7, 10].

Для повышения достоверности принятия диагностических решений предполагается анализировать ряд факторов таких как: величина артериального давления; наличие атеросклероза; группа признаков, получаемых в результате опроса пациента и т.д. [5,8].

Таким образом, на входе сетевой модели имеется совокупность групп информативных признаков, которые необходимо анализировать и классифицировать [1,3,4].

Анализ патологических образований на изображении предусматривает два этапа. На первом – выделяются объекты на морфологическом образовании, которые определяют множество анализируемых пикселей. На втором этапе проверяется гипотеза о принадлежности выделенных патологических объектов на изображении к определенному классу. Выдвигаемая гипотеза является двухальтернативной, поэтому принимается бинарное решение: выделенный объект на изображении принадлежит к искомому классу (патологии или морфологическому образованию) или не принадлежит.

Для формализации процесса классификации выделенной патологии необходимо поставить в соответствие вектор информативных признаков, коррелируемый с искомой патологией или морфологическим образованием.

Определив множество векторов информативных признаков, строим классифицирующие модели, позволяющие принять диагностическое решение.

Поэтому при проектировании нейронных сетей для классификации патологических образований использовались нейронные сети с макрослоями (НСМ). В НСМ за каждую патологию  $\ell$ , определяемую по  $k$ -й группе информативных признаков, отвечает нейронная сеть прямого распространения  $NET_{\ell k}$ . Если выделяются  $L$  заболеваний, то для каждой группы информативных признаков  $t_k$  получаем макрослой, содержащий столько нейронных сетей прямого распространения, сколько заболеваний выделяется данной НСМ. Число макрослоев определяется числом групп информативных признаков  $K$ , используемых для диагностики. Так как решения о принадлежности к заданному заболеванию принимаются в каждом из  $K$  слоев НСМ, то НСМ должна иметь  $K+1$  слой. Выходной слой –  $K+1$  слой – предназначен для агрегирования решений, принимаемых в каждом слое, и выполняется в виде макрослоя нейронных сетей прямого распространения.

Структурная схема НСМ, выполняющая указанные функции, представлена на Рисунке 2.

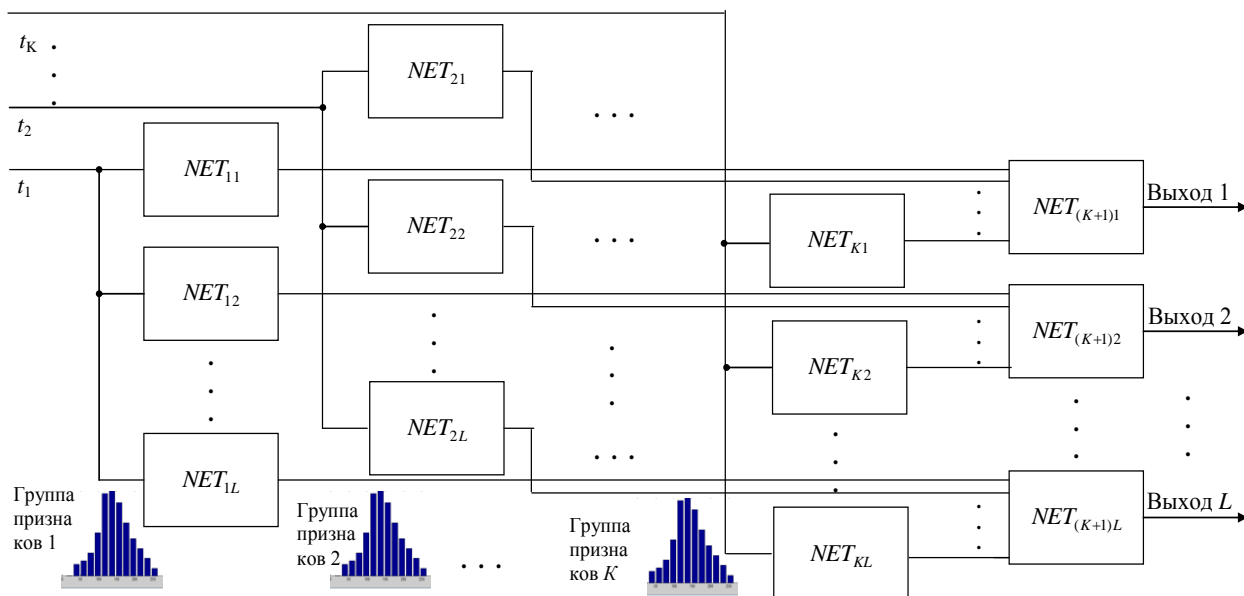


Рис.2. Структурная схема нейронной сети с макрослоями

Каждая нейронная сеть в макрослоях настраивается по алгоритму обратного распространения ошибки. Вначале настраиваются нейронные сети в  $K$  первых слоях. После их настройки осуществляется настройка нейронных сетей выходного слоя.

Нейронные сети в макрослоях построены на основе вероятностных моделей (PNN) блочного типа. Для принятия окончательного решения к вероятностному слою нейронной сети добавляется слой, выполненный по

нечеткой технологии – макрослой FNN. В итоге каждый модуль классификации содержит последовательно соединенные блок PNN и блок FNN, на выходе которого выдается вероятность, по существу, субъективная, принадлежности входного вектора к данному классу.

В качестве примера рассматривается диагностики заболеваний диафрагмы. Принятие диагностических решений наличия этого заболевания осуществлялась на основе результатов, полученных в соответствии с разработанной архитектурой нейронных сетей с макрослоями для классификации патологических образований при сопоставлении с базой ириодиагностических данных [2,5] (Рисунок 3).

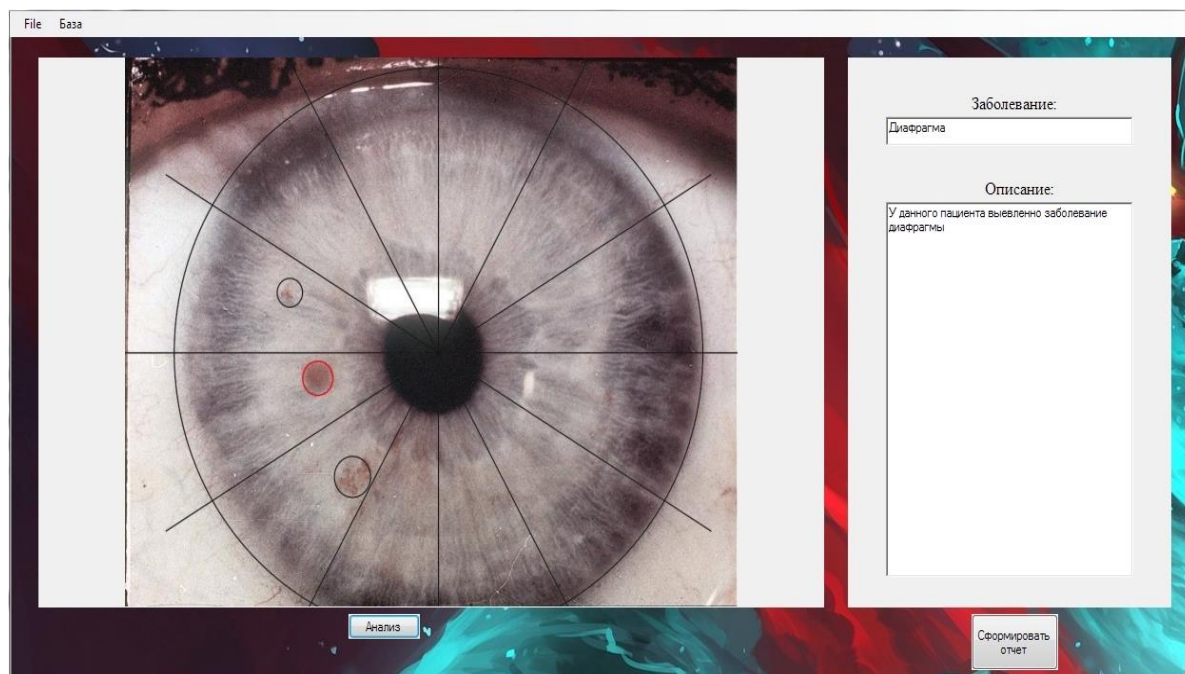


Рис.3. Диагностика заболевания

Оценка эффективности правил прогнозирования возникновения заболевания производилась по показателю оценки вероятности правильной классификации искомого заболевания, вычисляемой через величину частоты, определяемую на контрольной выборке относительно здоровых и больных.

#### Выводы

Разработаны модели нейронных сетей с макрослоями, использующие для диагностических заключений  $K$  групп информативных признаков и включающие  $K+1$  макрослой, предназначенные для дифференциальной диагностики заболеваний и прогнозирования заболеваний на основе анализа и классификации объектов на радужной оболочке глаза.

#### Список литературы

1. Борисовский, С.А. Нейросетевые модели с иерархическим пространством информативных признаков для сегментации плохоструктурированных изображений/С.А. Борисовский, А.Н. Брежнева, Р.А. Томакова//Биомедицинская радиоэлектроника. 2010, – № 2, – С. 49-53.
2. Вельховер Е.С. Ириодиагностика/ Вельховер Е.С., Шульпина Н.Б., Алиева З.А. и др.// Медицина, 1988. – 255с.
3. Томакова, Р.А. Интеллектуальные технологии сегментации и классификации биомедицинских изображений: монография / Р.А. Томакова, С.Г. Емельянов, С.А. Филлист. Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2012. 222с.
4. Томакова, Р.А. Гибридные методы и алгоритмы для интеллектуальных систем классификации сложноструктурируемых изображений: автореф. дис. ...д-ра техн.наук : 05.13.17/Томакова Римма Александровна. – Белгород, 2013. – 42с.
5. Томакова, Р.А. Методы и алгоритмы теории принятия решений: учебное пособие/Р.А. Томакова, В.В. Апальков. – Курск: 2015. -164с.
6. Томакова, Р.А. Нечеткие нейросетевые технологии для выделения сегментов с патологическими образованиями и морфологическими структурами на медицинских изображениях/ Р.А. Томакова, С.А. Филлист, А.А. Насер// Биомедицинская радиоэлектроника. 2012. –№ 4. –С. 53-50.



7. Томакова, Р.А. Способ сегментации плохоструктурированных изображений на основе нечеткой сетевой модели/ Р.А. Томакова//Ученые записки Российского государственного социального университета. 2011. – № 6. –С. 336-341.
8. Томакова, Р.А. Теоретические основы и методы обработки и анализа микроскопических изображений биоматериалов: монография / Р.А. Томакова, С.А. Филист, С.Г. Емельянов. Курск, Юго-Западный государственный университет (ЮЗГУ), 2011. 202с.
9. Томакова, Р.А. Универсальные сетевые модели для задач классификации биомедицинских данных/ Р.А. Томакова, С.А. Филист, Яа Зар До//Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. –№ 4-2(43). –С. 44-50.
10. Фурман, Я.А. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов: монография / Я.А. Фурман, А.В. Кривецкий [и др.]. – М.: Физматлит, 2003. –592 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕШЕНИЙ SCHNEIDER ELECTRIC ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ И НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ

**Киреев М.С.**

технический консультант по решениям в области безопасности технологических процессов, сертифицированный  
TUV Rheinland эксперт по функциональной безопасности. Компания Schneider Electric, г.Москва

Аннотация: в статье обосновывается необходимость повышения эффективности управления безопасностью технологических процессов на предприятиях нефтепереработки и нефтехимии. Анализируются существующие и предлагаются новые решения в области автоматизированных систем управления. Раскрыты проблемы внедрения инноваций в сфере промышленной безопасности и пути их решения.

Ключевые слова: промышленная безопасность, микропроцессорная техника, нефтеперерабатывающая отрасль, управление турбокомпрессорным оборудованием, программируемый логический контроллер, автоматизация, программное обеспечение.

Сегодня стратегическим направлением развития реального сектора экономики России являются процессы, связанные с модернизацией производства и повышением его эффективности, инновационным развитием. Нефтегазовая отрасль - важнейший сектор экономики России, надежное функционирование которой является составляющей безопасности страны в целом. Несмотря на значительное падение мировой цены на нефть, нефтегазовые доходы по-прежнему составляют около половины доходов федерального бюджета за счет девальвации национальной валюты России. Получая значительные нефтегазовые доходы, государство имеет возможность финансировать развитие как экономики, безопасности страны, так и социальное развитие, в т.ч. осуществлять финансовую поддержку сбалансированности пенсионной системы страны (социальные пособия получают порядка 30% населения страны). [4, с.110] В этой связи нефтепереработку и нефтехимию можно назвать отраслями стратегического значения для России.

Отраслевая специфика предопределяет жесткие требования промышленной безопасности к деятельности предприятий нефтепереработки и нефтехимии. Система противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ) объектов добычи, транспортировки, переработки нефти и газа основывается на международных и отечественных стандартах. В настоящее время развитие энергетической отрасли приобретает новый импульс: проводится модернизация эксплуатируемых и строительство новых объектов. Высокие требования предъявляются и к технологическому оборудованию, и к системам автоматизации на базе микропроцессорной техники.

Новые вызовы в области информационных технологий в электроэнергетике (международные санкции в области поставки аппаратно-программных средств для электроэнергетики, международные финансовые санкции в области кредитования и инвестирования и, наконец, проблемы безопасности в области информационных технологий в электроэнергетике) актуализируют решение вопросов развития информационно-измерительных и управляющих систем и телекоммуникаций в энергетической промышленности в условиях импортозамещения. В настоящее время необходимо подвергнуть анализу проблемы российских предприятий, затрудняющие рациональную автоматизацию производства. Важное место в анализе должны занимать вопросы информационной безопасности и кибербезопасности АСУ ТП энергообъектов.

Выбор как аппаратных, так и программных средств для автоматизированных систем управления энергетических объектов обусловлен прежде всего отраслевыми требованиями. Существует огромное количество

технических решений на базе программируемых логических контроллеров (ПЛК). Однако, не все они представляются эффективными.

Подчеркнем, что управление турбокомпрессорным оборудованием является важной частью общей архитектуры автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП), где работы турбинных агрегатов и компрессоров имеют критическое значение. Точность, скорость и качество управления влияют на эффективность и безопасность технологического процесса. Области применения турбокомпрессорного оборудования:

- добыча нефти и газа на шельфе;
- транспортировка;
- производство сжиженного природного газа;
- производство этилена, полипропилена, метанола, аммиака, азотной кислоты;
- установки глубокой переработки нефти (каталитического крекинга, гидроочистки, алкилирования и т.п.);

проч.

Компания Schneider Electric предлагает технические решения для построения интегрированной системы антипомпажного регулирования центробежных и осевых компрессоров и системы противоаварийной защиты на базе ПЛК Triconex (Tricon, Trident, Tri-GP, Tricon CX). ТМС - это аббревиатура слов «Turbomachinery Controls Solutions»- Системы управления турбокомпрессорным оборудованием. Построенные на базе отказоустойчивой архитектуры TMR (Triple Modular Redundancy – тройное модульное резервирование), они обеспечивают высочайший уровень безопасности и надёжности. Контроллеры Tricon/Tricon CX, Trident, Tri-GP имеют сертификаты TUV Rheinland на соответствие уровню полноты безопасности SIL3 согласно стандартам ГОСТ Р МЭК 61508/61511.

Для разработки прикладного ПО таких систем Triconex предлагает специализированные библиотеки FBD (Function Block Diagram - функциональные блочные диаграммы) блоков для решения следующих задач:

1. противопомпажное регулирование и защита, регулирование технологических переменных, распределение нагрузки между компрессорами;
2. управление подачей топлива в газовые турбины;
3. управление частоты вращения паровой турбины, регулирование отбора пара.

В области антипомпажного регулирования компрессоров Triconex не просто использует алгоритм прогнозирования границы помпажа, который не зависит от изменения свойств газа, но и имеет некоторые функции, которые повышают эффективность контроллера, компенсируют отказ КИП, минимизируют возмущения технологического процесса.

Triconex является мировым лидером в области систем противоаварийной защиты и управления турбокомпрессорным оборудованием за счет самой надежной в мире аппаратной платформы с использованием архитектуры TMR. В решениях Triconex используются только самые лучшие алгоритмы и функции управления турбокомпрессорным оборудованием. Подчеркнем, что в подразделении Triconex компании Schneider Electric, г. Москва работают эксперты по средствам управления турбомашинами.

В современных российских условиях, как показывает анализ современного состояния и проблем перехода российской экономики к инновационной модели, статистических данных расходов федерального бюджета на инвестиционные проекты, вопросы импортозамещения в отраслях нефтепереработки и нефтехимии будут продвигаться достаточно сложно. Воплощение перехода к инновационной модели развития экономики России невозможно без сбалансированной и обдуманной экономической политики, проводимой на всех уровнях власти, в том числе за счет бюджетного регулирования, выступающего в качестве катализатора этих процессов. [2, с.179], [6, с.11]

Не вызывает сомнений необходимость активного государственного вмешательства в реализацию целей инновационного развития экономики, применение механизмов государственно-частного партнерства, финансирования венчурных проектов, проч. [3, с.111], [5, с.12] Несомненно, развитие отраслей стратегического значения напрямую связано с развитием научно-технического потенциала России. Таким образом, при адекватном финансировании, стимулировании и поддержке инновационных проектов отечественных разработчиков-ученых финансовыми институтами, нефтяными компаниями и государством возможно создание условий для развития нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности в качестве наукоемких и технологических отраслей России.

#### Список литературы

1. William L. Leffler's. Petroleum Refining. Book, Inc., Portland, OR. – 2013.

2. Киреева Е.В. Финансирование проектов инновационного развития реального сектора российской экономики // В сборнике: News of science Proceedings of materials the international scientific conference. 2015. С. 175-180.
3. Киреева Е.В. Совершенствование инструментов бюджетного регулирования и стимулирования инновационных процессов // Вестник Академии. 2014. № 2. С. 109-113.
4. Киреева Е.В. Тенденции и перспективы развития пенсионной системы России // Вестник РГГУ. Серия: Экономика. Управление. Право. 2014. № 21 (144). С. 108-113.
5. Киреева Е.В. Финансовый механизм государственно-частного партнерства: теория и практика // Вестник Академии. 2013. № 3. С. 9-13.
6. Киреева Е.В. Макроэкономические аспекты реструктуризации собственности в условиях переходной экономики: дисс. ... канд. экон. наук / Волгоград, 1998. 120 с.

## ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ОБЛАЧНОЙ ПЛАТФОРМЫ

<sup>1</sup>Мишин Я.Д., <sup>1</sup>Ельцова Н.С., <sup>2</sup>Мишин Д.С.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет», г.Орел

<sup>2</sup>ОрЮИ МВД России имени В.В. Лукьянова, г.Орел

В современном обществе все большее внимание уделяется обработке больших объемов информации. Каждое предприятие, фирма, а также государственные органы ежедневно сталкиваются с проблемами хранения и обработки данных, предоставления услуг большому числу пользователей, хранению обширных баз данных. Обеспечение циркуляции информации требует не только специального дорогостоящего оборудования, обладающего высокой производительностью, но и существенных затрат на его обслуживание.

Решение этих вопросов предложили ведущие мировые разработчики IT-технологий предоставляющие свои услуги по удаленной обработке информационных массивов посредством облачных платформ. Предлагаемое программное обеспечение и оборудование позволяет сократить затраты и повысить оперативность протекания информационных процессов. К крупнейшим поставщикам облачных технологий относятся такие корпорации, как Google (Google Drive), Microsoft (Microsoft Sky Drive) и Amazon (Amazon Elastic Compute Cloud).

Разработкой и внедрением облачных технологий заинтересованы и в России. Так, на отечественном рынке одним из крупнейших поставщиков «облачных» услуг является ПАО «Ростелеком», на базе телекоммуникационных систем которого разработана и развернута национальная облачная платформа (НОП). Ее создание и внедрение в эксплуатацию позволяет сократить расходы с одновременным повышением информатизации и эффективности деятельности посредством свободного доступа к стандартизированным сервисам. То есть НОП представляет собой совокупность информационных систем, которые используются для предоставления услуг по модели облачных вычислений различным государственным органам, частным предприятиям и физическим лицам.

Современные «облачные» технологии представляют пользователям такие модели услуг, как: аренда приложений (Software as a service (SaaS) – «Программное обеспечение как услуга»), аренда виртуальных мощностей в облаке (Infrastructure as a Service (IaaS) – «Инфраструктура как услуга»), а также аренда платформы для разработчиков (Platform as a Service (PaaS) – «Бизнес-платформа как услуга»). Остановимся подробнее на каждой из предложенных моделей. [1]

Суть аренды приложений (SaaS) заключается в предоставлении доступа к приложениям и специализированным системам, которые работают в облачной инфраструктуре. К приложениям можно отнести различные офисные или бухгалтерские системы, т.е. такие приложения, которые та или иная организация использует в своей деятельности наиболее часто. Специализированные системы включают в себя стандартные системы автоматизации деятельности организации или государственного органа, а также системы, специально разработанные для конкретного потребителя.

Аренда виртуальных мощностей в облаке (IaaS) предоставляет потребителю возможность заказать виртуальный сервер либо с заранее определенными характеристиками, либо с настраиваемыми впоследствии параметрами. Данный сервер будет доступен по сети Интернет для осуществления управления и работы в нем.

При аренде платформы для разработчиков (PaaS) потребитель получает в свое распоряжение среду, в которой он имеет возможность развертывать и исполнять код, а также хранить создаваемые приложения. Все это осуществляется на базе облачной инфраструктуры, а также перечне имеющихся языков программирования.

Основываясь на существующих моделях НОП «Ростелеком» организовал не только портал [www.O7.com](http://www.O7.com) с описанием реализованных продуктов, но и предоставление пользователям целого ряда сервисов. На данный момент развернуты следующие услуги [2]:

- О7.Медицина, работающая по принципу электронной регистратуры и хранилища медицинских карт пациентов;
- О7.Образование, позволяющее организовать взаимосвязь всех участников образовательного процесса (от учеников и их родителей до сотрудников управления образованием);
- О7.Сити, построенный с целью повышения качества функционирования городских служб и предупреждения опасных ситуаций;
- О7.112, предназначенный для оптимизации работы экстренных оперативных служб, в частности: автоматизации обработки вызовов и сокращение времени реагирования на них;
- О7.ДОК, автоматизирующий документооборот предприятий и организаций;
- О7.ЖКХ, предназначенный как для пользования как организациям ЖКХ и государственным органам, так частным лицам. Так, данный сервис позволяет гражданам получить полную информацию о деятельности организаций ЖКХ, предоставляемых ею услугах и тарифах, а органы государственной власти имеют возможность отслеживать исполнение производственных и инвестиционных программ организаций ЖКХ, а также принимать решения по регулированию установленных тарифов;
- О7.Бизнес, позволяющий предприятию автоматизировать различные бизнес-процессы: бухгалтерский учет, ведение клиентской базы, документооборот и другие, что дает возможность значительно сократить затраты на содержание собственной инфраструктуры.

Тестовые испытания сервисов, предоставляемых национальной облачной платформой, показывают повышение эффективности информационных процессов, гибкости и качества поддержки используемого программного обеспечения. Например, внедрение сервиса О7.112 дало следующие результаты: в 2 раза снизилось время реагирования на экстренную ситуацию, что повлекло снижение экономического ущерба на 5%, а также уменьшение потери населения на 15%.

Приведенные выше данные показывают эффективность использования облачных платформ. Помимо оптимизации наиболее часто протекающих процессов, облачные платформы дают возможность значительно сократить затраты на установку и обеспечение оборудования, выполняющего аналогичные функции. Использование же отечественных разработок дает возможность внедрять их не только на предприятиях, но и в государственные органы различных уровней, что позволяет усовершенствовать их деятельность. Разработанные сервисы повсеместно доказывают свою эффективность, а их назначение и функционал постепенно расширяется. Более того, периодически создаются новые сервисы, затрагивающие все большую область предпринимательской и государственной деятельности.

#### Список литературы

1. [http://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Национальная\\_облачная\\_платформа\\_o7.com](http://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Национальная_облачная_платформа_o7.com)
2. <http://www.rostelecom.ru/projects/o7/>
3. <http://www.cnews.ru/reviews/free/cloud/case/case1.shtml>
4. [http://www.cnews.ru/articles/o7.dok\\_natsionalnaya\\_oblachnaya\\_ideya](http://www.cnews.ru/articles/o7.dok_natsionalnaya_oblachnaya_ideya)

### ФУНКЦИИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СУДЕБНОЙ ПСИХИАТРИИ

**Перфильев В.А., Громов Ю.Ю., Гажа А.К., Баранов А.Ю.**

ТГТУ, РФ, г.Тамбов

В статье рассматриваются социально-демографические характеристики психических больных, влияющие на решение о постановке на амбулаторно-диспансерное наблюдение, описываются определённые врачами-психиатрами весовые коэффициенты социально-демографических характеристик, основанные на методе экспертных оценок.

Вопрос о постановке психически больного человека на активное диспансерное наблюдение (АДН) является трудно формализуемой задачей. В ходе её решения врач-психиатр вынужден учитывать большое количество факторов, к которым относятся социально-демографические характеристики, анамнез жизни, анамнез болезни, текущее психическое состояние пациента. Как правило, человек не в состоянии обработать все составляющие и учитывает только наиболее значимые характеристики, такие как текущее состояние пациента, наличие общественно-опасных деяний в прошлом, наличие судимостей. Цель разрабатываемой интеллектуальной системы – помочь врачу-психиатру принять наиболее объективное решение путём учёта всех факторов.

Совместно с экспертной группой врачей-психиатров был предложен подробный список характеристик психически больных для разрабатываемой интеллектуальной системы [2].

В существующей медицинской практике не выработаны однозначные методики оценки характеристик пациентов. В силу этого врачебная комиссия при принятии решения опирается на эмпирический опыт. При проектировании интеллектуальной системы для такой специфической сферы как судебная психиатрия невозможно применение существующих математических моделей. С целью повышения точности результата работы разрабатываемой программы было решено обратиться к нечёткой логике [1].

Одной из основных проблем при применении нечеткой логики является выбор функции принадлежности. Выбор функции принадлежности представляет собой плохо формализованную задачу. В качестве функции принадлежности была выбрана кусочно-линейная S-образная функция принадлежности (S-класс), имеющая следующий вид [5]:

$$f(x, a, b) = \frac{1}{2} + \cos\left(\frac{x-b}{b-a} \pi\right), a \leq x \leq b \quad (1)$$

Область значения  $f(x,a,b)$  – отрезок [0; 1]. Единицы измерения оси  $x$  для каждой логической переменной определяются отдельно.

Значение  $f(x,a,b)$  для каждой нечеткой переменной известно, оно определено экспертом. S-образная функция принадлежности позволяет определить значения  $f(x,a,b)$  на отрезках между известными нечеткими переменными. Это позволяет использовать такие модификаторы как, например, «очень», «не очень», «чрезвычайно», «вполне».

Степень принадлежности нечеткой переменной к нечеткому множеству является показателем необходимости к постановке на АДН. Ниже перечислены все нечеткие переменные, обоснована необходимость их учёта в интеллектуальной системе, определены значения  $f(x,a,b)$  для этих нечетких переменных и построены функции принадлежности для лингвистических переменных.

В первую очередь к демографическим характеристикам необходимо отнести поло-возрастную структуру пациентов.

По данным различных психиатрических комиссий, в том числе Тамбовской психиатрической больницы, соотношение между женщинами и мужчинами, совершавшими ООД, составляет 1 к 7,5 [3]. Так же необходимо отметить, что в возрасте до 20 лет доля женщин в таких исследованиях значительно ниже (1 к 15), но с возрастом постепенно повышается и в возрастной категории «старше 50 лет» составляет уже 1 к 3.

По возрастной структуре к наиболее опасному можно отнести диапазон от 20 до 39 лет. В таком возрасте совершается более 63% ООД. После 50 лет риск совершения ООД снижается и составляет 9,2%. Достаточно большое количество ООД совершено также молодыми людьми в возрасте до 20 лет (11%).

Опираясь на вышеизложенные факты, при разработке интеллектуальной системы было решено социальные факторы условно поделить на 3 группы [4]:

- социально-демографическая характеристика;
- анамнез жизни;
- анамнез болезни.

Отдельным блоком «Психическое состояние в период наблюдения» идут медицинские факторы.

По данным о возрастной структуре психически больных, совершивших ООД, наибольший риск совершения ООД наблюдается у возрастной категории «от 20 до 39 лет» – 63%, у категории «от 40 до 49 лет» – 17%, у категории «до 20 лет» – 11%, у категории «от 50 лет» – 9% [6]. Т.к. уголовная ответственность начинается с 16 лет, а по некоторым правонарушениям с 14 лет, то следующая по степени риска возрастная группа — «до 20 лет». По информации судебно-психиатрической экспертизы возрастной состав лиц, признанных вменяемыми, в процентном соотношении примерно такой же.

Возраст:

- до 20 лет: 0,5;
- от 20 до 39 лет: 1;

- от 40 до 49 лет: 0,3;
- от 50 лет: 0,1.

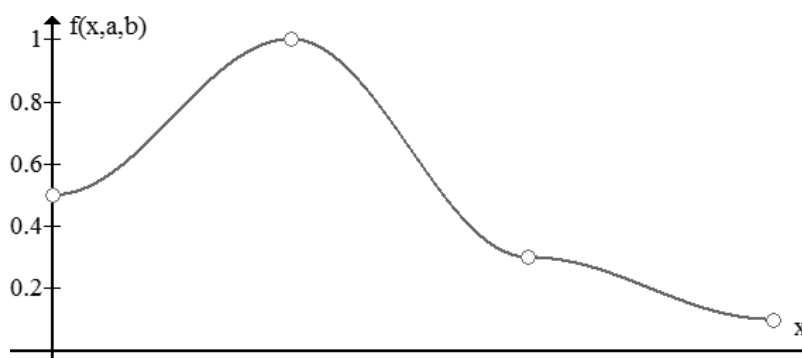


Рис.1. График функции принадлежности переменной «Возраст»

Функция принадлежности переменной «Пол» – кусочно-линейный S-сплайн – определена на трёх отрезках следующим образом:

- на отрезке  $0 \leq x \leq 33$  :

$$f(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \times \left( \frac{1}{2} + \cos\left(\frac{x-33}{33}\pi\right) \right) \quad (2)$$

- на отрезке  $33 \leq x \leq 66$  :

$$f(x) = 1 - \frac{7}{10} \times \left( \frac{1}{2} + \cos\left(\frac{x-66}{33}\pi\right) \right) \quad (3)$$

- на отрезке  $66 \leq x \leq 100$  :

$$f(x) = \frac{3}{10} - \frac{1}{5} \times \left( \frac{1}{2} + \cos\left(\frac{x-100}{33}\pi\right) \right) \quad (4)$$

В данной работе подробно рассмотрена проблема определения весовых коэффициентов для всех значений характеристик психических больных, предложенных врачами-психиатрами, выступающими в роли экспертов.

Для определения этих коэффициентов было решено использовать метод экспертных оценок, поделив его на две стадии:

- ранжирование;
- попарное сравнение.

В результате были получены расположенные в порядке возрастания взвешенные значения для существующих лингвистических переменных. После этого была решена задача выбора и построения функции принадлежности для данных лингвистических переменных. Одна из основных причин построения функций принадлежности – необходимость возможности применения модификаторов вида «очень», «не очень». В качестве типа функции принадлежности была выбрана кусочно-линейная S-образная функция принадлежности.

### Список литературы

1. Громов Ю.Ю., Зарандия Ж.А., Земской Н.А., Борисов А.Н. Использование логико-лингвистических моделей для описания предметной области профессиональной деятельности. Формирование специалиста в условиях региона. Новые подходы: Материалы V Всерос. межвузов. научн. конф., г. Тамбов, 2004. С. 20 – 21.
2. Громов Ю.Ю., Иванова О.Г., Беляев М.П., Данилкин С.В. Методы и средства проектирования информационных систем. Объектно-ориентированный подход: уч. пособие. Тамбов; М.; СПб.; Баку; Вена; Гамбург; Изд-во МИНЦ «Нобелистика», 2013
3. Корсаков С.С. Общая психопатология. Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2003
4. Мальцева М.М., Котов В.П. Опасные действия психически больных. Москва: Медицина, 1995
5. Громов Ю.Ю., Поляков Д.В., Ведерникова А.П., Минин Ю.В., Самхарадзе Т.Г., Иванова О.Г. Построение многомерных функций принадлежности. Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, 2012.
6. Гажа А.К., Абашина В.В., Баранов А.В., Ерошина О.С., Тулупова О.В. Прогноз социальной опасности психически больных находящихся на принудительном лечении в стационаре специализированного типа /

### **СЕКЦИЯ №3. ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)**

### **СЕКЦИЯ №4. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)**

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗМЕРНОЙ ТОЧНОСТИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ПЛОСКОСТЕЙ НА ОТДЕЛОЧНЫХ СТАДИЯХ ОБРАБОТКИ**

**Поляков А.Н., Каменев С.В.**

ОГУ, РФ, г.Оренбург

В настоящее время все большую актуальность в механообработке приобретает скоростная и высокоскоростная обработка. Что позволяет существенно увеличить производительность механообработки в авиа- и ракетостроении [1]. Ключевым видом обработки при этом выступает фрезерование. Скоростная и высокоскоростная обработка предполагает высокие скорости резания при малых размерах инструмента и, как следствие, большие частоты вращения шпинделя. Большие частоты вращения шпинделя автоматически связаны с повышенным вниманием к тепловым процессам в станках. Тепловые процессы в станках приводят к образованию температурных деформаций их несущих систем. Температурные деформации неизбежно влияют на размерную точность обрабатываемых деталей.

Однако, прежде чем оценивать влияние температурных деформаций на размерную точность обработки, необходимо оценить влияние статических процессов при резании на достижение размерной точности обрабатываемых деталей.

Температурные деформации ввиду их незначительности актуальны только для отделочной стадии обработки.

Торцевое и концевое фрезерование выполнялось на двух станках с ЧПУ вертикальной компоновки: 400V (производство НПО «Станкостроение», г. Стерлитамак, Россия) и ТМ-1Р (Haas Automation, Inc., США). Материал стальной заготовки – сталь 40, дюралюминий Д16.

Первый эксперимент: торцевое фрезерование. В эксперименте использовались заготовки двух геометрических форм. Стальная заготовка представляла собой правильную прямоугольную призму, высотой 80 мм, в основании прямоугольник с размерами 110 x 72 мм; дюралюминиевая цилиндр диаметром 110 мм, параллельно одной оси отфрезерованы симметрично лыски с расстоянием между ними равным 100 мм.

В качестве режущего инструмента для фрезерования дюралюминиевой заготовки на станке HAAS ТМ-1Р использовалась сборная торцевая фреза диаметром 80 мм с круглыми пластинами из твердого сплава Т15К6. При этом траектория фрезы была спроектирована таким образом, чтобы было реализовано попутное фрезерование с рабочим проходом вдоль оси X. Ширина фрезерования не превышала 50 % от диаметра фрезы. Плоскость была обработана за три прохода. В местах перекрытия проходов фрезы на обработанной поверхности формировались участки с увеличенными неровностями, что показывал даже зрительно-осязательный контроль. При наличии трех проходов визуально эти участки представляли собой две узкие полоски вдоль оси X. Для количественной оценки полученных неровностей обработанной поверхности были проведены серии измерений на координатно-измерительной машине Wenzel XOrbit 55 (Германия, Wenzel Prazision GmbH). Результаты измерений профиля обработанной поверхности по оси Y представлены на Рисунке 1. Пики погрешностей зафиксированы на участках с увеличенными неровностями, о которых говорилось ранее. Максимальная погрешность не превысила 7 мкм.

Для оценки шероховатости поверхности использовался портативный измеритель шероховатости TIME TR 100 (Time group Inc, Китай). Результаты измерений шероховатости по параметру Ra показали значения от 0,2 до 0,4 мкм. Такие высокие показатели шероховатости были достигнуты при следующих режимах резания: глубина резания 0,35 мм; подача 0,04 мм/зуб; скорость резания 250 м/мин.

При обработки стальной заготовки использовались: торцевая фреза Sandvik Coromant CoroMill 345 диаметром 63 мм (пять режущих прямоугольных двусторонних пластин с восемью режущими кромками) и твердосплавная цельная концевая фреза диаметром 16 мм четырехзубая с возможностью осевой подачи. Обрабатываемая заготовка – стальная; станок – 400V.

При торцевом фрезеровании обрабатывалась плоскость за пять проходов, с максимальной шириной фрезерования не более 50 % от ширины фрезы. Проход фрезы осуществлялся вдоль положительного направления оси X. Вид фрезерования – попутное. На Рисунке 2 представлен результат измерения размерной точности обработанной поверхности на координатно-измерительной машине. Режимы резания – глубина резания 0,75 мм; подача 0,08 мм/зуб; скорость резания 100 м/мин.

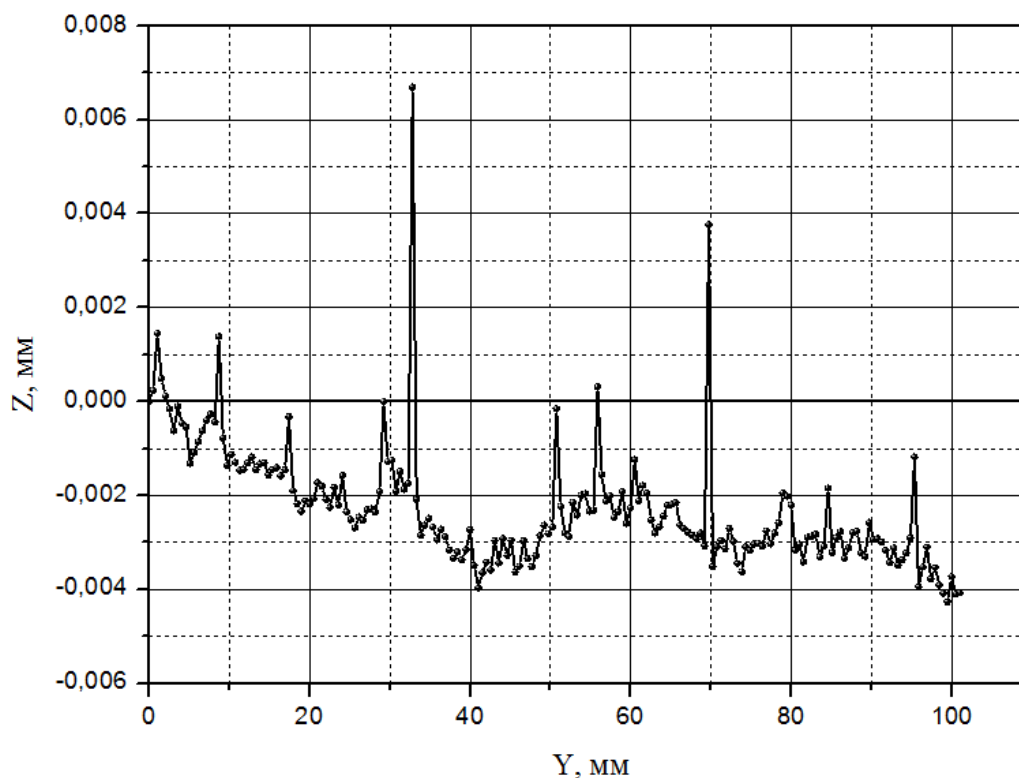


Рис.1. Результаты измерений обработанной поверхности вдоль оси  $Y$  (станок HAAS TM-1P, дюралюминий)

Как и в предыдущем случае в местах перекрытия проходов фрезы на обработанной поверхности формировались участки с увеличенными неровностями. Их максимальная величина не превысила 15 мкм, что, согласно действующим стандартам на поля допусков гарантирует размерную точность по шестому качеству IT6 для размеров из диапазона от 50 до 80 мм (высота заготовки составляла 80 мм, координата  $Z$ ). Для оценки достоверности измерений были проведены измерения для стальной плоскопараллельной концевой меры длины, с номинальным значением 30 мм. Согласно ГОСТ 9038-90 для нее допустимым является отклонение от номинального значения, равное  $\pm 0,8$  мкм. Результаты измерений погрешностей длины на координатно-измерительной машине данной меры приведены на Рисунке 3.



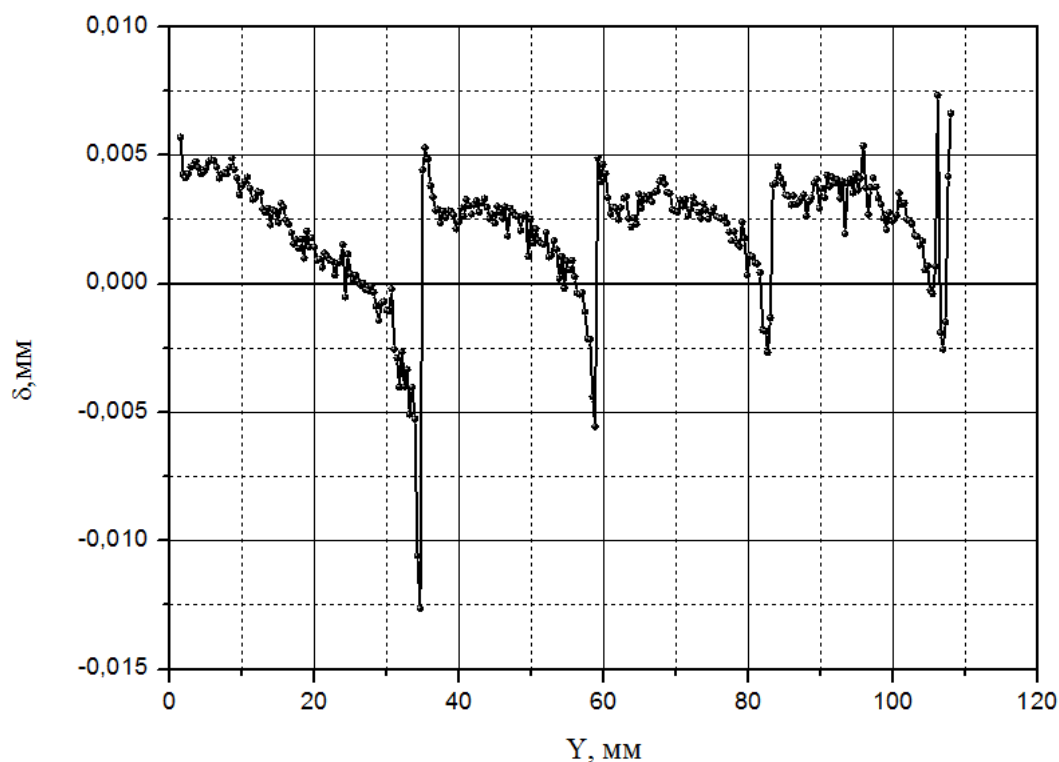


Рис.2. Результаты измерений обработанной поверхности вдоль оси Y (станок 400V, сталь)

Таким образом, представленные показатели точности для торцевого фрезерования показали достаточно большие резервы по эффективному достижению высокого качества поверхности при лезвийной обработке. Резервы объясняются тем, что экспериментально полученные параметры шероховатости сопоставимы с параметрами шероховатости, достигаемыми при использовании абразивной обработки. Полученные параметры размерной точности и качества поверхности позволяют: сформулировать рекомендации по интенсификации режимов резания для увеличения производительности обработки при ожидаемой потере размерной точности и качества обработанной поверхности; выбрать те режимы обработки, которые позволяют отказаться от абразивной обработки; установить составляющую погрешностей, обусловленную статическими характеристиками станка, без влияния тепловых процессов, т.к. длительность фрезерования плоскости не превысила трех минут. Частота вращения шпинделя при торцевом фрезеровании стали составляла 500 об/мин, как следует из натуральных экспериментов, тепловые процессы на этой частоте вращения не приводят к заметным температурным деформациям несущей системы станка 400V [2].

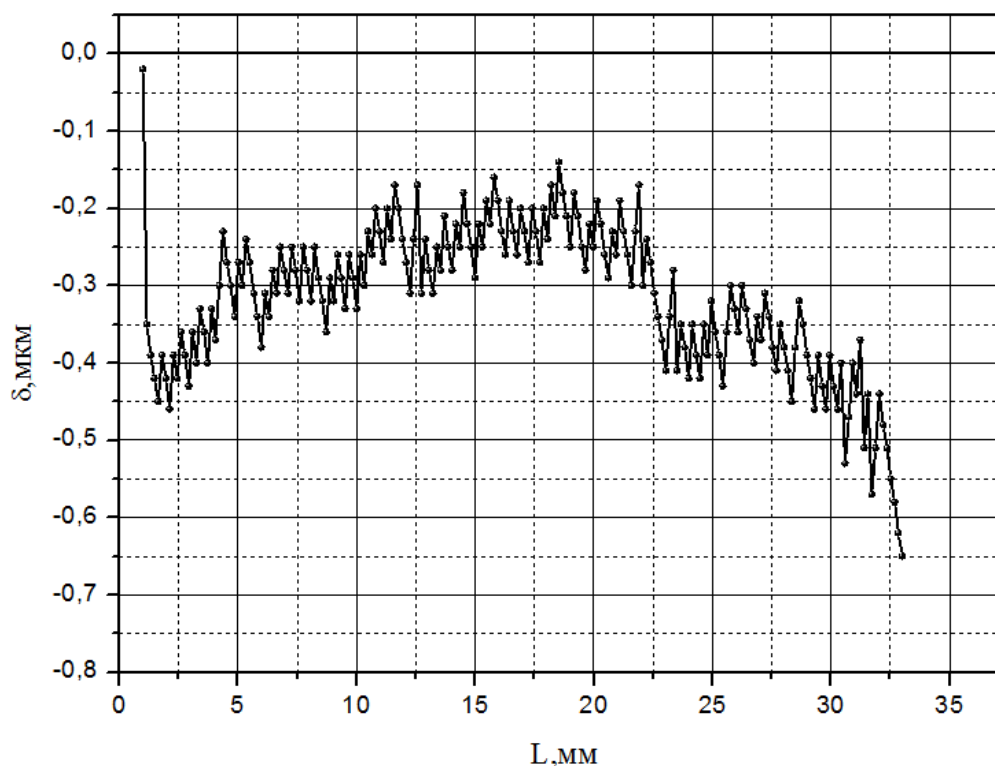


Рис.3. Результаты измерения концевой меры

#### Список литературы

1. Шелест, В.К., Присевко, А.Ф., Клавсуть П.Н. Технологическое обеспечение параметров точности и качества сложнопрофильных деталей при высокоскоростной многокоординатной обработке // Вестник белорусского национального технического университета 2009, №5. С. 22-31.
2. Поляков А.Н., Гончаров А.Н., Марусич К.В., Романенко К.С. Экспериментальные исследования статических и тепловых характеристик станка с ЧПУ // СТИН. 2014, № 6. С.13-18

### ПЕРЕТОЧКА ФАСОННЫХ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ С ВИНТОВЫМИ ЗУБЬЯМИ

<sup>1</sup>Истоцкий В.В., <sup>2</sup>Протасьев В.Б.

<sup>1</sup>к.т.н., директор по научно-техническому развитию

<sup>2</sup>д.т.н., проф.

ООО НПП «РИТ-Инжиниринг», г.Чехов, Россия

ГОУ ВПО Тульский государственный университет, г.Тула, Россия

Рассматриваются вопросы организации переточки режущих инструментов на шлифовально-заточных станках с ЧПУ. Сформированы необходимые требования и поставлена задача стандартизации конструктивных параметров винтовых поверхностей, используемых в фасонных режущих инструментах.

The arrangement of the resharpener of cutting tools for grinding machines with CNC. Formed the necessary requirements and are tasked with standardization of the design parameters of screw surfaces used in shaped cutting tools.

Ключевые слова: формирование режущей части фасонных инструментов, переточка фасонных режущих инструментов, шлифовально-заточные станки с ЧПУ.

Keywords: forming a shaped cutting tools, regrinding shaped cutting tools, tool grinding machines with CNC.

Инструменты, которые по классификации профессора С.И. Лашнева [1] имеют зубья с затачиваемой задней поверхностью (они же по общепринятому обозначению инструменты с острозаточенными зубьями) допускают переточки, при которых высота зубьев уменьшается до половины по сравнению с исходным значением.

При правильной организации производства, когда регламентируется допустимый износ зубьев по задней поверхности, такие инструменты допускают в среднем до 10 переточек по передней и задней поверхностям одновременно.

Для прямозубых инструментов или инструментов с наклонными (не винтовыми) зубьями такая задача не вызывает особой сложности, и опытные заточники квалифицированно выполняют ее с использованием упорки, которая кроме обеспечения базирования по передней поверхности зубьев играет роль очень простого делительного механизма.

При переточках инструментов с винтовыми зубьями на упорку возлагается дополнительная функция – она обеспечивает винтовое движение перетачиваемого инструмента. При переточках разверток, зенкеров, концевых фрез и других инструментов, использующих в конструкции круглые цилиндрические поверхности и винтовые канавки с постоянным шагом, эта функция выполняется тоже довольно успешно, но качество заточки в значительной степени зависит от квалификации заточников. В целом точность переточенных инструментов в сравнении с исходной снижается.

Точное винтовое движение обеспечивается специальными заточными станками с копирной линейкой, но при переточках инструментов большой длины обеспечить высокую точность проблематично.

Дело в том, что на корпусах инструментов, за исключением червячных фрез, не указывают параметры винтовой канавки (ее винтовой параметр) и заточнику придется методом проб и ошибок долго искать необходимое положение копирной линейки. Теоретически вероятность этого события ничтожно мала. В итоге инструменты приобретают конусность, что не всегда допустимо, но всегда нежелательно.

Если же инструмент перетачивать на станке, на котором он изготавливался (если не перестраивался комплект шлифовальных кругов, которым изготавливался инструмент), - нареканий к качеству заточки не будет.

Напрашивается принцип, что если инструмент не используется в качестве копира (как это имеет место при заточке по упорке), он должен перетачиваться при обеспечении тех же условий, при которых он изготавливался - иначе неизбежно снижение его точности.

При проектировании и изготовлении фасонных инструментов с винтовыми зубьями поверхности с постоянным шагом использовать можно как исключение, но в большинстве случаев используются винтовые поверхности аксиально - радиально переменного шага [2], у которых значение шага вдоль оси и в радиальном направлении изменяется.

Такие инструменты с использованием упорки и специальных приспособлений успешно перетачивать невозможно, - нарушается ранее сформированный принцип.

Сложившаяся ситуация парадоксальна, - фасонные инструменты с винтовыми зубьями в основной массе представляются не перетачиваемыми! Последствия этого понимают все пользователи, а производителям инструментов такая ситуация выгодна, т.к. они расширяют рынок сбыта.

Современные фасонные инструменты изготавливают на многокоординатных шлифовально-заточных станках с ЧПУ. Для переточек этих инструментов согласно ранее сформированному принципу необходимо знать параметры профиля производящей поверхности, закономерности винтового параметра, а также закономерности изменения глубины стружечной канавки.

Этой информации тоже недостаточно, поскольку необходимо знать положение «ноль – точки» управляющей программы (УП) станка с ЧПУ и угловое положение «нитки» зуба, иначе попасть шлифовальным кругом в «нитку» практически невозможно. «Ниткой» при резьбошлифовании и шлифовании винтовых канавок производители обычно называют винтовую впадину. Это известно всем, кто занимается резьбошлифованием.

Есть еще один неизвестный параметр – это профиль шлифовального круга, с помощью которого изготавливался перетачиваемый инструмент.

Совокупность неизвестных параметров наводит на мысль, что организация переточки практически невозможна и конструкции фасонных инструментов нужно упрощать, т.е. проектировать такие инструменты либо прямозубыми, либо использовать постоянные величины винтовых параметров.

Такое решение целесообразно и оправданно, например, при фасонной деревообработке [3] и там где требования к точности профиля невысокие. Если же использование винтовых зубьев с переменными параметрами оправданно – необходимо организовывать эффективную переточку инструментов.

По мнению авторов для этого необходимо в первую очередь перетачивать инструменты только на фирмах – изготовителях и при этом сохранять маркировку, по которой несложно найти программу, по которой изготавливался инструмент.

Во вторых для попадания шлифовального круга в «нитку» необходимо обеспечить базирование, идентичное тому, которое использовалось при изготовлении перетачиваемого инструмента.

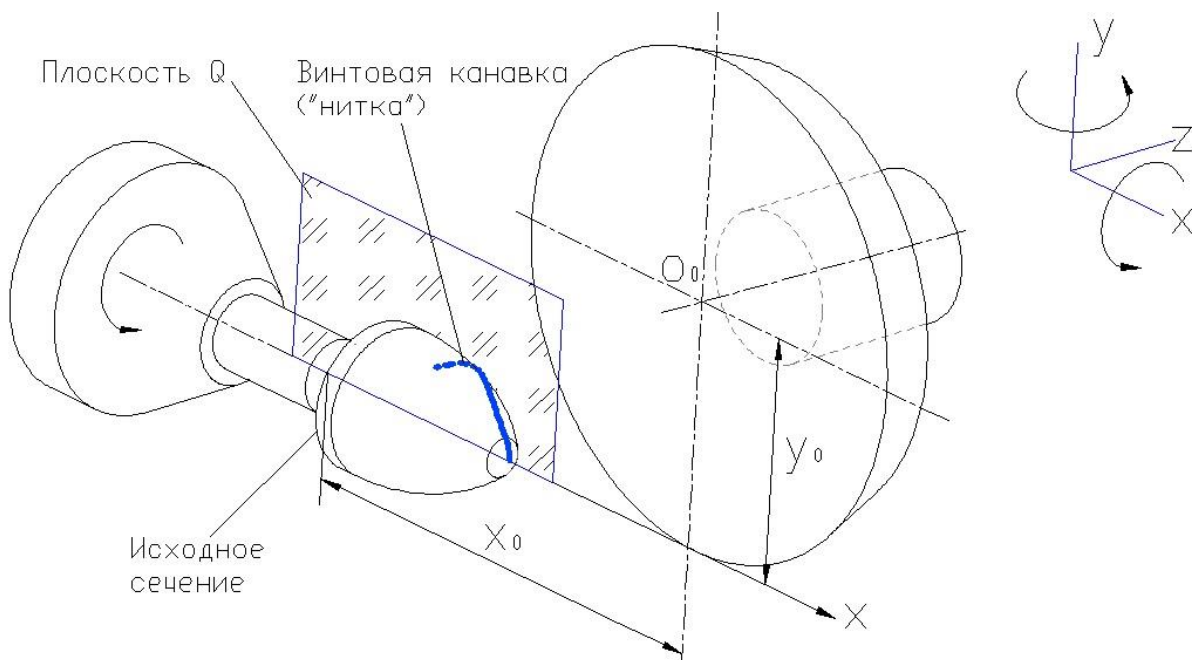


Рис.1. Исходное положение при переточках на шлифовально-заточных станках.

Представим себе, что только что изготовленный инструмент сняли со станка и по какой-то причине решили углубить стружечные канавки. Для этого систему координат изготовленного инструмента необходимо расположить в системе координат станка, обеспечив линейные размеры  $X_0$ ;  $Y_0$ ;  $Z_0$  и углов  $A_0$ ;  $B_0$ ;  $C_0$ .

На Рисунке 1 за начальную точку  $O_0$  условно принята точка, в которой закончились все быстрые установочные перемещения и происходит разворот шлифовального круга на угол  $B_0$ , а далее начинается непосредственно рабочая программа, поэтому координаты  $Z_0$  и  $B_0$  приняты равными нулю.

Начало винтовой канавки («нитка» по терминологии станочников) необходимо совместить с плоскостью  $Q$ . Это самая сложная задача, которая в настоящее время, по мнению авторов не решена отмеченным ранее причинам.

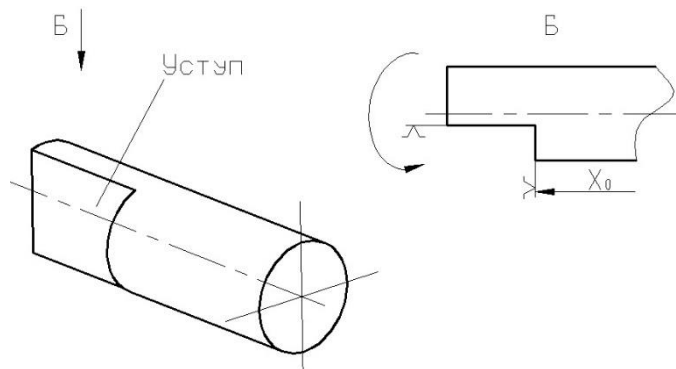


Рис.2. Базирующий уступ

Решение возможно двумя способами. Первый из них предполагает (Рисунок 2) нанесение на торце хвостовой части инструментов уступа (или другой поверхности) который позволит занять инструменту при базировании определенное угловое положение, соответствующее угловой координате  $A_0=0$ . Зажимное приспособление должно при этом содержать ответную деталь, построенную по принципу обратной симметричности.

Продольный уступ обеспечит базирование по координате  $A_0$ , а поперечный в продольном направлении по координате  $X_0$ .

Второй способ предполагает нанесение на хвостик магнитного кода, по которому станок «узнает» инструмент и обеспечит его правильное положение при переточках, подобно тому, как магнитные карты или SIM – карты сообщают необходимую информацию при их считывании в специальных устройствах.

Подобные устройства уже используются на обрабатывающих центрах, где необходимо удостовериться, что манипулятор установил в шпиндель инструмент, соответствующий кадрам управляющей программы.

В рассматриваемом случае задача сложнее, поскольку сам перетачиваемый инструмент является своеобразным программоносителем, но решить эту задачу, по мнению авторов необходимо.

Острозаточные зубья перетачиваются по задним поверхностям, и при этом неизбежно уменьшается диаметр инструмента. Перетачивать точные мерные инструменты без переточки калибрующей части проблематично, т.к. возникает несоосность режущей и калибрующей части. Скорее всего такие инструменты как развертки, целесообразно перетачивать на следующей меньшей типоразмер, а на фасонных фрезах можно использовать весь запас на переточки.

Имеется еще одна существенная проблема затрудняющая процесс переточек фасонных инструментов. Фирмы – изготовители инструмента не соблюдают однообразие закономерностей, используемых для формообразования передних поверхностей зубьев, а как следствие этого и задних поверхностей.

Ситуация напоминает ту, которая сложилась при программировании станков с ЧПУ на стадии их освоения в 50...60 годы прошлого столетия. Каждая страна - производитель для программирования использовала собственные коды. В СССР например, применялся буквенно-цифровой код БЦК-5, имеющий пять информативных дорожек и одну транспортную, в других странах использовались другие решения.

Взаимная торговля усложнилась, и положение исправилось с появлением международного кода iso-7bit, однако, в настоящее время опять появились фирмы, использующие свой, уникальный код. Это связано с засекречиванием конструктивных особенностей инструментов, и технологи их изготовления.

В настоящее время назрела необходимость в стандартизации основных конструктивных параметров фасонных инструментах с винтовыми зубьями. В первую очередь это касается винтовых поверхностей аксиально-радиального переменного шага. В работе [2] авторами такая задача решена на основе классификации производящих поверхностей инструментов по геометрическому принципу.

Работоспособность предложенного решения доказана многолетним (более 15 лет) изготовлением и эксплуатацией борфрез, концевых фрез зенкеров и разверток с фасонными профилями и винтовыми зубьями, и другими инструментами. Предприятие ООО НПП «РитИнжиниринг» ([www.rit-i.ru](http://www.rit-i.ru)) готово к сотрудничеству в решении задач, освещенных в настоящей статье.

Необходимо на научной основе создать условия для переточек фасонных инструментов с винтовыми зубьями, поскольку сложившаяся ситуация дискредитирует самое современное оборудование – многокоординатные шлифовально-заточные станки с ЧПУ и фирмы – производители этих инструментов.

#### Список литературы

1. С.И. Лашнев, А.Н. Борисов, С.Г. Емельянов Геометрическая теория формирования поверхностей режущими инструментами: Монография/Курск.гос.тех.ун-т. Курск, 1997, 391с.
2. В.Б. Протасьев, В.В. Истоцкий Проектирование фасонных инструментов, изготавливаемых с использованием шлифовально-заточных станков с ЧПУ. – М.:Инфра – М, 2011. – 128с. – (Научная мысль)
3. Протасьев В.Б., Истоцкий В.В., Талдыкин А.Н. Обработка фрезерованием декоративных винтовых поверхностей. // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. Научно-технический журнал. №2(280) 2010. ОрелГТУ. с.59-62
4. Истоцкий В.В. Основные направления развития инструментального производства в современных условиях// Журнал ИТО №5 за 2007 г. с.82-83
5. Истоцкий В.В. Формирование режущей части фасонных борфрез с применением шлифовально-заточных станков с ЧПУ: Дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / 05.03.01; 61:05/4083. – Тула, 2005.

## ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛООБМЕНА В ШИБЕРНОМ ЗАТВОРЕ

**Жилин Д.И., Проскураков Н.Е., Провоторов Д.А.**

ФГОУ ВО «Тульский государственный университет», РФ, г.Тула

В настоящее время актуальной задачей металлургического машиностроения является обеспечение предотвращения застывания металла, находящегося в разливочном канале шиберного затвора при его перекрытии во время разливки цветных и черных металлов. В качестве решения данной задачи предложен вариант совершенствования шиберного затвора литейного ковша 1 (Рисунок 1) за счёт внедрения в его конструкцию специального блока 2, в котором располагается нагревательный элемент 3 с организованной

системой подвода тепла через ковшевой стакан 4 к проблемной зоне разливочного канала [3].

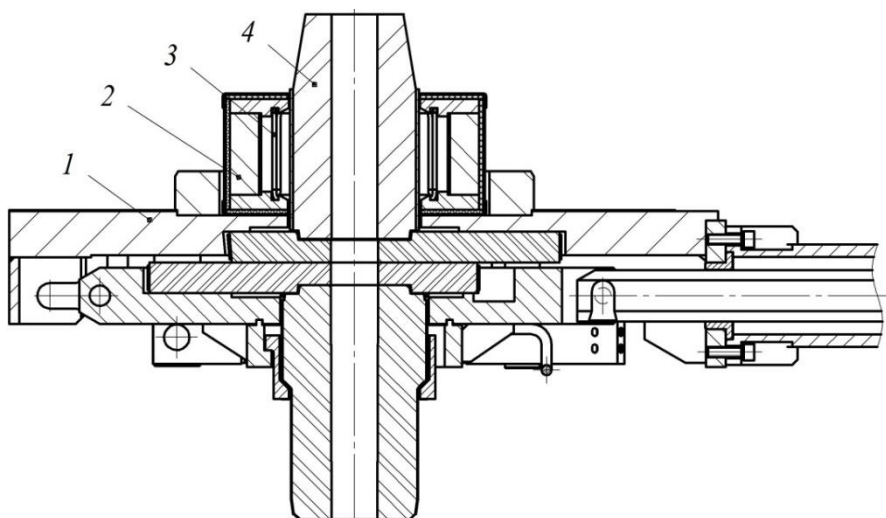


Рис.1. Схема усовершенствованной конструкции шиберного затвора литейного ковша

Нагревательный элемент выполнен размещенным снаружи ковшевого стакана, что позволит обеспечить равномерный подогрев всей зоны разливочного канала и компенсировать потери тепла от расплава. В качестве материала нагревательного элемента может быть использован молибден, вольфрам и другие металлы с высокой температурой плавления. На конструкцию шиберного затвора литейного ковша получен патент РФ на полезную модель.

В среднем время перемещений ковшей между формами варьируется от 10 до 90 с, поэтому основной задачей при совершенствовании шиберного затвора является обеспечение гарантированного отсутствия кристаллизации металла, находящегося в разливочном канале, на протяжении 90 с.

В ходе математического моделирования нестационарного теплообмена между расплавом латуни Л80 и огнеупорным комплектом шиберного затвора, получено выражение, описывающее распределение безразмерной температуры в цилиндре радиусом  $r_0$  для безграничной длины. Данное выражение является дифференциальным уравнением с частными производными, и его использование для проведения инженерных расчетов при проектировании шиберных затворов с дополнительным подогревом ковшевого стакана является достаточно трудоёмким.

Одной из задач оптимального проектирования шиберных затворов является определение диаметра разливочного канала при заданном времени его перекрытия и известных температурных условиях эксплуатации затвора. Для сокращения времени проектирования целесообразно использование машинного эксперимента, позволяющего получить более упрощенные математические модели процессов нестационарного теплообмена в шиберном затворе.

Аналитическая модель нестационарного распределения температуры в шиберном затворе может быть использована как генератор исходных данных при получении уравнений множественной регрессии в ходе проведения машинного многофакторного эксперимента.

При решении практической задачи выбора оптимальных параметров процесса нестационарного теплообмена использована методика создания вторичной математической модели процесса на основе сочетания машинного эксперимента с регрессионным анализом и привлечением теории планирования многофакторного эксперимента [1].

Такая модель позволяет для выбранных диапазонов изменения факторов проводить технологические расчеты, результаты которых с достаточной степенью точности будут соответствовать действительности [2]. Она может быть использована также и для оптимизации процесса, т.е. выбора наиболее рациональных значений технологических факторов. Для достаточно полного описания процесса нестационарного теплообмена, выходные параметры которого являются сложными функциями большого числа факторов, в качестве приближенной математической модели использован полином второй степени.

В качестве основных трех факторов, влияющих на процесс нестационарного теплообмена были приняты:  $X_1$  – время, с;  $X_2$  – радиус разливочного канала, мм;  $X_3$  – температура канала после предварительного

нагрева, °С. В качестве выходных факторов были выбраны:  $Y_1$  – температура металла в центре стакана,  $Y_2$  – температура неподвижной шиберной плиты.

После проведения машинного эксперимента и обработки результатов получены следующие уравнения регрессии:

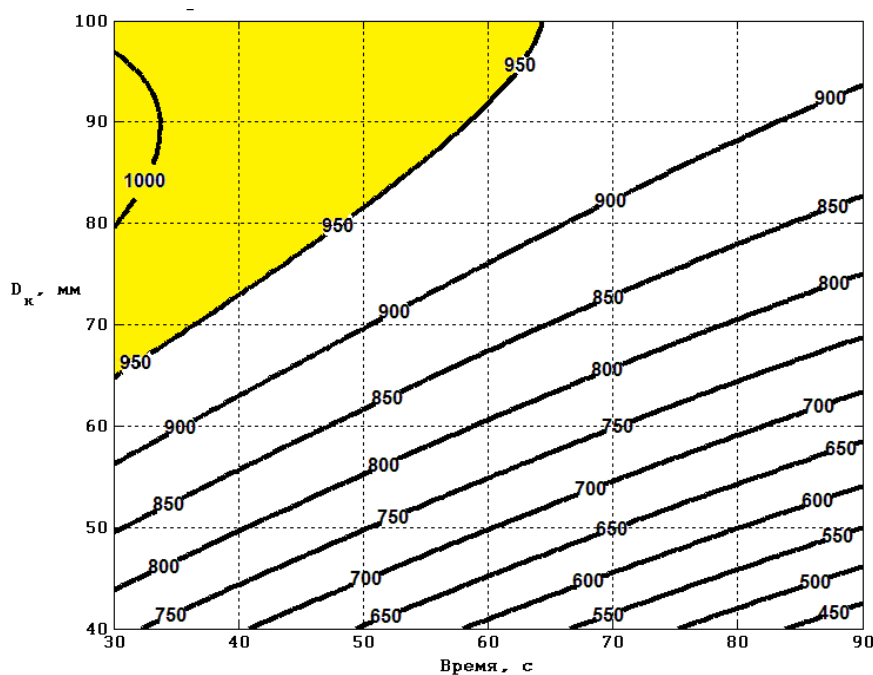
- для температуры металла в центре стакана, °С

$$Y_1 = 944,1 - 117,7 \cdot x_1 + 198,9 \cdot x_2 + 77,41 \cdot x_3 + 68,31 \cdot x_1 \cdot x_2 - 11,12 \cdot x_1 \cdot x_3 + 15,51 \cdot x_2 \cdot x_3 - 94,68 \cdot x^2, \quad (1)$$

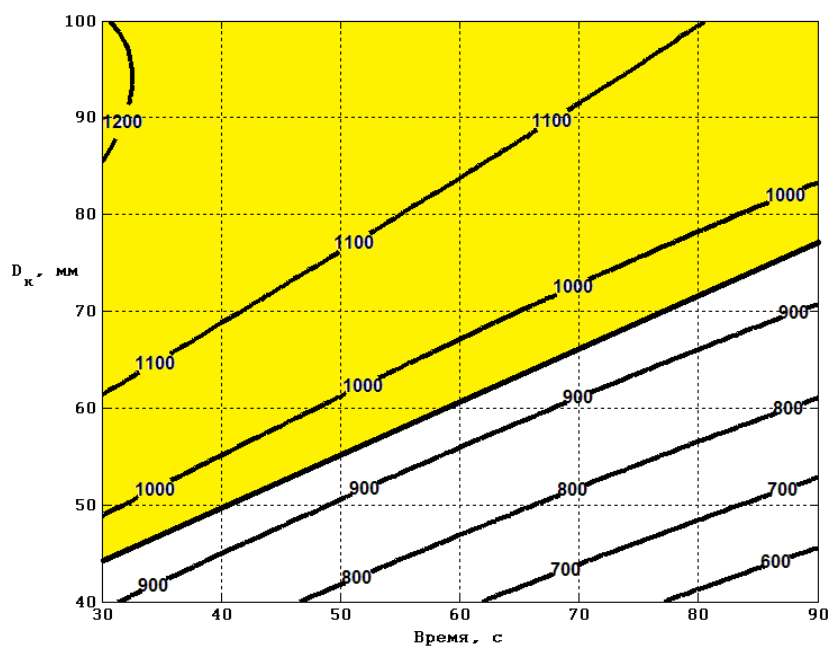
- для температуры верхней шиберной плиты, °С

$$Y_2 = 268,6 + 113,7 \cdot x_1 - 84,61 \cdot x_2 + 18,49 \cdot x_3 - 67,06 \cdot x_1 \cdot x_2 + 11,37 \cdot x_1 \cdot x_3 + 5,261 \cdot x_2 \cdot x_3 + 120,7 \cdot x^2, \quad (2)$$

На основе полученных уравнений (1-2) были построены графики зависимости температуры металла в центре стакана в процессе нестационарного теплообмена от исследуемых факторов при перекрытии разливочного канала (Рисунок 2). Затемненные области содержат значения параметров, удовлетворяющих начальным условиям (время перекрытия канала не менее 90 с, температура расплава не менее 950 °С).



а



б

Рис.3. Зависимость температуры металла в центре стакана  $Y_1$  при перекрытии разливочного канала с различной температурой предварительного подогрева разливочного канала  $t$  :

а – при  $t = 1080$  °С, б – при  $t = 1280$  °С

Из Рисунка 2, а, видно, что при минимальной температуре дополнительного нагрева  $t = 1080$  °С, не обеспечивается поддержание металла в жидком состоянии.

При достижении верхней границы интервала варьирования температуры внутренней стенки ковшевого стакана  $t = 1280$  °С диаметр разливочного отверстия ковшевого стакана от 75 до 100 мм полностью обеспечивает отсутствие застывания канала в течение 90 с, что удовлетворяет условиям проводимого численного эксперимента (Рисунок 2, б).

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что для разливки латуни марки Л80 с температурным режимом прогрева стенки разливочного канала ковшевого стакана  $t = 1280$  °С использование ковшевого стакана диаметром от 75 до 100 мм гарантирует отсутствие застывания столба жидкого металла. Чтобы использовать при разливке ковшевые стаканы с диаметром разливочного отверстия от 40 до 75 мм, необходимо увеличение температуры дополнительного подогрева выше  $t = 1280$  °С.

Температура в зоне разливочного канала верхней шиберной плиты  $Y_2$  при изменении температуры подогрева разливочного канала, изменяется не существенно.

#### Список литературы

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Машиностроение, 1976. 280 с.
2. Налимов В.В. Теория эксперимента. М.: Наука, 1971. 208 с.
3. Патент 134463 РФ на полезную модель. МПК<sup>7</sup> В 22 D 41/22. Устройство для ориентации изделий типа стаканов / В.И. Золотухин, Д.А. Провоторов, В.П. Дуликов, Д.И. Жилин. Опубл. 20.11.2013 г. Бюл. № 32.



## РАЗРАБОТКА СТАНКА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ТИПА

Бондаренко Ю.А., Федоренко М.А.

БГТУ им. В.Г. Шухова, РФ, г. Белгород

Цементная промышленность применяет для измельчения различных сырьевых материалов шаровые трубные мельницы. Основной рабочей частью трубной мельницы является барабан, в котором измельчается материал. Электродвигатель через редуктор передает вращение барабану. В состав мельницы входит система автоматической централизованной смазки подшипников, редуктор и электродвигатель мельницы. Мельница имеет центральный или периферийный привод. Одним из основных конструктивных элементов шаровых трубных мельниц являются загрузочное и разгрузочное устройства и подшипники, на которые опирается барабан мельницы. С торцов барабан закрыт днищами, переходящими в пустотелые цапфы опорных узлов, которые опираются на цапфовые подшипники, воспринимающие вес барабана и передающие его на фундамент.

В зависимости от типоразмеров масса мельницы достигает 500 тонн при производительности продукта до 400 т/час. Материал, предназначенный для помола, и сушильный агент поступают в загрузочную часть мельницы, которая снабжена трубошнеком, подающим материал в полость барабана. Из трубошнека материал поступает в камеру подсушки с лопастями, которые позволяют пересыпаться и передвигаться материалу в размольную камеру. Сырье поступает через входную цапфу, и внутренняя поверхность цапфы разрушается от сил трения сырья о ее поверхность. Данная проблема изучается, и устанавливаются пути и возможности восстановления изношенных поверхностей [1...8]. Во многих случаях ремонт входных и выходных цапф производят с применением оборудования, которое не позволяет обеспечивать соответствующую точность обработки. После обработки производят наплавку с последующей зачисткой наплавленных мест, в результате чего круглость отверстия не соблюдается и появляется дисбаланс оборудования.

Поэтому была поставлена задача, направленная на повышение точности обработки внутренних поверхностей цапф загрузочного и разгрузочного узлов в не подвижном состоянии оборудования, за счет движения режущего инструмента по оси вращения цилиндрической поверхности.

Разработанный станок для обработки внутренних поверхностей приведен на Рисунке 1.

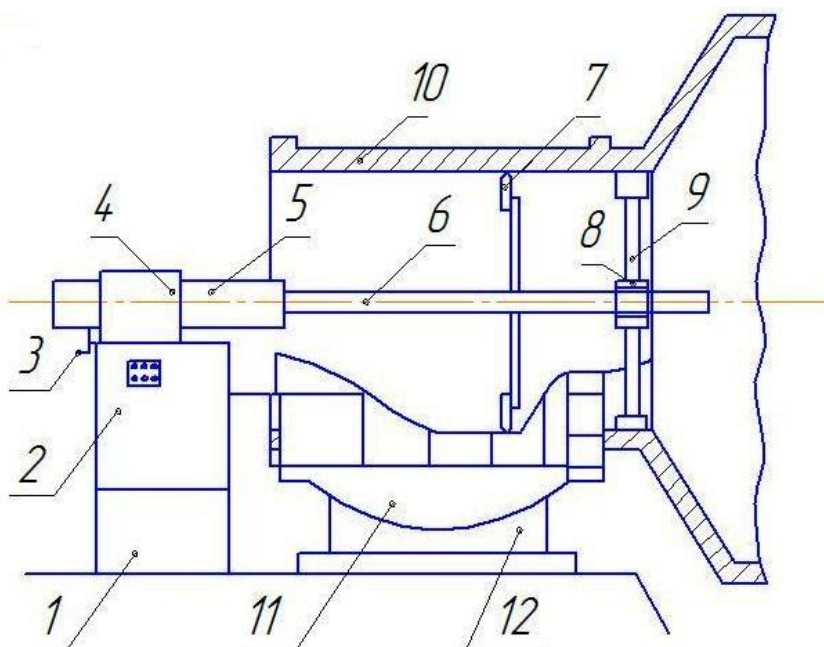


Рис.1. Станок для обработки внутренних поверхностей

Приставной станок для обработки внутренних поверхностей цапф загрузочного и разгрузочного узлов в не подвижном состоянии включает в свою конструкцию стойку 1, на которой размещен пульт управления 2, со штурвалом 3 ручного управления подачи, а так же основной опорный узел -редуктор 4 соединенный с главным шпинделем 5, к которому крепится шпиндель 6 с режущим инструментом 7. Противоположным торцом

шпиндель 6 входит в опору 8, которая на штангах 9 крепится в корпусе ремонтируемой цапфы 10 мельницы, установленной на подшипнике 11 сферической опоры 12, выполняющей роль люнета.

Принцип работы станка: при отключении шаровой трубно мельницы возле неработающей цапфы, установленной на подшипнике, в сферической опоре монтируется приставной станок, конструкция которого состоит из стойки, пульта управления с установленным узлом-редуктором со штурвалом ручного управления подачи и главным шпинделем. Во внутреннюю поверхность цапфы устанавливают на штангах опору. Шпиндель соединяют с главным шпинделем станка, второй конец которого находится в опоре. На шпинделе закрепляют режущий инструмент, установленный на требуемый размер, включают станок и в ручном режиме производят продольное перемещение режущего инструмента для проверки настройки. Далее производят обработку изношенной поверхности цапфы.

Применение разработанного станка для обработки внутренних поверхностей цапф загрузочного и разгрузочного узлов в не подвижном состоянии имеет следующие преимущества: высокая точность восстановления внутренней поверхности изношенной цапфы опорного узла мельницы; высокая точность установки шпинделя по оси вращения из-за совпадения оси вращения шпинделей с осью вращения цапфы; отсутствие демонтажных работ цапфового узла; отсутствие вибраций, возникающих при вращении цапфы; не требуется проведение смазки; отсутствие деформации направляющих станка из-за возникающих усилий при расположении резца консольно; значительное сокращение времени простоя оборудования в ремонте в связи с отсутствием операции по демонтажу и монтажу подшипникового узла и транспортировке демонтированной цапфы к месту восстановления; не возникает необходимость в замене вкладышей и их перезаливка.

#### Список литературы

1. Пат. 31116 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В 23 В 5/00. Приставной станок для обработки цапф / Ю.А. Бондаренко, М.А. Федоренко; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2003107122/20; заявл. 14.03.03; опубл. 20.07.03, Бюл. №20. – 1 с.
2. Пат. 31346 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В 23 В 5/32. Приставной станок для обработки цапф / Ю.А. Бондаренко, М.А. Федоренко; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2003106247/20; заявл. 07.03.03; опубл. 10.08.03, Бюл. №22. – 1 с.
3. Пат. 31347 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В 23 В 5/32. Приставной станок для обработки цапф / Ю.А. Бондаренко, М.А. Федоренко; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2003106249/20; заявл. 07.03.03; опубл. 10.08.03, Бюл. №22. – 1 с.
4. Пат. 89830 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В23В5/00. Станок для обработки внутренних поверхностей цапф помольных мельниц/Т.М. Санина, Ю.А. Бондаренко, М.А. Федоренко; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2009132048/22, заявл. 25.08.2009, опубл. 20.12.2009 г. Бюл. № 35.
5. Пат. 75339 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Станок для обработки цапф помольных мельниц/ М.А. Федоренко, Ю.А. Бондаренко, Т.М. Федоренко; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2008104754/22, заявл. 07.02.2008, опубл. 10.08.2008 г. Бюл. № 22.
6. Пат. 38657 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В23 В5/32. Станок для обработки внутренних поверхностей тел вращения большого диаметра без их демонтажа / Ю.А. Бондаренко, М.А. Федоренко; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2003136526/20; заявл. 17.12.2003; опубл. 10.07.2004, Бюл. №20. – 1 с.
7. Санина Т.М. Способ восстановления работоспособности внутренних поверхностей вращения цапф крупногабаритного промышленного оборудования в условиях эксплуатации (монография) / Т.М. Санина. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2011 г. – 114 с.
8. Федоренко М.А., Федоренко Т.М., Бондаренко Ю.А. Исследование обеспечения необходимой шероховатости поверхности крупногабаритных вращающихся деталей приставными станочными модулями. Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова, № 2, Белгород, изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2008 г. с. 35-38.

# ФРЕЗЕРОВАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Карпов Ю.В., Марголит Р.Б.

РИ (ф) Университета машиностроения, Р.Ф., г.Рязань

Точение не является единственным способом обработки наружных цилиндрических поверхностей. Станки с ЧПУ, обладающие вращающимся инструментальным шпинделем или вращающимися шпинделями револьверных головок, могут обрабатывать такие поверхности не резцом, а многозубой торцевой фрезой.

В отличие от точения, при котором на токарных станках вращение заготовки является главным движением, в данном случае главное движение придается фрезе, а вращение заготовки является подачей.

Эффективным может оказаться фрезерование наружных цилиндрических поверхностей торцевой фрезой при следующих видах обработки:

- 1) прерывистых поверхностей, создающих неблагоприятное воздействие на резцы;
- 2) материалов, при точении которых затруднено дробление стружки,
- 3) эксцентриковых поверхностей кулачков, распределительных, коленчатых валов и других подобных деталей;
- 4) заготовок с неуравновешенными массами, когда при большой частоте вращения возникают центробежные силы, отрицательно влияющие на конечный результат;
- 5) заготовок большого диаметра.

При фрезеровании неизбежно возникает волнистость обработанной поверхности в продольном сечении заготовки. Природа этой погрешности состоит в пересечении двух цилиндров: заготовки и торцевой фрезы.

При решении вопроса о целесообразности перехода к фрезерованию цилиндрических поверхностей взамен точения приходится решать две задачи:

- 1) снижаются ли трудозатраты при фрезеровании в сравнении с точением;
- 2) какие пути приведут к снижению погрешности формы обработанной поверхности.

Обе задачи взаимосвязаны. Попытка снизить трудозатраты путем изменения параметров кинематической схемы фрезерования неизбежно приведет к увеличению волнистости на обработанной поверхности.

Попытаемся поочередно найти ответ на обе задачи.

Ось фрезы направлена перпендикулярно оси заготовки (оси центров станка). Формообразование происходит суммированием вращения заготовки и продольного перемещения фрезы по винтовой линии по поверхности заготовки.

Максимальный диаметр режущих инструментов, закрепленных в позициях револьверных головок или хранящихся в магазине без пропуска гнезд, для большинства токарных станков с ЧПУ не превышает 100 – 125 мм. Шаг винтовой линии вдоль оси с целью достижения высокой производительности можно задать достаточно большим, но безусловно, меньшим, чем диаметр фрезы. При решении второй задачи будет установлена связь шага винтовой линии и волны на обработанной поверхности.

Вращение заготовки определяет круговую подачу  $s_{\text{мин}}$ , которая подсчитывается по формуле торцевого фрезерования:

$$s_{\text{мин}} = s_z z n,$$

где  $s_z$  – подача на зуб, мм/зуб;

$z$  – число зубьев фрезы;

$n$  – частота вращения шпинделя об/мин.

Частота вращения  $n$  определяется по формуле:

$$n = \frac{1000v}{\pi D_{\text{ф}}},$$

где  $v$  – скорость резания м/мин;

$D_{\text{ф}}$  – диаметр фрезы, мм.

Выбор скорости резания определяется стойкостью режущего инструмента. При переходе от точения к фрезерованию параметр стойкости является дополнительным резервом повышения производительности, так как при одной и той же скорости резания замену фрезы на новую, в связи с затуплением режущих пластин, придется выполнять в  $z$  раз реже, чем замену режущих пластин у резцов.

Время фрезерования одного оборота  $t_{01}$  заготовки подсчитывается по формуле:

$$t_{01} = \frac{\pi D_z}{s_{\text{мин}}} \text{ (мин)},$$

где  $D_3$  – диаметр фрезерованной поверхности, мм.

Зададимся некоторым шагом  $P$  винтовой линии при фрезеровании в миллиметрах. Получится, что основное время  $t_{оф}$  фрезерования в минутах поверхности протяженностью  $l$  (в мм), составит:

$$t_{оф} = t_{о1} \left( \frac{l}{P} + 1 \right) \quad t_{оф} = \frac{\pi D_3}{s_{мин}} \left( \frac{l}{P} + 1 \right) \quad t_{оф} = \frac{\pi^2 D_3 D_ф}{1000 s_z z v} \left( \frac{l}{P} + 1 \right).$$

В скобках отношение длины к шагу определяет число шагов на поверхности, единица дополняет необходимость захода и выхода фрезы для обработки заготовки на всем ее протяжении.

Основное время при точении  $t_{от}$  с подачей  $s_o$  той же поверхности длиной  $l$  равно:

$$t_{от} = \frac{\pi D_3 l}{1000 v s_o}.$$

В формулах затрат времени при точении и при фрезеровании имеются одинаковые члены ( $l$ ,  $D_3$ ,  $v$ ) и различные  $s_o$ ,  $s_z$ ,  $D_ф$ .

Скорость резания  $v$  при точении и при фрезеровании практически одинакова, так в обоих случаях выполняется обработка материала заготовки твердым сплавом одной и той же группы и подгруппы применения.

Подача  $s_o$  при черновой обработке точением ограничена прочностью материала режущей пластины из современных твердых сплавов, может быть принята до 1,5 мм/об.

Подачу на зуб  $s_z$  при фрезеровании ограничивает объем срезанного материала, размещаемого в пространстве между зубьями. Если по условиям фрезерования плоской поверхности удаление стружки затруднено, то подача на зуб должна быть уменьшена до величины, меньшей 0,1 мм/зуб. Близкие к этим условия возникают при торцовом фрезеровании заготовки большого диаметра. При фрезеровании заготовки меньшего диаметра возникают более благоприятные условия для удаления стружки, и подачу можно увеличить до 0,4 мм/зуб. Сравнения затрат времени на обработку достаточно протяженной поверхности показывает, что с увеличением протяженности фрезеруемой поверхности влияние одного «лишнего» оборота заготовки на затраты основного времени падают.

Рассмотрим решение второй задачи, которая позволит установить связь между величиной шага винтовой линии  $P$  и допустимой погрешностью формы поверхности (Рисунок 1).

Следует задаться допустимой высотой волны  $\Delta$ . Правильным подходом будет, если принять ее, как часть допуска на размер диаметра детали. Следовательно, допуск на высоту волны зависит от качества точности диаметра обрабатываемой детали. Например, черновая обработка вала большого диаметра допустит высоту волны в десятые доли миллиметра, а при окончательной обработке вала средних размеров высота волны не должна превысить нескольких сотых долей миллиметра.

Ясно, что уменьшение шага приведет к уменьшению высоты волны  $\Delta$ , но одновременно к увеличению трудозатрат.

Высота волны зависит от нескольких параметров:

- 1) диаметра заготовки  $D_3$ ;
- 2) диаметра фрезы  $D_ф$ ;
- 3) расположения оси фрезы относительно оси заготовки;
- 4) шага  $P$  фрезерования.

На высоту волны большее влияние оказывают расположение оси фрезы по координатной оси  $Y$  относительно оси заготовки, лежащей в плоскости  $XZ$ , и шаг фрезерования  $P$ . Наихудший результат получится, если ось фрезы будет проходить через ось заготовки в плоскости  $XZ$ , а шаг равен диаметру фрезы. Высота волны в этом случае равна глубине резания.

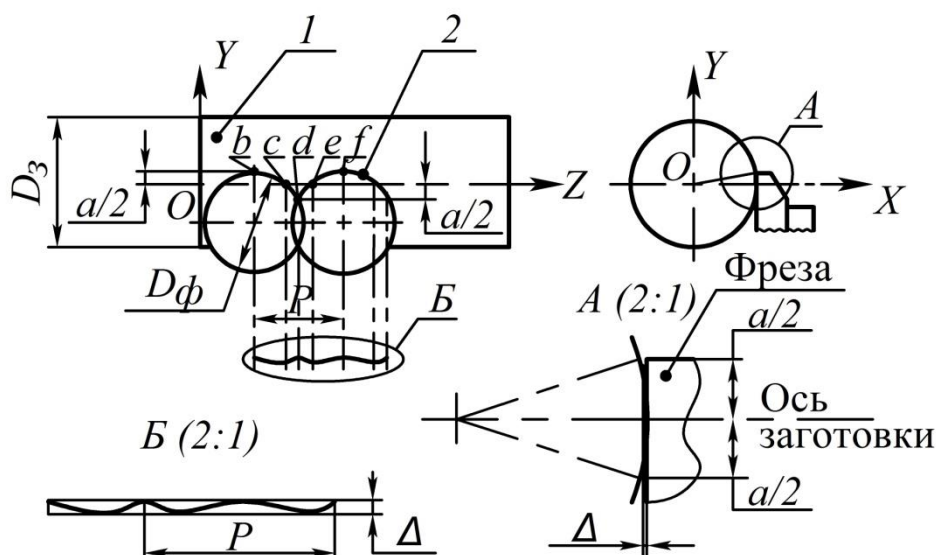


Рис.1. Схема фрезерования торцевой фрезой

На Рисунке 1 приведена наиболее благоприятная схема фрезерования заготовки 1 торцевой фрезой 2. Зубья фрезы, работающие с наибольшей глубиной резания, располагаются в точках с и е в горизонтальной плоскости XZ. В этих точках образуется наибольшая впадина волны. В точке b, лежащей на расстоянии a/2 от оси, имеется наибольший выступ, характеризующий высоту волны Δ (Табл.1):

$$\Delta = R_3 - \sqrt{R_3^2 - \frac{a^2}{4}},$$

где  $R_3$  – радиус заготовки, мм.

Величина высоты волны Δ в точках b и d зависит только от радиуса заготовки  $R_3$  и смещения по координате Y оси фрезы a/2 относительно оси Z на величину a/2. Решение обеих задач можно начинать с расчета параметра a/2, в зависимости от требуемой точности обработки.

В точках e и f повторяются величины высоты волны соответственно точек c и b.

В Табл.1 приведены значения Δ в зависимости от диаметра заготовки  $D_3$  и смещения a/2.

Таблица 1

Расчет погрешности Δ, мм

Смещение a/2	Диаметр заготовки, мм										
	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
	Погрешность Δ, мм										
2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6	0,11	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01
8	0,20	0,16	0,13	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02
10	0,31	0,25	0,20	0,16	0,13	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03
12	0,45	0,36	0,29	0,23	0,18	0,14	0,11	0,09	0,07	0,06	0,05
14	0,62	0,49	0,39	0,31	0,25	0,20	0,16	0,12	0,10	0,08	0,06
16	0,81	0,64	0,51	0,40	0,32	0,26	0,20	0,16	0,13	0,10	0,08
18	1,03	0,82	0,65	0,51	0,41	0,32	0,26	0,20	0,16	0,13	0,10
20	1,27	1,01	0,81	0,63	0,50	0,40	0,32	0,25	0,20	0,16	0,13

При выборе шага винтовой линии P следует выдержать условие, чтобы точка d пересечения проекций фрезы на двух смежных витках при ее винтовом перемещении лежала на том же расстоянии a/2, как точка b, но с противоположной стороны от оси заготовки. В этой точке на заготовке также возникнет наибольшая высота волны Δ, равная высоте в точке b. Таким образом, величина шага будет оптимальной. При меньшем шаге произойдут потери производительности, при большем шаге – завышенная волнистость.

$$a = R_{\phi} - \sqrt{R_{\phi}^2 - \frac{P^2}{4}} \quad P = \sqrt{8aR_{\phi} - 4a^2}$$

В Табл.2 приведены оптимальные значения шага винтовой линии  $P$  в зависимости от диаметра фрезы  $D_{\phi}$  и смещения  $a$ .

Таблица 2

Расчет шага винтовой линии  $P$ , мм

Диаметр фрезы $D_{\phi}$ , мм	Смещение $a/2$ , мм												
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
	Шаг винтовой линии, мм												
63	31	42	49	55	59	61							
80	35	48	57	64	69	73	76	78					
100	39	54	65	73	80	85	90	93	96	98			
125	44	61	74	84	92	98	104	109	113	117	119	122	
160	50	70	84	96	106	114	122	128	134	139	143	147	150

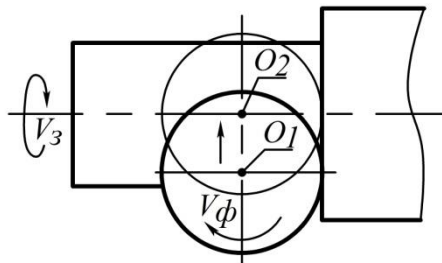


Рис.2. Фрезерование в упор

Отдельной проблемой является обработка цилиндрической поверхности «в упор», как это показано на Рисунке 2. На длине, равной радиусу фрезы появится недопустимо большое увеличение диаметра до размера, равного величине припуска.

Для съема этого материала необходимо выполнить еще один оборот заготовки, сместив ось фрезы по оси  $Y$  из точки  $O_1$  до плоскости  $XZ$  в точку  $O_2$ . Этот лишний оборот уравнивает трудозатраты при обработке «в упор» с трудозатратами обработки «на проход».

Пока не все токарные станки с ЧПУ обладают координатной осью  $Y$ , что является существенным препятствием к достижению высокой геометрической точности формы цилиндрической поверхности в продольном сечении заготовки, так как наименьшая погрешность достигается при оптимальном соотношении между смещением оси фрезы относительно оси заготовки и шагом винтовой линии при фрезеровании.

Выводы

1. Фрезерование взамен точения целесообразно во многих случаях, перечисленных в данной работе.
2. Фрезерование цилиндрической поверхности с высокой точностью поверхности может успешно выполняться на токарных станках с ЧПУ, снабженных координатной осью  $Y$ .
3. Фрезерование цилиндрической поверхности можно выполнять на фрезерных и расточных станках, имеющих ось поворота заготовки.
4. Наиболее высокая геометрическая точность наружной поверхности достигается при определенных соотношениях между четырьмя параметрами:
  - расположением оси фрезы по координатной оси  $Y$ ;
  - шагом винтовой линии перемещения фрезы по поверхности заготовки;
  - диаметром торцевой фрезы;
  - диаметром заготовки.

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

**АВТОНОМНОЕ ПИТАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ  
УСТРОЙСТВ В СИСТЕМАХ ОРОШЕНИЯ**

**Андреев С.А., Матвеев А.И.**

ФГБОУ ВО Российский государственный университет «МСХА имени К.А. Тимирязева», г.Москва

**AUTONOMOUS POWER SUPPLY FOR THE ELECTRON  
MEASUREMENT DEVICES IN IRRIGATION SYSTEMS**

This article describes the ability to use an electromagnetic background of artificial origin for the supply of electronic measuring devices. An example of practical implementation of this approach. As well as proposals and described the working scheme that allows to achieve the necessary results.

Keywords: electromagnetic radiation, oscillatory circuit, alternative energy

Реализация принципа дифференцированного учета потребления воды в оросительных системах предполагает установку измерительных устройств на многочисленных концах разветвленных водопроводных линий. При этом измерительные устройства должны не только выполнять роль расходомеров, но и передавать полученную информацию на удаленный сервер. Последнее неминуемо сопряжено с затратами энергии, которая должна обеспечивать бесперебойную работоспособность этих устройств.

Эксплуатация оросительных систем зачастую осуществляется в условиях отсутствия сетевого электроснабжения, а значительные разветвленность и протяженность водопроводных линий ставят под сомнение экономическую эффективность проводного подведения электроэнергии. По этой причине электропитание измерительных устройств целесообразно осуществляться автономно.

Использование химических источников энергии для автономного электропитания надо признать неперспективным, так как они требуют периодического обслуживания или замены. Иногда небольшое количество электрической энергии удастся получить за счет преобразования кинетической энергии потока воды. Однако при массовом использовании такой способ оказывается неэффективным вследствие повышенной нагрузки на водопроводные линии и насосы [1]. Известен положительный опыт некоторых фирм, использующих солнечные батареи для питания датчиков в системах орошения [6]. В то же время непостоянство солнечного излучения, а также небольшое количество солнечных дней в Центральной части России делают этот способ не вполне пригодным.

Перспективный прием получения электрической энергии для питания измерительных устройств заключается в преобразовании электромагнитного фона искусственного происхождения. Источником этого фона являются местные радиостанции, телевизионные передатчики, Wi-Fi роутеры и другие высокочастотные излучатели.

Практическое использование электромагнитного фона началось еще в начале 60-х годов XX века. Именно тогда, с появлением дешевых полупроводниковых приборов, были разработаны и подробно описаны разнообразные схемы полезных устройств (радиоприемников, генераторов, электронных часов и т.д.), питаемых от окружающей нас энергией электромагнитных полей [4, 5]. Разумеется, речь шла исключительно о низких уровнях энергии, способных обеспечить потребляемую мощность в несколько десятков миллиВатт.

За прошедшие десятилетия уровень электромагнитного фона в местах обитания людей вырос в несколько раз. К существовавшим в середине XX столетия источникам электромагнитного излучения добавились многочисленные радиоретрансляторы, базовые станции мобильной связи, транкинговые приемно-передающие узлы, всевозможное навигационное, охранное, информационно-оповещательное и прочее радиофицированное оборудование. При этом произошло как увеличение уровня фона, так и заметное смещение максимума излучения в область более коротких волн.

В последнее время интерес к практическому использованию электромагнитного фона искусственного происхождения заметно возрос. Идею преобразования электромагнитного фона в энергию питания маломощных потребителей начинают применять в самых различных областях. Так, например, исследователь из университета штата Вашингтон Шьям Голлакота руководит проектом по использованию рассеянной энергии для питания

мобильного оборудования в системах бесконтактных платежей [2]. Созданные им миниатюрные устройства позволяют осуществлять переводы виртуальных денежных средств при полном отсутствии аккумуляторов или внешних источников питания. При демонстрации устройств все встроенные светодиоды, сенсоры, микроконтроллеры и блоки связи нормально функционируют за счет энергии местных телевизионных станций.

Интересны исследования корпорации Powercast, которая еще в 2010 году выпустила приемник P2110B Powerharvester Receiver, способный собирать направленную и рассеянную электромагнитную энергию и преобразовывать ее в постоянное напряжение. Полученная энергия обеспечивает подзарядку аккумуляторных батарей для питания слаботочной радиоаппаратуры. По заявлениям разработчика приемник генерирует напряжение 5,24\5 В и обеспечивает ток порядка 50 мА [7].

Использование рассеянной электромагнитной энергии для питания измерительных устройств в системах орошения оказывается привлекательным, по ряду причин:

1. измерительные устройства установлены неподвижно, что определяет постоянство условий приема электромагнитного фона;
2. интенсивность электромагнитного фона оказывается во многом прогнозируемой, поскольку работа большинства его источников подчиняются известным графикам;
3. мощность, потребляемая передающими модулями, является соизмеримой с мощностными характеристиками приемного устройства;
4. специфика эксплуатации измерительных устройств позволяет осуществлять передачу данных на удаленный сервер в периодическом режиме, что определяет возможность чередовать режимы накопления и использования преобразованной энергии электромагнитного фона;
5. приемные устройства легко настраиваются на частоту доминирующего источника, что открывает возможность эффективного использования энергии электромагнитного фона; переход от одной доминирующей частоты к другой несложно осуществлять в автоматическом режиме.

На Рисунке 1 представлена функциональная схема измерительного устройства, осуществляющего замеры расхода воды и передачу информации на удаленный сервер, а на рис.2 – принципиальная электрическая схема блока подзарядки [3].

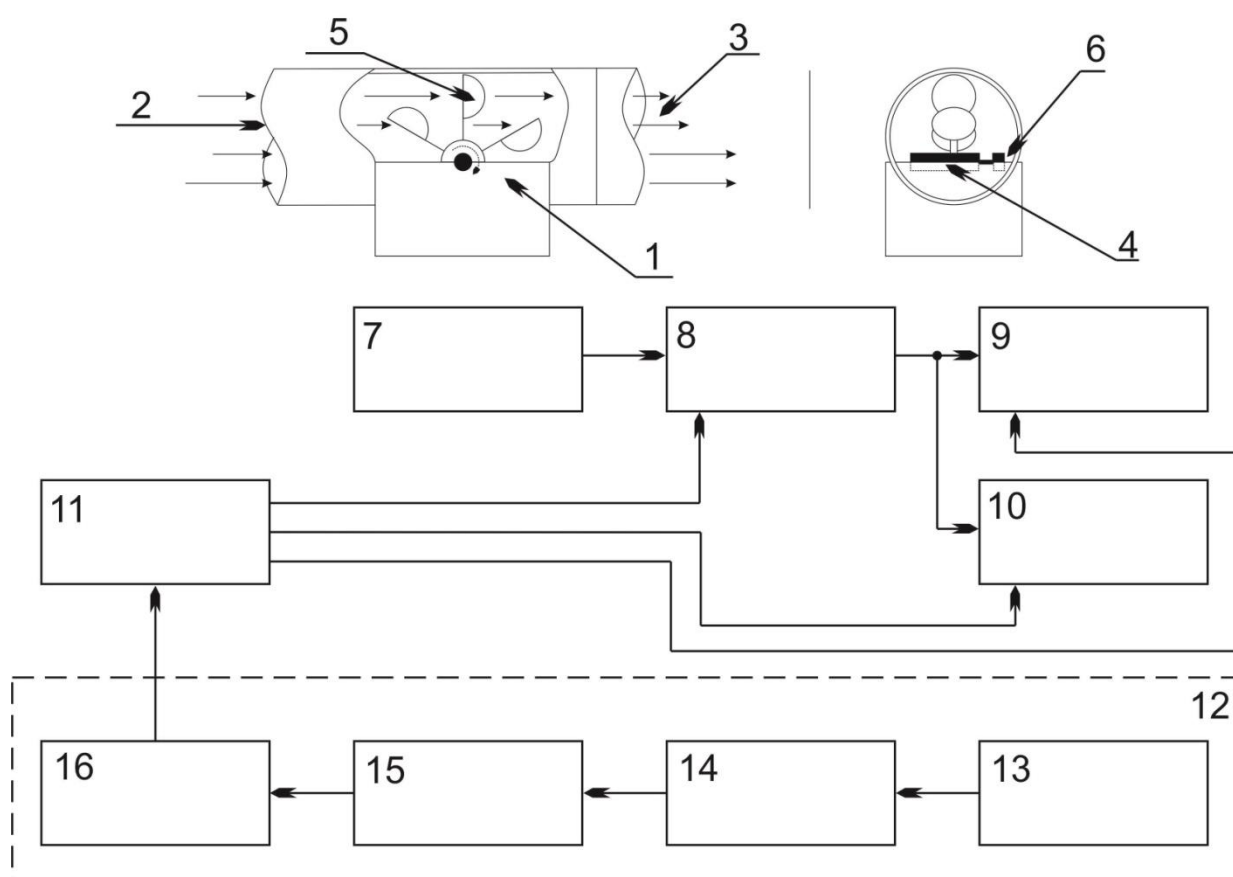


Рис.1. Функциональная схема измерительного устройства.



Измерительное устройство содержит корпус 1, имеющий входное отверстие 2 и выходное отверстие 3. В полости корпуса 1 расположен вал 4, продольная ось которого перпендикулярна потоку жидкости. На валу 4 жестко закреплены крыльчатка 5 и магнит 6 с возможностью вращения относительно продольной оси вала 4. В качестве магнита 6 в разработанной конструкции использован постоянный магнит из композиционного материала  $Nd_2Fe_{14}B$ .

Счетный геркон 7 (магнитоуправляемый контакт) установлен в зоне уверенного воздействия магнитного поля, создаваемого постоянным магнитом 6 (с зазором 0,8...2,0 мм от окружности, описываемой магнитом 6 при вращении вала 4). Счетный геркон 7 связан с вычислительным устройством 8, представляющим собой микросхему, реализующую функции суммирования импульсов. Выход вычислительного устройства 8 подключен к жидkokристаллическому индикатору 9 и блоку 10 управления. В качестве блока 10 управления использован каскад микросхем, реализующий функции хранения информации и формирования файлов для их периодической передачи во внешнюю информационную сеть.

Вычислительное устройство 8, жидkokристаллический индикатор 9 и блок 10 управления подключены к источнику 11 электропитания. В качестве источника 11 электропитания использован литиевый микроаккумулятор CR2032.

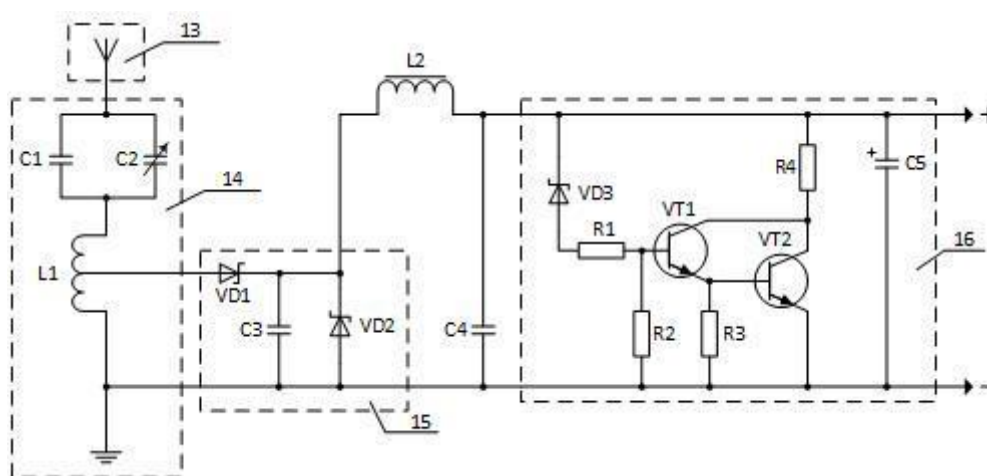


Рис.2. Принципиальная электрическая схема блока подзарядки

Блок подзарядки содержит антенну 13, колебательный контур 14, выпрямитель 15 и стабилизатор 16 напряжения. Антенна 13 представляет собой сверхширокополосный приемный элемент, в качестве которого использован отрезок провода произвольного диаметра. Антенна 13 через колебательный контур 14 подсоединена ко входу выпрямителя 15. Колебательный контур 14 образован совокупностью емкостей параллельно соединенных конденсаторов C1 и C2 и индуктивности катушки L1. В разработанной конструкции использована однополупериодная схема выпрямителя 15 на диодах Шоттки VD1 и VD2. Выход выпрямителя 15 через стабилизатор 16 напряжения соединен с источником электропитания 11. Стабилизатор 16 напряжения включает в себя стабилитрон VD3, компенсационную схему на полупроводниковых триодах VT1 и VT2 и сглаживающий конденсатор C5.

Номиналы емкостей конденсаторов C1, C2 и индуктивности катушки L1 подобраны таким образом, чтобы в образуемой ими цепи возникал резонанс на частоте преобладающего электромагнитного фона промышленного происхождения. Такой фон может создаваться несущей частотой ближайших радиостанций, телевизионных передатчиков, Wi-Fi-роутеров и другими излучателями радиоволн. При этом вид модуляции (амплитудная или фазовая) принципиального значения не имеет. В разработанной конструкции использовался электромагнитный фон промышленного происхождения, создаваемый местной радиостанцией средневолнового диапазона (несущая частота 1370 МГц). При этом для достижения резонанса суммарная емкость конденсаторов C1 и C2 составляет 950 пФ, а индуктивность катушки L1 – 39 мкГн. Катушка индуктивности L1 намотана на каркасе диаметром 50 мм и содержит 60 витков провода диаметром 1,6 мм с длиной намотки – 250 мм (шаг – примерно 4 мм). Магнитопровод дросселя L2 – кольцевой Т-106-2 (27x14,5x11,1 мм) из карбонильного железа, обмотка состоит из 88 витков провода диаметром 0,4 мм.

Измерительное устройство работает следующим образом.

Измерительное устройство устанавливается в трубопроводе. Текущая вода попадает в корпус 1 через входное отверстие 2 и удаляется из него через выходное отверстие 3 (на Рисунке 1 направление движения жидкости показано стрелками слева направо). Перемещаясь в полости корпуса 1, вода взаимодействует с лопастями крыльчатки 5 и приводит ее во вращательное движение. Одновременно с крыльчаткой 5 происходит вращение вала 4 и магнита 6. При каждом обороте магнита 6 вокруг продольной оси вала 4 происходит срабатывание счетного геркона 7. На выходе счетного геркона 7 формируются импульсы, которые поступают на вход вычислительного устройства 8. В вычислительном устройстве 8 осуществляется суммирование импульсов в течение заданного интервала времени. С выхода вычислительного устройства 8 результаты суммирования импульсов в двоичном коде подаются на входы жидкокристаллического индикатора 9 и блока 10 управления. В жидкокристаллическом индикаторе 9 происходит преобразование поступивших сигналов в десятичную форму и их подача на жидкокристаллические элементы для визуального контроля текущего расхода воды. В блоке 10 управления осуществляется хранение информации, а также формирование файлов для их периодической передачи на удаленный сервер. Питание вычислительного устройства 8, блока 10 управления и жидкокристаллического индикатора 9 осуществляется от источника 11 электропитания.

Электромагнитный фон промышленного происхождения воспринимается антенной 13 блока 12 подзарядки. В колебательном контуре 14 возникает явление резонанса и на его выходе появляется переменное электрическое напряжение. Это электрическое напряжение поступает на выпрямитель 15, где происходит его выпрямление (детектирование).

Электрическое напряжение, образуемое в колебательном контуре 14, имеет некоторый постоянный

уровень  $U_0$ , на который наложены колебания звуковой частоты с амплитудой  $U_m$ . Отношение  $\frac{U_m}{U_0}$

соответствует коэффициенту модуляции сигнала  $m$ . Известно, что мощность в цепи постоянного тока

находится как  $\frac{U_0^2}{R}$ , а мощность переменной составляющей – как  $\frac{U_m^2}{2R}$ . Поэтому мощность колебаний звуковой

частоты составляет лишь  $\frac{m^2}{2}$  от мощности постоянного тока в нагрузке детектора. Это соответствует и

отношению мощности боковых полос к мощности несущей в спектре амплитудной модуляции сигнала.

Коэффициент модуляции в современных радиостанциях редко достигает единицы, а за счет тихих звуков и пауз он практически составляет существенно меньшую величину. Даже при среднем коэффициенте модуляции 30% ( $m = 0,3$ ),

нормированном ГОСТ, мощность протектированного сигнала звуковой частоты составляет всего 4,5% от мощности протектированной несущей. Следовательно, при наличии электромагнитного фона промышленного происхождения на выходе выпрямителя 15 будет концентрироваться электрическая энергия, которую можно использовать для подзарядки источника 11 электропитания.

Постоянное напряжение с выхода выпрямителя 15 поступает на стабилизатор 16 напряжения, в котором осуществляется его поддержание на заданном уровне, защита источника 11 электропитания от перезарядки и защита диодов VD1 и VD2 при отключении источника 11 электропитания (из-за возможного их пробоя обратным напряжением). При напряжении на нагрузке (на входных клеммах источника 11 электропитания) установленного значения ток через стабилитрон VD3 не протекает, и поэтому полупроводниковые триоды VT1 и VT2 остаются в закрытом состоянии. При увеличении напряжения сверх установленного значения они открываются и резистор R4 шунтирует выход стабилизатора 16 напряжения.

С выхода стабилизатора 16 электрическая энергия подается на источник 11 электропитания, осуществляя его подзарядку.

За счет работы блока 12 подзарядки измерительное устройство не требует обслуживания на протяжении всего срока службы источника 11 электропитания. Кроме того, при подключении блока 11 управления к внешнему контроллеру (или компьютеру) оказывается возможным извлечение информации о расходе воды в произвольный момент времени в период работы устройства, а также о количестве расходуемой воды за произвольный интервал времени. При подключении блока 11 управления во внешнюю информационную сеть, оказывается возможным использование измерительного устройства в системе коммерческого учета. При этом устройство измерения расхода воды выполняет функцию первичного преобразователя, а учет расхода осуществляется централизованно на удаленном сервере.

### Список литературы

1. Матвеев А.И., Андреев С.А. Использование генераторных расходомеров в автоматизированных системах учета воды // А.И.Матвеев, С.А.Андреев // Инновационные технологии в АПК: теория и практика: Сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции / МНИЦ ПГСХА.-Пенза: РИО ПГСХА, 2015.- с.94-97
2. Наука 21 век, Август 15th, 2013, Новые устройства берут энергию из радиосигналов. URL: <http://nauka21vek.ru/archives/51808>
3. Патент №155165 Российская Федерация. МПК G01F1/00 (2006,01) Устройство для измерения расхода жидкости / Андреев С.А., Матвеев А.И. – № 2015100179/28; заявл. 13.01.2015; опубл. 27.09.2015. Бюл. № 27.
4. Транзисторные приемники без источников энергии // Радио 1962, №6 – С.53.
5. О питании радиоприемников «свободной энергией» //Радио 1997, № 1 – С. 22...23.
6. ITU NEWS. No. 1 January 2014. Big data, big deal, big challenge. Smart irrigation for sustainable agriculture in Abu Dhabi. URL: <https://itunews.itu.int/ru/Note.aspx?Note=4884>
7. Product Datasheet P2110 – 915 MHz RF Powerharvester™ Receiver, SPECIFICATIONS

## АККУМУЛИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОННО-ЕМКОСТНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

Каганов В.И.

Московский технологический университет МИРЭА, г.Москва

Рассматривается структура аккумулирующей электронно-емкостной электростанции, в которой накопление электроэнергии осуществляется с помощью конденсаторов сверхвысокой емкости – ионисторов. .

Исследуется работа ключевого инвертора последовательного типа частотой 50 Гц . Делается заключение о необходимости широкого применения электростанций подобного типа.

Ключевые слова. электростанция, накопление энергии, ионистор, инвертор.

Сущность проблемы.

Особенностью работы любой энергетической системы является практически одномоментное производство и потребление электроэнергии и необходимость непрерывного поддержания равенства двух мощностей: генерируемой и потребляемой. Нарушение такого равенства приводит к изменению параметров

сети по напряжению и частоте, а при повышенном отклонении – к потере динамической устойчивости и нарушению нормального функционирования энергосистемы. Поскольку потребление электроэнергии носит хаотический характер, то поддержание указанного баланса осуществляется путем изменения мощности, генерируемой электростанциями, по указанию диспетчера с помощью программного комплекса автоматического регулирования активной и реактивной мощностей потоков электрической энергии, циркулирующих в системе. Изменение мощности электростанции есть по существу изменение мощности входящих в ее состав генераторов путем перехода из одного режима работы в другой. Однако такое частое регулирование мощности генераторов крайне неблагоприятно сказывается на их работе, вплоть до аварий [1].

Более совершенным способом поддержания баланса двух категорий мощностей является включение в энергетическую систему накопителей, аккумулирующих электроэнергию при ее пониженном потреблении и после преобразования питающими электросетью при возрастающем потреблении выше определенного уровня, что может быть выражено с помощью следующего уравнения:

$$\sum_{m=1}^M P_{\text{ГЕН.}m}(t) = \sum_{n=1}^N P_{\text{ПОТР.}n}(t) \pm \sum_{k=1}^K P_{\text{НАК}k}(t), \quad (1)$$

где  $P_{\text{ГЕН.}m}$  – мощность  $m$ -го генератора,  $M$  – число таких генераторов,  $P_{\text{ПОТР.}n}$  – мощность, потребляемая  $n$ -ой нагрузкой с учетом потерь в сети,  $N$ – число таких нагрузок,  $P_{\text{НАК}k}$  – мощность  $k$ -го накопителя,  $K$ – число таких накопителей, сумма генерируемых мощностей постоянна.

В уравнении (1) знак «+» соответствует режиму накопления энергии, знак «-» – режиму отдачи накопленной энергии в сеть.

При данном способе выравнивания потоков генерируемой и потребляемой электрической энергии предполагается стабильная, практически неизменная работа всех генераторов, входящих в систему, что повышает

их надежность, долговечность и безопасность. В этом случае мощность в энергетической системе управляется только за счет накопителей электроэнергии, которые работают в одном из трех режимов: накопления электроэнергии, ее хранения и после преобразования передачи в общую электрическую сеть.

Структура электронно-емкостной электростанции.

В такой электростанции накопление электрической энергии предлагается осуществлять с помощью электрохимических конденсаторов сверхвысокой емкости, называемых ионисторами. Последние на основе активированного угля имеют такие параметры: запасаемая энергия – до 50 МДж, напряжение – до 800 В, удельная отдаваемая энергия – до 36 кДж/кг, количество циклов заряд-разряд – более миллиона [2].

Электростанция включает определенное число модулей «накопитель-генератор электроэнергии» мощностью до 10-20 кВт, микропроцессорный блок управления параметрами электростанции в режимах накопления и генерации электрических колебаний частотой 50 Гц и блок трансформаторов, суммирующих мощности всех модулей (Рисунок 1).

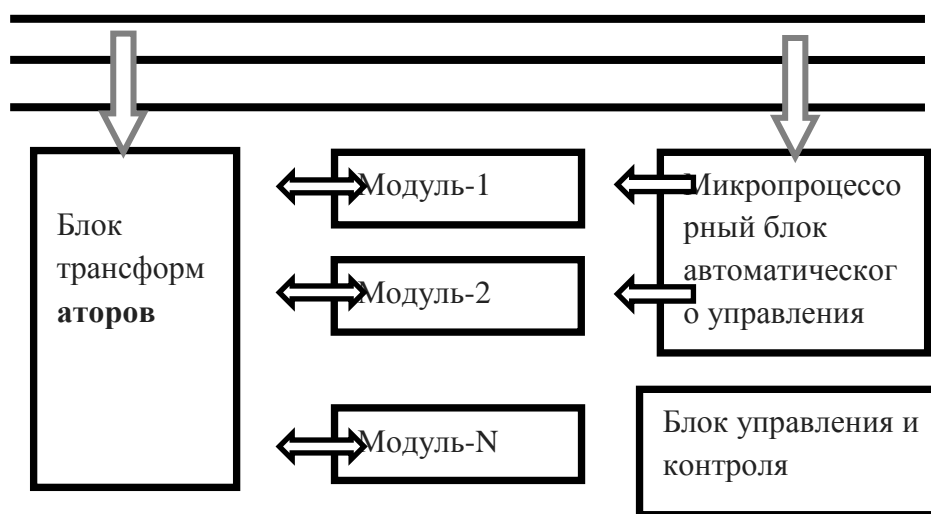


Рис.1.

Мощность электростанции может варьироваться в широких пределах в зависимости от числа входящих в нее модулей. При переводе аккумулирующей электростанции в режим генерации и подключении к общей сети частота, фаза и напряжение колебаний должны соответствовать тем же параметрам энергетической системы, в которую станция начинает отдавать мощность. Выполнение этого требования, а также всех других функций по управлению электростанцией, осуществляется с помощью микропроцессорного блока автоматического регулирования.

Управление рассматриваемой электростанцией может быть дистанционное по радиоканалу или волоконно-оптической линии связи, без постоянного присутствия на станции обслуживающего персонала. Электростанция требуемой мощности размещается в специальном ангаре в любом удобном для энергетической системы месте.

Электронно- емкостной накопитель-генератор

Центральным звеном накопительной электростанции является модуль «накопитель-генератор», работающий в двух режимах: накопления энергии величиной  $W_H$  и генерации переменного тока частотой 50 Гц мощностью  $P_G$ .

Модуль включает пять блоков: выпрямитель с выходным напряжением  $U_0$  для заряда конденсаторов; блок конденсаторов (ионисторов) – накопителей электроэнергии постоянного тока; транзисторный автогенератор частотой 50 Гц, управляемый по частоте и начальной фазе колебаний; полупроводниковый генератор мощных колебаний (инвертор) и микропроцессорный блок автоматического управления параметрами модуля.

Будем исходить из необходимости работы каждого модуля в режиме генерации колебаний в течение 3-х часов и допустимом разряде ионисторов до напряжения  $U_P = 0,7 U_0$ , где  $U_0$  есть напряжение заряда конденсатора. С учетом данных условий основные параметры модуля мощностью 2 и 10 кВт приведены в Табл.2

Таблица 1

№/№	Параметр	Величина	Величина
1	Мощность генератора частотой 50 Гц	2кВт	10 кВт
2	Накапливаемая энергия	43МДж	220МДж
3	Емкость супер-конденсаторов	140 ф	1200 ф
4	Напряжение заряда конденсатора	250в	600в
5	КПД генератора	85%	85%
6	Удельная энергоёмкость	60 кдж/кг	60 кдж/кг
7	Масса модуля	800кг	4000кг

Электрическая схема инверторного генератора, входящего в состав модуля, приведена на Рисунке 2. В качестве ключей в ней используются биполярные транзисторы с изолированным затвором ( Insulated-gate bipolar transistor —IGBT), позволяющие коммутировать токи в сотни ампер. Так, например, транзистор IGBT-1214 допускает коммутацию тока до 300А при напряжении до 1200в [3]. Компьютерная модель приведенной схемы инвертора основывается на двух нелинейных дифференциальных уравнениях .

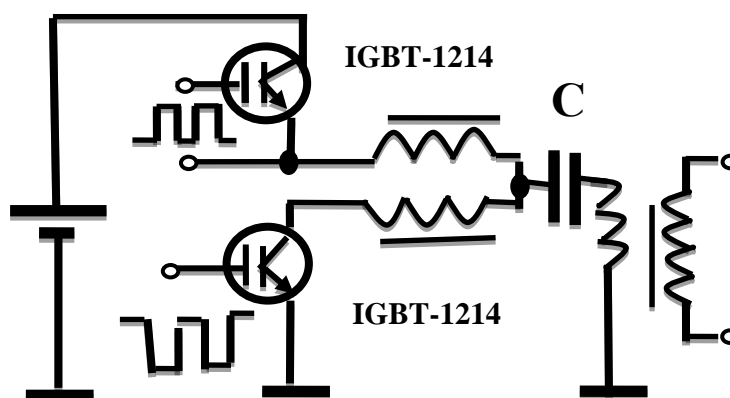


Рис.2.

Первое из них относится к режиму заряда конденсатора  $C$  при замыкании верхнего ключа в течение времени  $0 \leq t \leq 0,5T$  :

$$\frac{d^2 u}{dt^2} + \frac{\omega_{p1}}{Q} \frac{du}{dt} + (\omega_{p1})^2 u + (\omega_{p1})^2 k \Psi(u) = (\omega_{p1})^2 E ; \quad (2)$$

второе – режиму разряда конденсатора  $C$  при замыкании нижнего ключа в течение времени  $0 \leq t \leq 0,5T$  :

$$\frac{d^2 u}{dt^2} + \frac{\omega_{p2}}{Q} \frac{du}{dt} + (\omega_{p2})^2 u + (\omega_{p2})^2 k \Psi(u) = 0 , \quad (3)$$

где  $u$  - напряжение на конденсаторе,  $T=0,02с$  – период генерируемых колебаний ,  $Q$  - добротность контура ,  $\Psi(u)$  – нелинейная функция , описывающая свойства электронного ключа при его замыкании,  $E$  – напряжение заряда конденсатора  $C$  ;  $\omega_{p1}=2\pi f_{p1}$  ,  $\omega_{p2}=2\pi f_{p2}$  - резонансные частоты контура соответственно в режиме заряда и разряда конденсатора. Обе резонансные частоты  $f_{p1}$  и  $f_{p2}$  близки к 50 Гц .

Совместное решение уравнений (2) и (3) проводится по компьютерной программе с учетом сшивания значения функции и ее производных в момент переключения схемы при  $t_0=0,5T$ . Пример графиков решения уравнений (3) и (4) для получения переменного напряжения промышленной частоты 50 Гц мощностью 10 кВт при напряжении питания  $E=400$  В, емкости  $C=0,005Ф$  приведены на Рисунке 3, где 1-график напряжения на конденсаторе  $C$ , 2 – график тока.

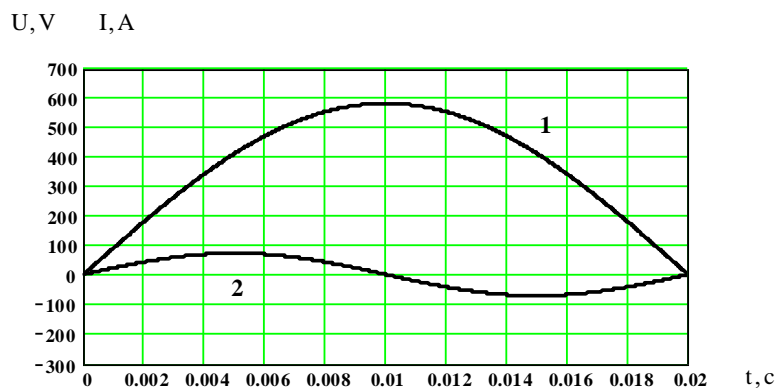


Рис.3.

Созданный лабораторный макет инвертора последовательного типа согласно схеме Рисунок 1 подтвердил показатели, полученные при компьютерном моделировании.

**Заключение**

- Современная электроэнергетическая система для повышения ее надежности и иных показателей должна включать в свой состав аккумулирующие (накопительные) электростанции.
- Наиболее целесообразно в качестве последних применять электронно-емкостные, дистанционно управляемые электростанции, используя в качестве накопителей энергии конденсаторы сверхвысокой емкости – ионисторы, а ключевых элементов в инверторах – биполярные транзисторы с изолированным затвором.
- Проведенные лабораторные исследования и разработанные компьютерные программы позволяют перейти к промышленной разработке подобной электростанции.

**Список литературы**

1. Акт технического расследования причин аварии на Саяно-Шушенской ГЭС 17 августа 2009 г : Интернет: <http://wikisource.org> .
2. Сошигов А.Г., Угаров Г.Г. Накопители энергии в электроэнергетических системах. – Волгоград: РПК «Политехник», 2007.
3. Супеконденсаторы. Интернет. [www.electrosad.ru](http://www.electrosad.ru).

**МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ПРОЖЕКТОРА С БОЛЕЕ ВЫСОКОЙ ЭКОНОМИЧНОСТЬЮ**

**Березин В.В., Акбиров З.Р., Смолкин Р., Байгалиев Б.Е.**

КНИТУ-КАИ им. Туполева, РФ, г.Казань

Светодиод – это прибор, состоящий из полупроводников. Он предназначен для обработки электрического тока в световое излучение, то есть, электромагнитное излучение видимой части спектра. Что касается названия, то аббревиатура «LED», расшифровывается как – «Light Emitting Diode» и обозначает все тот же «светодиод».

Светодиод преобразовывает электрический ток в световое излучение почти без выделения тепла, вследствие чего КПД светодиода достаточно высок. Вырабатываемый свет светодиода, с точки зрения дизайнеров, является более чистым. В сравнении с другими лампами срок службы светодиода значительно больше. Конструкция светодиода прочна и надежна. Для работы светодиодов не требуется высоких напряжений, а значит, они безопасны.

Светодиодное освещение — одно из перспективных направлений технологий искусственного освещения, основанное на использовании светодиодов в качестве источника света. Развитие светодиодного освещения непосредственно связано с достижениями в технологии белых светодиодов. Разработаны так называемые сверхяркие светодиоды, специально предназначенные для искусственного освещения.

Светодиодные осветительные приборы сравнительно новое изобретение. Но, не смотря на это, они в большинстве случаев превосходят традиционные источники света по энергетической эффективности, качеству света, рентабельности и экологичности. Светодиодные осветительные приборы превосходят лампы накаливания

практически во всех областях применения, а разрядные лампы высокого давления – в областях, требующих использования цветного света.

Для повышения эффективности и уменьшения расходов на создание светодиодных осветительных приборов, мы предлагаем выполнить два нововведения:

- 1) выполнить корпус осветительного прибора из полимерных материалов;
- 2) убрать из конструкции светодиодного осветительного прибора радиатор.

Представим ниже элементы светодиодного осветительного прибора:

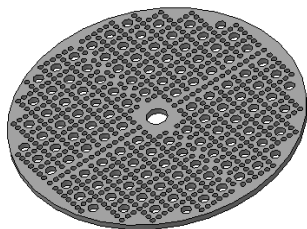


Рис.1. Пластина с отверстиями 2 шт.: верхняя и нижняя, Предназначенные для крепления и расположения светодиодов, а так же для отвода теплого воздуха от диодов через отверстия.

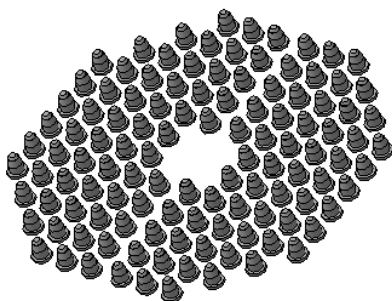


Рис.2. Сетка диодов, предназначенная для преобразования электрической энергии в энергию светоизлучения.



Рис.3. Прижимные кольца 2 шт., предназначенные для скрепления 2-ух пластин с отверстиями, диодов и платы.

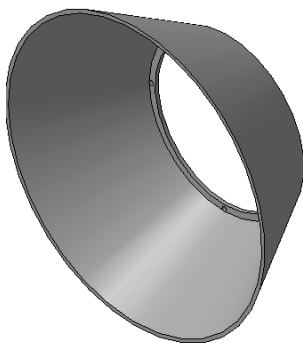


Рис.4. Отражатель, предназначенный для защиты диодов, концентрации и направления светового потока.

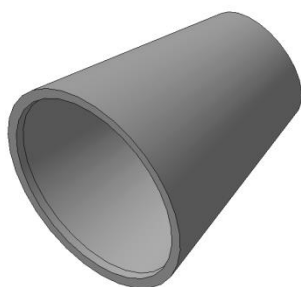


Рис.5. Воздухоотвод, предназначенный для расположения драйверов и отвода горячего воздуха. Поступающего через отверстия пластин (1), а так же для охлаждения драйверов.

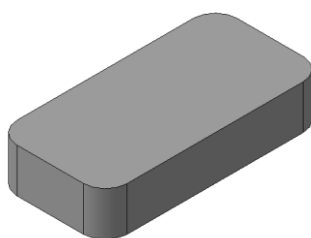


Рис.6. Блок драйвер, предназначенный для управления режимом света, а так же является выпрямителем.

Элементы светодиодного осветительного прибора выполним из полимерного материала. Он является легким, дешевым и простым в работе. Этим мы уменьшаем массу конструкции прибора.

Светодиоды не излучают тепла в потоке света (т.е. обладают холодными пучками света), но они все же вырабатывают тепло. Тепловая энергия зависит от потребляемой мощности и эффективности системы. Для нормальной работы осветителя, необходимо создать рабочую среду для светодиодов. Так как из-за сильного нагрева снижается световой поток светодиодов и система может выйти из строя (перегреться или сгореть). Для нормальной работы светодиодного прибора необходимо отводить генерируемое в нем тепло. В светодиодном прожекторе эту функцию выполняют специальные радиаторы (как правило, изготовленные из алюминия). Радиатор – это устройство для охлаждения нагревающихся при работе элементов конструкции светодиодного осветительного прибора. Использование в конструкции светодиодного осветительного прибора радиатора, значительно увеличивает его вес и стоимость.

Чтобы интенсивность отвода тепла была необходимой для нормальной работы прожектора, необходимо увеличить коэффициент теплоотдачи. Увеличение коэффициента теплоотдачи обеспечивается за счет организации системы отверстий около каждого светодиода. Охлаждение осуществляется окружающим воздушным потоком. Скорость потока увеличивается за счет применения конусообразного отражателя, который защищает светодиоды, и конусообразного воздуховода. Так же в конусообразном воздуховоде располагаются драйвера. В случае перегрева светодиодов, возможно применение вентилятора, установленного в конусообразном воздуховоде. Установка вентилятора увеличивает скорость потока воздуха, что увеличивает коэффициент теплоотдачи и тем самым увеличивает количество отводимого тепла от светодиодов. В различные времена года мощность, потребляемая вентилятором, будет различна (в теплое время года больше, в холодное меньше).

Светодиодные осветительные приборы, стоящие сегодня на производстве, имеют массу 6,5 кг. При замене металлических деталей осветителя, на детали изготовленные из полимерных материалов, и отказе от использования алюминиевого радиатора для отвода энергии, мы можем добиться уменьшения массы конструкции до 2 кг. И что не менее важно, мы значительно сокращаем стоимость прибора.

Создание деталей из полимерных материалов значительно упрощает и удешевляет процесс изготовления, по сравнению с деталями из металла. Ресурс изделия из полимерных материалов больше чем металлических.



### Список литературы

1. Джонатан Вейнерт – справочник «Светодиодное освещение – принципы работы, преимущества и область применения», г.2010, стр.156;
2. Шуберт Ф.Е. – «Светодиоды», г.2008, стр. 496;
3. Г.А. Мухачев, В.К. Щукин – «Термодинамика и теплопередача», г.1991, стр. 480.

## О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ

**Халилова А.Х.**

ФГБОУ ВО «Дагестанский Государственный технический университет»

Из-за агрессивности раствора геотермальных вод большинства месторождений использование их в качестве источников тепловой энергии ухудшает качество работы, а также сокращает срок службы технологического оборудования. В этом плане проблема с отложениями труднорастворимых солей в теплоэнергетическом оборудовании является одной из главных. Чаще всего, солевые отложения образованы, в основном, из твердой фазы карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ). Образуется она при нарушении карбонатно-кальциевого равновесия в растворе воды:



В большинстве случаев избежать этот процесс не удастся по причине сильного понижения давления в энергетическом оборудовании при выходе геотермальной воды на поверхность Земли. К примеру, на месторождении Каясула в Ставропольском крае при давлении ниже 2,8 МПа (при температуре воды 155°C) нарушается углекислотное равновесие. На месторождении Тарумовка в Республике Дагестан при температуре воды 171°C твердые отложения карбоната кальция образуются при давлении менее 10 МПа [1,2].

Существующие на сегодняшний день технологии не позволяют решать проблему защиты геотермальных энергетических устройств и систем от отложений карбоната кальция. Методы использования кислоты, а также химических ингибиторов для стабилизации воды связаны как с проблемами экономическими, так и экологическими. К тому же использование химических реагентов, в ряде случаев, не дает положительных эффектов. Нет исследований по влиянию ингибированной воды на массообменные процессы при закачке ее обратно в водоносный горизонт. Использование магнитного поля и ультразвука для стабилизационной обработки воды, в основном, связывают с образованием центров кристаллизации, адсорбирующих на своей поверхности молекулы карбоната кальция, предотвращая тем самым их осаждение на поверхности теплоэнергетического оборудования. В тоже время, опытные исследования показывают, что количество центров кристаллизации недостаточно для стабилизации воды. Для этого, как показали исследования [3], необходимо извне добавлять в обрабатываемую воду кристаллы затравки с развитой поверхностью.

В связи с вышеизложенным возникает необходимость в разработке новых режимов эксплуатации энергетического оборудования геотермальных систем без солеотложения, которые позволят повысить эффективность его работы.

Обзор научной литературы в данном направлении показывает, что на сегодняшний день наиболее перспективными методами защиты энергетического оборудования представляются методы поддержания параметров теплоносителя, обеспечивающих эксплуатацию энергетического оборудования в условиях без солеотложения. Эти условия поддерживаются значениями давления и температуры теплоносителя, температуры теплообменной стенки, а также скорой стабилизацией воды затравочными частицами с одновременной защитой емкости для обработки воды от твердых отложений [4,5]. В тоже время, необходимо отметить, что для обеспечения условий безнакипного режима работы энергетического оборудования необходим постоянный неразрушающий контроль. Такой контроль обеспечивается в исследованных в работах [6,7] датчиками солеотложения. Они основаны на измерении электро- и теплопроводности раствора воды, отложений и стенки оборудования. При этом совместное использование разработанных методов эксплуатации и контроля оборудования с подбором оптимальных параметров теплоносителя позволит повысить эффективность его работы.

Так как для геотермальной воды каждой скважины имеются свои равновесные параметры давления и температуры, то необходимо разработать программу по их оптимизации для тех или иных условий эксплуатации геотермального оборудования. Это позволит подбирать режимы эксплуатации геотермального оборудования на

любых скважинах в условиях без солеотложения. В этом плане хорошую перспективу имеет внедрение внутрискважинных теплообменников в системе подземной циркуляции геотермальной воды. В данном случае имеется возможность стабилизации воды в стволе скважины до выхода ее в наземное оборудование [8].

#### Список литературы

1. Ахмедов Г.Я. Защита геотермальных систем от карбонатных отложений. М.: Научный мир, 2012.- 330 с.
2. Ахмедов Г.Я. К ВОПРОСУ об эксплуатации энергетических систем в условиях декарбонизации геотермальных вод//Вестник Дагестанского государственного технического университета.- 2013.- Т. 28.- № 1.- С. 63 – 69.
3. Ахмедов Р.Б., Новиков Б.Е., Ахмедов Г.Я. Исследование метода предотвращения отложений солей в геотермальных системах путем рециркуляции затравочных частиц //Промышленная энергетика.- 1986.- №11.- С. 41-43.
4. Ахмедов Г.Я. Повышение эффективности использования геотермальной воды для горячего водоснабжения//Водоснабжение и санитарная техника.- 2010.- № 2.- С. 18-23.
5. Ахмедов Г.Я. Защита геотермальных систем водоподготовки от карбонатных отложений //Энергосбережение и водоподготовка.- 2010.- № 6.- С. 18-21.
6. Ахмедов Г. Я. О некоторых методах контроля солеотложения в геотермальной энергетике//Промышленная энергетика.- 2010.- № 6.- С. 58-62.
7. Ахмедов Г.Я. Измерение толщины солеотложения в геотермальных системах //Ползуновский вестник.- 2011.- № 3/1.- С. 175 – 178.
8. Ахмедов Г.Я. К вопросу об использовании внутрискважинных теплообменников в геотермальной энергетике//Промышленная энергетика.- 2011.- С. 13-17.

#### СЕКЦИЯ №6.

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

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ IDEF3 ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ БУРЕНИЯ

**Каюмов Э.Ф., Исмаков Р.А., Кирюшин О.В.**

УГНТУ, РФ, г.Уфа

Процессы бурения скважин относятся к сложным процессам, при моделировании и анализе которых, алгоритм функционирования трудно или невозможно описать математически. Для решения задач моделирования подобных систем существуют различные методологии и стандарты, с помощью которых можно эффективно отображать и анализировать модели сложных систем в различных разрезах. В итоге использование методологии построения графических моделей таких сложных систем и процессов должно привести к повышению качества процесса бурения скважин в результате развития и совершенствования процессов технологии бурения, выявления противоречий в технологии, дублирующих процессов и т.д.

Для задачи анализа технологических схем процесса бурения из рассмотренных методологий графического моделирования наиболее подходящей является методология построения функциональных моделей технологических процессов IDEF3.

IDEF3 является стандартом документирования технологических процессов, происходящих на предприятии, и предоставляет инструментарий для наглядного исследования и моделирования их сценариев.

Средства документирования и моделирования IDEF3 позволяют выполнять следующие задачи:

- документировать имеющиеся данные о технологии процесса, выявленные, скажем, в процессе опроса компетентных сотрудников, ответственных за организацию рассматриваемого процесса;
- определять и анализировать точки влияния потоков сопутствующего документооборота на сценарий технологических процессов;
- определять ситуации, в которых требуется принятие решения, влияющего на жизненный цикл процесса, например изменение конструктивных, технологических или эксплуатационных свойств конечного продукта;

- содействовать принятию оптимальных решений при реорганизации технологических процессов;
- разрабатывать имитационные модели технологических процессов, по принципу "КАК БУДЕТ, ЕСЛИ...".

С помощью IDEF-диаграмм имеется возможность не только описать существующую или проектируемую технологическую схему, но и провести ее анализ на предмет адекватности применяемой технологии и оптимизации структуры.

На Рисунке 1 в качестве примера приведена IDEF-диаграмма процесса строительства скважины.

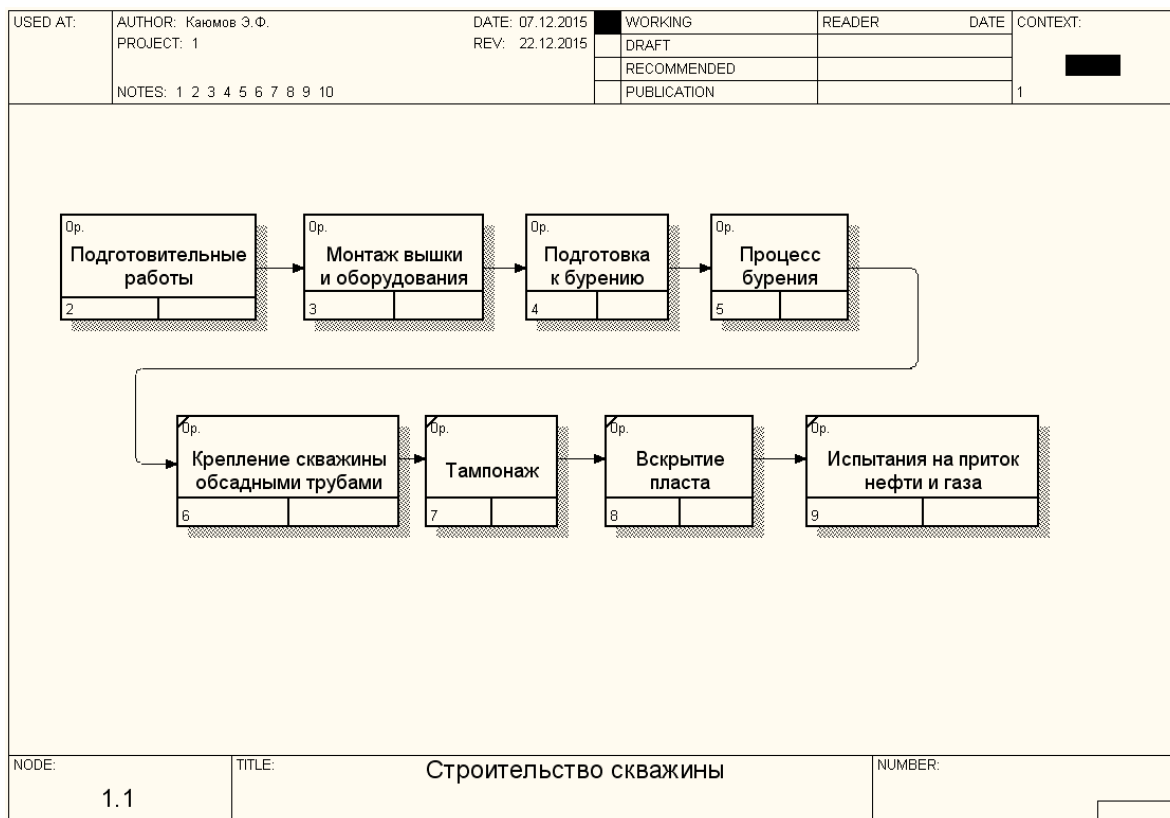


Рис.1. IDEF3-диаграмма «Строительство скважины»

Графическая модель по методологии IDEF3 представляет собой граф, в котором каждый узел (функциональный блок) представляет собой какое-либо действие или операцию.

При этом графическая модель является иерархической и состоит из нескольких диаграмм, получаемых путем декомпозиции какого-либо блока. Таким образом можно конкретизировать или пояснить любую операцию на любой диаграмме.

Например, на диаграмме на Рисунке 1 показаны этапы строительства скважин. Каждый из этапов может быть расписан более подробно, например, подготовительные работы, монтаж вышки и оборудования, процесс бурения (Рисунок 2) и т.д.

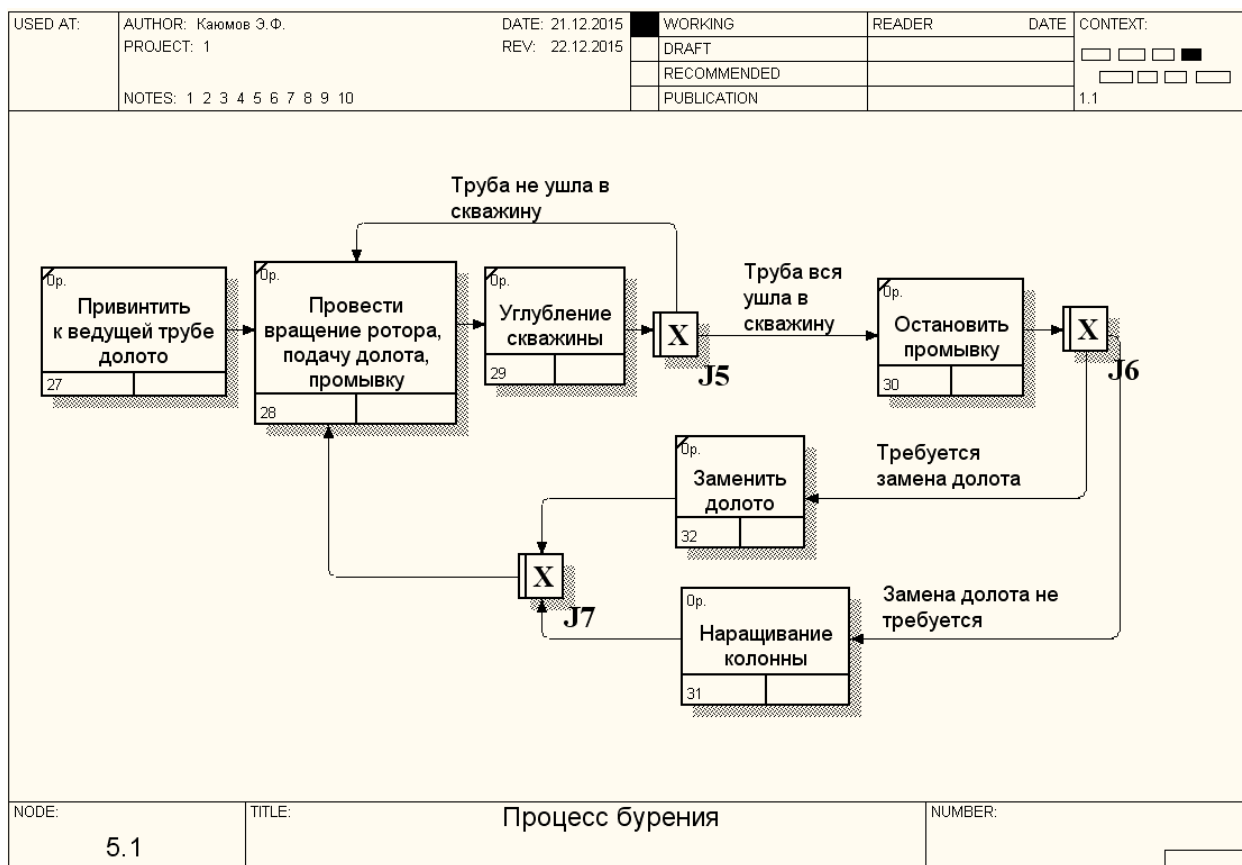


Рис.2. IDEF3-диаграмма «Процесс бурения»

Описанная методология отличается тем, что разработанная в соответствии с ней графическая модель позволяет не только отображать технологическую схему, но и проводить ее анализ и оптимизацию.

Разработанная программа IDEF-Analyze/Drilling позволяет производить анализ технологических схем бурения, освоения скважин и других работ, сопровождающих процесс бурения.

Благодаря программе можно строить IDEF-диаграммы технологических процессов. При этом в процессе построения таких диаграмм по текстам нормативных документов автоматически выявляются места с противоречивыми описаниями, чего нельзя сделать при простом чтении документации.

Каждому процессу на диаграммах можно назначать значения показателей качества. Далее по каждому процессу можно построить многопараметрическую диаграмму, провести сравнение вариантов, выбрать наилучший. При этом визуализация делает все наглядным. При построении многопараметрических диаграмм учитывается также декомпозиция блоков.

## СЕКЦИЯ №7. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)

### ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УДАЛЕНИЯ СВИНЦА ИЗ ОТХОДОВ КАБЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

<sup>1</sup>Нурмагомедов Т.Н., <sup>2</sup>Задиранов А.Н.

<sup>1</sup>ФГБВОУ ВО «АГЗ МЧС России», г.Москва

<sup>2</sup>д.т.н., ОАО «Гипроцветмет», г.Москва

Второй по объему потребления свинца, после производства аккумуляторов, является кабельная промышленность [9]. Свинец в кабельной промышленности применяется при изготовлении оболочек

электрических кабелей для защиты кабеля от коррозии, влаги, перегрева. Кроме того, из свинцовых сплавов изготавливают муфты для соединения кабелей, электрические предохранители и другие детали.

Среднее содержание свинца в ломе слаботочного кабеля составляет 50-55%, силового кабеля – 45%, силового бронированного кабеля – 30-35%. [6]

Основным материалом для оболочек и покрытий из свинцового сплава является технически чистый свинец, представляющий собой мягкий блестящий металл плотностью 11,4 кг/м<sup>3</sup>, имеющий температуру плавления 327°С. В сравнение с другими металлами свинец характеризуется малой химической активностью и высокой коррозионной стойкостью

Большое количество свинца используется для покрытия листов и поверхностей для защиты их от коррозии, а также для уменьшения радиационного фона (ГОСТ 9559-89). На промышленных предприятиях, в медицине (рентгенографический кабинет), в исследовательских лабораториях для защиты от рентгеновского излучения применяют свинцовые листы, рентгенозащитные панели, окна, двери, ширмы, ставни, свинцовые блоки, кирпичи и др. изделия. К примеру, толщина свинцового покрытия рентгенозащитной панели 0,5-4 мм, окон и дверей 1-7,5 мм. [5]

Посредством свинцевания на поверхности металлов наносят слой свинца (для защиты от коррозии, уплотнения посадок): при изготовлении кровельного материала, при изготовлении бензобаков, узлов и деталей различных изделий и аппаратуры.

Свинец, наряду с медью и алюминием, является наиболее рециклируемым металлом. В настоящее время 60% товарного свинца получают при переработке вторичного свинцосодержащего сырья. В процессе рециклинга свинца наравне с вопросом повышения эффективности ее извлечения стоит вопрос об извлечении и других цветных металлов без потерь. Актуальность необходимости извлечения цветных металлов из вторичного сырья подтверждается данными Табл.1.

Таблица 1

Официальные цены на металлы в мире на 2015 г. по данным Лондонской биржи металлов LME [11]

Металл	Средняя цена	
	US \$ / тонна	Тыс. руб / тонна (12.2015)
Алюминий	1671	117,000
Медь	5481	383,670
Свинец	1847	129,290
Никель	11767	823,700
Олово	16737	1171,600
Кобальт	28000,00	1960,000
Молибден	17300,00	1121,000

В связи с этим, авторами была предпринята попытка поиска и разработки оптимального гидрометаллургического метода извлечения цветных металлов из вторичного сырья. Предметом исследования послужил лом кабеля со свинцовым покрытием.

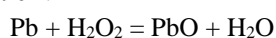
В настоящее время лом кабеля подготавливается перерабатывается в основном механическим и термическим способом, и основной целью при этом является извлечение токопроводящего материала. При этом места соединений, деформаций и др. помехи приводят к использованию ручного труда. [7]

Авторами была разработана методика удаления свинцовой оболочки раствором уксусной кислоты и перекиси водорода. Эффективность методики был проверена рядом экспериментов.

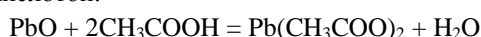
Исследование процесса взаимодействия свинца с раствором уксусной кислоты и перекиси водорода проводились авторами в несколько этапов при различных значениях концентрации реагентов, времени взаимодействия и температуре.

Растворение свинца в растворе уксусной кислоты и перекиси протекает следующим образом:

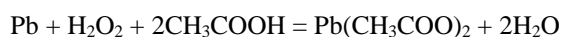
1. Взаимодействие металла с окислителем:



2. Взаимодействие оксида с кислотой:



3. Суммарная реакция:



В Табл.2 приведены полученные данные о растворимости свинца в растворе в зависимости от продолжительности реагирования

Таблица 2

Растворимость свинца в зависимости от продолжительности реагирования

Концентрация раствора $M_{\text{CH}_3\text{COOH}}/m_{\text{H}_2\text{O}_2}$	Растворимость Pb в уксусной кислоты и перекиси водорода, г/г р-ра при различных t, мин							
	120	60	30	15	10	5	3	1
8:1	0,213	0,208	0,153	0,057	0,032	0,066		
4:1	0,223	0,219	0,245	0,203	0,216	0,135	0,074	0,016
2:1	0,282	0,215	0,227	0,232	0,263	0,210	0,285	0,237
1:1	0,200	0,207	0,171	0,159	0,220	0,210	0,193	0,035
1:2	0,167	0,163	0,182	0,144	0,156	0,150		
1:4	0,130	0,137	0,150	0,147	0,166	0,167		

Как выяснилось, наиболее эффективно растворение происходит при стремлении  $\text{CH}_3\text{COOH} : \text{H}_2\text{O}_2$  (50%) при пропорции 2:1 (по массе). Изменение температуры в процессе реагирования выглядит следующим образом (Рисунок 1). Среднее значение pH раствора после реакции 2,6. Значение pH раствора зависит от первоначального состава раствора, и мало зависит от времени взаимодействия, т.к. основной пик взаимодействия приходится на первые три минуты реакции.

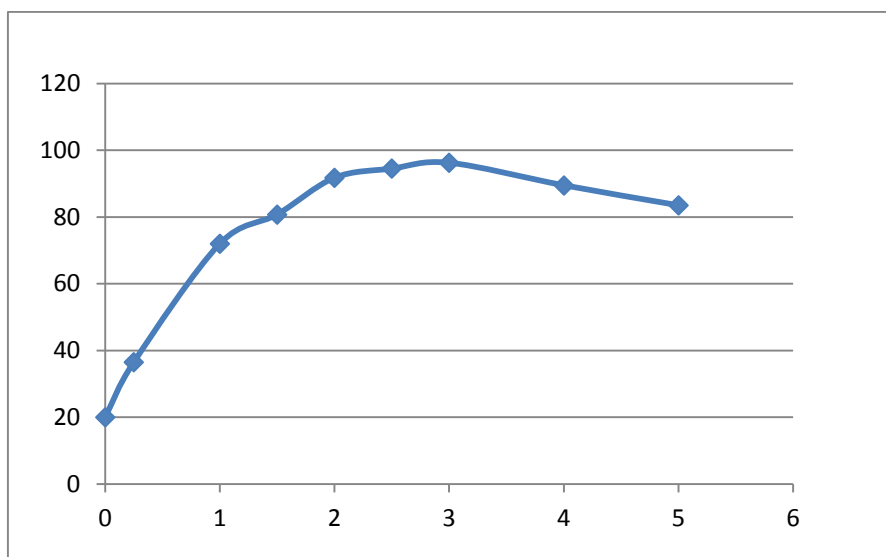


Рис. 1. Изменение температуры при растворении свинца в растворе уксусной кислоты и перекиси водорода. По вертикали – температура, °C, по горизонтали – время, мин.

Как следует из [10], исследуемый процесс растворения происходит по диффузионному режиму. Полученные результаты подтверждают, что при низких концентрациях реагентов скорость определяется из подводом, при высоких – скоростью отвода продуктов реакции. [6] Сопоставив данные с результатами [8] отметим, что при низких концентрациях реагентов образуется растворенный свинцовый сахар (т.е. при наличии большого объема воды), а при высоких – большая часть свинца оседает в виде порошка на дне, что многократно сокращает время и стоимость извлечения свинца из раствора (Рисунок 2).



Рис.2. Продукт реакции: а – при наличии более 60% воды в растворе, б – в растворе концентрированных реагентов, в – при наличии менее 50% воды.

Из вышеотмеченного следует, что для хорошего растворения свинца в уксусной кислоте необходимо наличие свободного кислорода, окислителя (например,  $H_2O_2$ ) и движение раствора.

Растворенный свинец можно выделить из раствора электролизом.

Схема переработки кабельного лома, в основе которой лежит растворение свинца в уксусной кислоте, выглядит следующим образом (Рисунок 3). Непосредственно стадия обработки раствором лома состоит из процессов подводки лома и раствора в пространство реагирования, процесса реагирования, отвода продуктов реакции и дальнейшей переработки.

Экономически данный способ эффективен тем, что при переработке не столь важен уровень деформирования, размеры и тип кабеля, и очень высока скорость переработки.

Данный метод можно использовать для удаления свинцовой оболочки с любых освинцованных отходов без применения термической обработки.

С экологической точки зрения данный способ является более экологически чистым, чем пирометаллургические и механические методы извлечения металлов. Но получаемый при этом ацетат свинца  $Pb(CH_3COO)_2$  – токсичен, а уксусная кислота  $CH_3COOH$  обладает специфическим запахом, и в связи с этим следует принять меры предосторожности при осуществлении данного процесса.

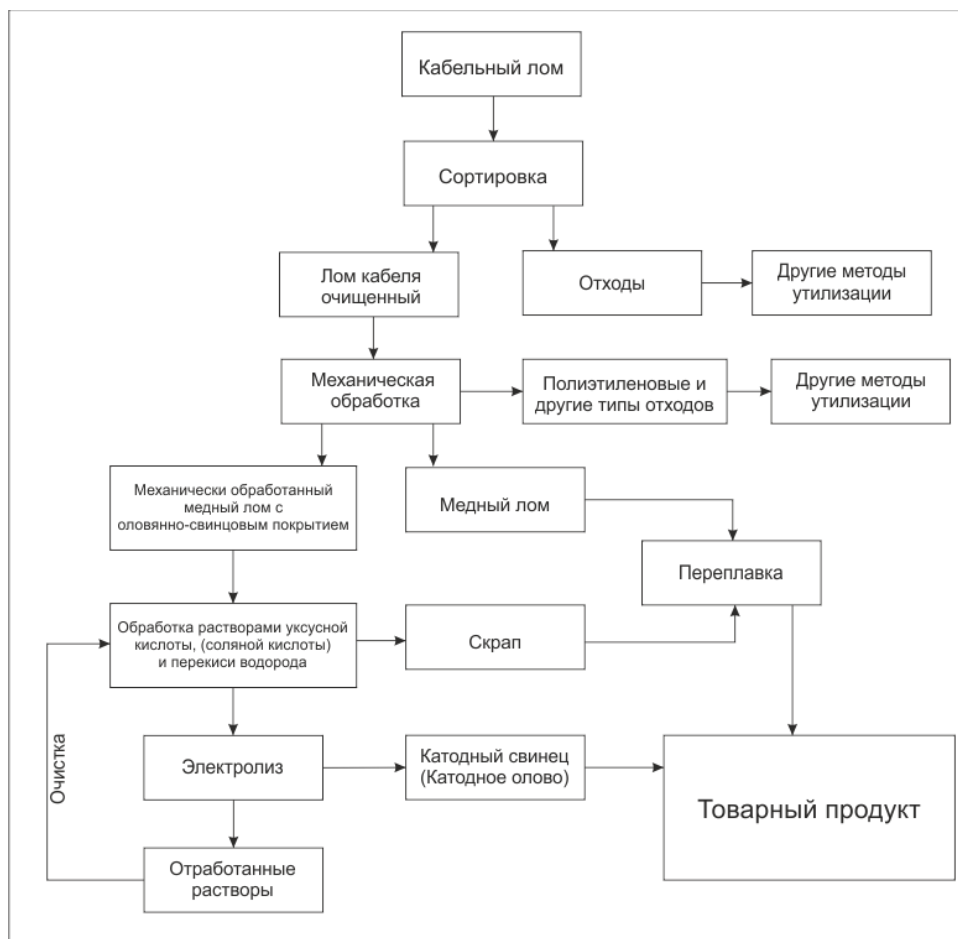


Рис.3. Схема переработки кабельного лома

#### Выводы

1. Применение гидрометаллургического метода переработки отходов кабельной промышленности целесообразно ввиду его экологичности и эффективности извлечения цветных металлов.
2. Удаление свинцовой оболочки кабельного лома воздействием раствора уксусной кислоты и перекиси водорода позволит в минимальные сроки и с наименьшими потерями извлечь как свинец, так и токопроводящие металлы из вторичного сырья.
3. Скорость растворения свинцовой оболочки кабеля зависит от концентрации реагентов, наличия кислорода и движения растворяющей среды.
4. Раствор уксусной кислоты и перекиси водорода применим для удаления свинцовых покрытий различных изделий.

#### Список литературы

1. ГОСТ 10929-76. Реактивы. Водорода пероксид. Технические условия.
2. ГОСТ 24641-81. Оболочки кабельные свинцовые и алюминиевые.
3. ГОСТ 3778-98. Свинец. Технические условия.
4. ГОСТ 61-75. Реактивы. Кислота уксусная. Технические условия.
5. ГОСТ 9559-89. Листы свинцовые. Технические условия.
6. Кинетика процессов растворения. Каковский И.А., Поташников Ю.М., «Металлургия», 1975 г. 224 с. Стр. 15-32.
7. Марченко Н. В. Metallургия тяжелых цветных металлов [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Н. В. Марченко, Е. П. Вершинина, Э. М. Гильдебрандт. – Электрон. дан. (6 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Metallургия тяжелых цветных металлов: УМКД № 1821/1003–2008 / рук. творч. коллектива Е. П. Вершинина). – 1 электрон. опт. диск (DVD).



8. Нурмагомедов Т.Н., Задиранов А.Н., Малькова М.Ю., Пархоменко П.К. Переработка ломов кабельной промышленности гидрометаллургическим способом с извлечением свинца и других тяжелых цветных металлов// Цветная металлургия, №5, сентябрь-октябрь 2015 г. Стр. 26-30.
9. Уткин Н.И. Производство цветных металлов. – 2-е изд. – М.: Интермет Инжиниринг, 2004. – 442 с.: илл.
10. Чуланова Г.А. Исследование кинетики растворения свинца в органических кислотах. [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. хим. наук (02.073)/ Технол. Институт им. Ленсовета. Ленинград, 1970. Стр. 10-15.
11. <http://www.lme.com/> - Материалы с сайта Лондонской биржи металлов LME.

## КОЭФФИЦИЕНТ ПРУЖИНЕНИЯ ПРИ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОМ ИЗГИБЕ КРУГЛОГО БРУСА

**Шинкин В.Н.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», РФ, г.Москва

Среда с линейным упрочнением. Диаграмма нормальных напряжений бруса при растяжении показана на Рисунке 1, где  $\sigma$  и  $\varepsilon$  – нормальное напряжение и относительное удлинение бруса;  $E$ ,  $\Pi$  и  $\sigma_T$  – модуль Юнга, модуль упрочнения и предел текучести материала бруса [1–6].

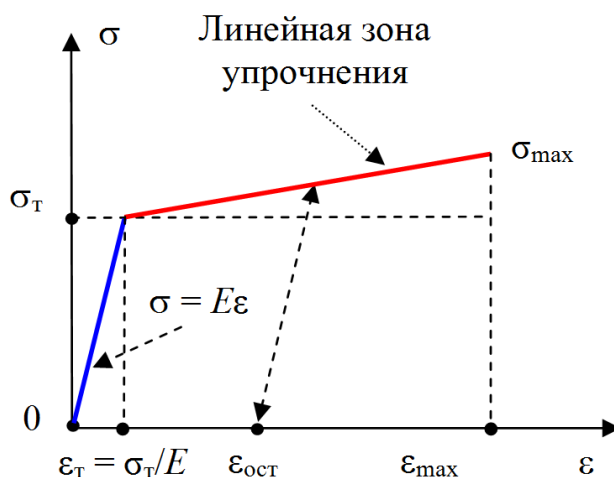


Рис.1. Зависимость нормальных напряжений от относительной деформации

В области упругих деформаций нормальные напряжения подчиняются закону Гука  $\sigma = E\varepsilon$ . В области упрочнения зависимость нормального напряжения  $\sigma$  от относительного удлинения  $\varepsilon$  имеет вид

$$\sigma = \sigma_T + \Pi(\varepsilon - \varepsilon_T), \quad \varepsilon_T = \frac{\sigma_T}{E}, \quad \sigma_{\max} = \sigma_T + \Pi(\varepsilon_{\max} - \varepsilon_T).$$

Рассмотрим прямой брус с круглым поперечным сечением радиуса  $R$ . При изгибе бруса максимальные нормальные напряжения наблюдаются на поверхности бруса в точках поперечного сечения, максимально удаленных от нейтральной плоскости бруса. Эпюра нормальных напряжений в поперечном сечении круглого бруса показана на Рисунке 2.

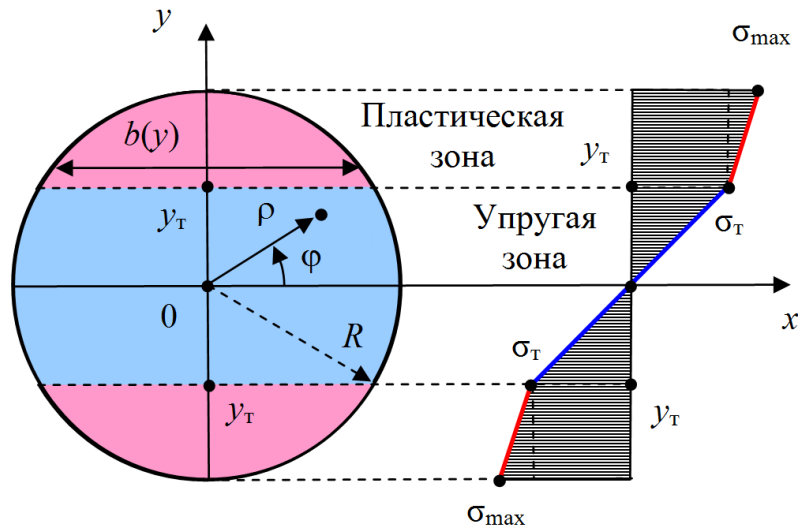


Рис.2. Эпюра нормальных напряжений в поперечном сечении круглого бруса

Поперечное сечение круглого бруса при изгибе делится на две зоны – упругую и пластическую. Величина  $y_T$ , определяющая границу этих зон, находится из уравнений

$$\sigma_T = E \frac{y_T}{\rho}, \quad \sigma_T = E \varepsilon_T, \quad \varepsilon_T = \frac{\sigma_T}{E},$$

$$y_T = \frac{\sigma_T \rho}{E} = \frac{E \varepsilon_T \rho}{E} = \varepsilon_T \rho, \quad \frac{y_T}{R} = \frac{\sigma_T \rho}{ER}, \quad \frac{\sigma_T \rho}{E y_T} = 1.$$

При увеличении изгибающего момента и кривизны упругая зона бруса уменьшается. Радиус кривизны оси бруса, при котором на его поверхности впервые достигается напряжение, равное пределу текучести  $\sigma_T$ , равен

$$\rho_T = E \frac{R}{\sigma_T}, \quad \sigma_T = E \frac{R}{\rho_T}, \quad \frac{\sigma_T \rho_T}{ER} = 1.$$

По теореме Пифагора длина хорды на расстоянии  $y$  от центра круглого сечения равна  $b(y) = 2(R^2 - y^2)^{1/2}$ . Введем прямоугольную полярную систему координат  $(\rho, \varphi)$  с началом в центре поперечного круглого сечения.

Изгибающий момент. При упругопластическом изгибе изгибающий момент  $M$  в поперечном сечении бруса равен

$$\begin{aligned} M &= \int_{-R}^R y \sigma(y) b(y) dy = 2 \int_0^R y \sigma(y) b(y) dy = 4 \int_0^R y \sigma(y) \sqrt{R^2 - y^2} dy = \\ &= 4 \int_0^{y_T} y \sigma(y) \sqrt{R^2 - y^2} dy + 4 \int_{y_T}^R y \sigma_T \sqrt{R^2 - y^2} dy = \\ &= 4 \int_0^{y_T} y \left( E \frac{y}{\rho} \right) \sqrt{R^2 - y^2} dy + 4 \int_{y_T}^R y \left( \sigma_T + \Pi(\varepsilon - \varepsilon_T) \right) \sqrt{R^2 - y^2} dy = \\ &= 4 \int_0^{y_T} y \left( E \frac{y}{\rho} \right) \sqrt{R^2 - y^2} dy + 4 \int_{y_T}^R y \left( \sigma_T + \Pi \left( \frac{y}{\rho} - \frac{\sigma_T}{E} \right) \right) \sqrt{R^2 - y^2} dy = \\ &= 4 \frac{E}{\rho} \int_0^{y_T} y^2 \sqrt{R^2 - y^2} dy + 4 \int_{y_T}^R y \left( \sigma_T - \frac{\Pi \sigma_T}{E} + \frac{\Pi}{\rho} y \right) \sqrt{R^2 - y^2} dy = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 4 \frac{E}{\rho} \int_0^{y_T} y^2 \sqrt{R^2 - y^2} dy + 4\sigma_T \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \int_{y_T}^R y \sqrt{R^2 - y^2} dy + 4 \frac{\Pi}{\rho} \int_{y_T}^R y^2 \sqrt{R^2 - y^2} dy = \\
&= 4 \frac{ER^4}{\rho} \int_0^{y_T} \left(\frac{y}{R}\right)^2 \sqrt{1 - \left(\frac{y}{R}\right)^2} d\left(\frac{y}{R}\right) + \\
&+ 4\sigma_T R^3 \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \int_{y_T}^R \left(\frac{y}{R}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{y}{R}\right)^2} d\left(\frac{y}{R}\right) + 4 \frac{\Pi R^4}{\rho} \int_{y_T}^R \left(\frac{y}{R}\right)^2 \sqrt{1 - \left(\frac{y}{R}\right)^2} d\left(\frac{y}{R}\right) = \\
&= \frac{ER^4}{\rho} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \left( \left(\frac{y_T}{R}\right)^3 \sqrt{1 - \left(\frac{y_T}{R}\right)^2} - \frac{1}{2} \left(\frac{y_T}{R}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{y_T}{R}\right)^2} \right) + \frac{ER^4}{\rho} \frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{y_T}{R}\right) + \\
&+ \frac{4}{3} \sigma_T R^3 \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{y_T}{R}\right)^2} + \frac{\Pi R^4}{\rho} \left( \frac{\pi}{4} - \frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{y_T}{R}\right) \right) = \\
&= \frac{ER^4}{\rho} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \left( \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^3 \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2} - \frac{1}{2} \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2} \right) + \frac{ER^4}{\rho} \frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) + \\
&+ \frac{4}{3} \sigma_T R^3 \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2} + \frac{\Pi R^4}{\rho} \left( \frac{\pi}{4} - \frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) \right) = \\
&= \frac{ER^4}{\rho} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2} \left( \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2 - \frac{1}{2} \right) + \frac{ER^4}{\rho} \frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) + \\
&+ \frac{4}{3} \sigma_T R^3 \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2} + \frac{\Pi R^4}{\rho} \left( \frac{\pi}{4} - \frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) \right) = \\
&= \sigma_T R^3 \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2} \left( \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2 - \frac{1}{2} \right) + \frac{4}{3} \sigma_T R^3 \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2} + \\
&+ \frac{ER^4}{\rho} \frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) + \left( \frac{\Pi R^4}{\rho} \frac{\pi}{4} - \frac{\Pi R^4}{\rho} \frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) \right) = \\
&= \sigma_T R^3 \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2} \left( \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2 - \frac{1}{2} + \frac{4}{3} \left(1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2\right) \right) + \\
&+ \frac{ER^4}{\rho} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) + \frac{\Pi R^4}{\rho} \frac{\pi}{4} = \\
&= \sigma_T R^3 \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2} \left( \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2 - \frac{1}{2} + \frac{4}{3} - \frac{4}{3} \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2 \right) +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{ER^4}{\rho} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) + \frac{\Pi R^4}{\rho} \frac{\pi}{4}, \\
M = & -\frac{1}{6} \sigma_T R^3 \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2} \left(2 \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2 - 5\right) + \\
& + \frac{ER^4}{\rho} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) + \frac{\Pi R^4}{\rho} \frac{\pi}{4}.
\end{aligned}$$

При  $\sigma_T \rho / (ER) = 1$  получаем

$$M = \frac{\pi \sigma_T R^3}{4}.$$

При чисто упругом изгибе круглого бруса

$$M = \frac{\pi ER^4}{4\rho}.$$

Приведем выражение для изгибающего момента при чисто упругом изгибе круглого бруса к безразмерному виду

$$\frac{M}{\sigma_T R^3} = \frac{\pi ER}{4 \sigma_T \rho}.$$

При чисто упругом изгибе круглого бруса и  $\rho = \rho_T = ER/\sigma_T$  получаем

$$M = \frac{\pi \sigma_T R^3}{4}.$$

Приведем выражение для изгибающего момента при упругопластическом изгибе к безразмерному виду

$$\begin{aligned}
\frac{M}{\sigma_T R^3} = & -\frac{1}{6} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2} \left(2 \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2 - 5\right) + \\
& + \frac{ER}{\sigma_T \rho} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) + \frac{\Pi \pi ER}{E 4 \sigma_T \rho}.
\end{aligned}$$

Зависимость  $M/(\sigma_T R)$  показана от  $ER/(\sigma_T \rho)$  на Рисунке 3.

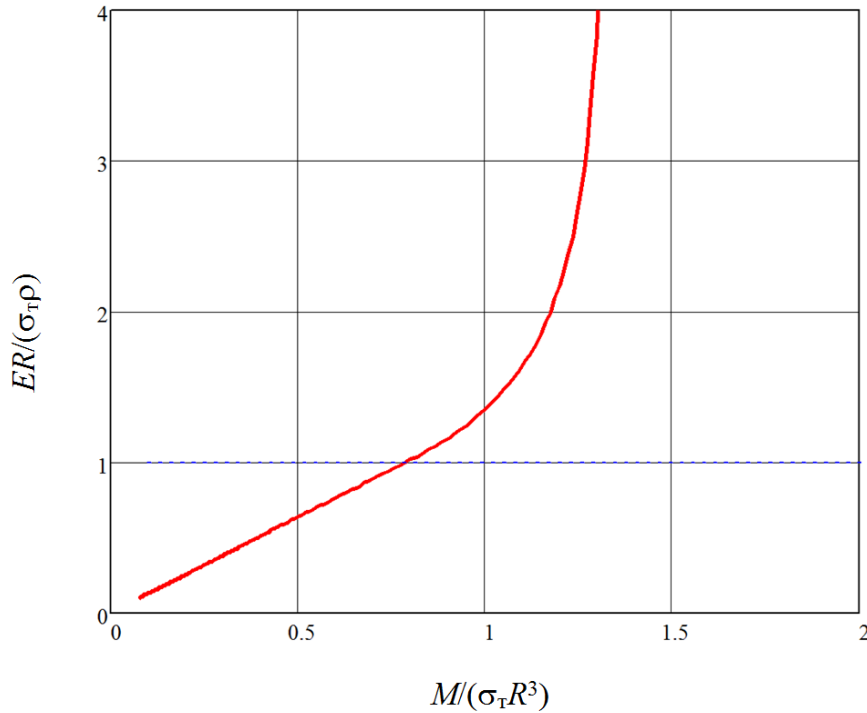


Рис.3. Зависимость кривизны бруса  $1/\rho$  от изгибающего момента  $M$

Коэффициент пружинения. В основе определения остаточных деформаций после пластических деформаций лежит теорема о разгрузке Генки (1924 г.) [2–6]: остаточные напряжения равны разности между истинными напряжениями в упругопластическом теле и теми напряжениями, которые создавались бы в нем при предположении об идеальной упругости материала.

Пользуясь теоремой о разгрузке Генки, получаем уравнение для определения остаточного радиуса кривизны круглого бруса  $\rho_{\text{ост}}$ :

$$\frac{M}{\sigma_T R^3} = \frac{\pi}{4} \left( \frac{ER}{\sigma_T \rho} - \frac{ER}{\sigma_T \rho_{\text{ост}}} \right) = \frac{\pi ER}{4 \sigma_T} \left( \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_{\text{ост}}} \right), \quad \frac{4M}{\pi ER^4} = \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_{\text{ост}}},$$

$$\frac{1}{\rho_{\text{ост}}} = \frac{1}{\rho} - \frac{4M}{\pi ER^4}.$$

Коэффициент пружинения при изгибе круглого бруса равен

$$\beta(\rho) = \frac{\rho_{\text{ост}}}{\rho} = \frac{1}{1 - \frac{4M\rho}{\pi ER^4}}, \quad \rho_{\text{ост}} = \beta(\rho)\rho,$$

$$\beta(\rho) = \frac{1}{1 + \frac{2}{3\pi} \frac{\sigma_T \rho}{ER} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2} \left(2 \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2 - 5\right) - \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \arcsin\left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) - \frac{\Pi}{E}},$$

$$\beta(0) = \frac{1}{1 - \frac{\Pi}{E}}, \quad \beta(\rho_T) = \infty.$$

Для диаграммы Прандтля ( $\Pi = 0$ )

$$\beta(\rho) = \frac{1}{1 + \frac{2}{3\pi} \frac{\sigma_T \rho}{ER} \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2} \left(2 \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2 - 5\right) - \frac{2}{\pi} \arcsin\left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)},$$

$$\beta(0) = 1, \quad \beta(\rho_T) = \infty.$$

Заключение.

Получен коэффициент пружинения круглого бруса для упругопластической среды с линейным упрочнением в зависимости от диаметра бруса, предела текучести, модуля Юнга и модуля упрочнения материала. Результаты исследований могут быть применены в металлургической промышленности при производстве изделий из стального круглого бруса и строительной арматуры [1–58].

#### Список литературы

1. Буланов Э.А., Шинкин В.Н. Механика. Вводный курс. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 172 с.
2. Мошнин Е.Н. Гибка и правка на ротационных машинах. Технология и оборудование. – М.: Машиностроение, 1967. – 272 с.
3. Шинкин В.Н. Сопротивление материалов. Простые и сложные виды деформаций в металлургии. – М: Изд. Дом МИСиС, 2008. – 307 с.
4. Шинкин В.Н. Теоретическая механика для металлургов. – М: Изд. Дом МИСиС, 2012. – 679 с.
5. Шинкин В.Н. Сопротивление материалов для металлургов. – М: Изд. Дом МИСиС, 2013. – 655 с.
6. Шинкин В.Н. Механика сплошных сред для металлургов. – М: Изд. Дом МИСиС, 2014. – 628 с.
7. Шинкин В.Н. Математическая модель правки стальной полосы на пятироликовой листопрямляющей машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 8 (88). С. 344–349.
8. Шинкин В.Н. Правка толстой стальной полосы на одиннадцатироликовой листопрямляющей машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). С. 359–365.
9. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров правки тонкой стальной полосы на пятнадцатироликовой листопрямляющей машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). С. 361–366.
10. Шинкин В.Н. Холодная правка толстого стального листа на девятироликовой машине фирмы SMS Siemag на металлургическом комплексе стан 5000 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). С. 467–472.
11. Шинкин В.Н. Четырехроликовый режим холодной правки толстого стального листа на пятироликовой листопрямляющей машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). С. 356–361.
12. Шинкин В.Н. Упругопластическая деформация металлического листа на трехвалковых вальцах // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). С. 225–229.
13. Шинкин В.Н. Шестироликовый режим предварительной правки стальной полосы на листопрямляющей машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 14 (94). С. 205–211.
14. Шинкин В.Н. Определение критических давлений магистральных газонефтепроводов при частичном несплавлении продольного сварного шва стальных толстостенных труб // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). С. 222–227.
15. Шинкин В.Н. Критерий разрушения труб при дефекте раскатной пригар // Молодой ученый. 2015. № 16 (96). С. 261–265.
16. Шинкин В.Н. Дефект перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе // Молодой ученый. 2015. № 17 (97). С. 318–323.
17. Шинкин В.Н. Подгибка кромок стального листа по эвольвенте // Молодой ученый. 2015. № 18 (98). С. 231–237.
18. Шинкин В.Н. Критерий образования гофра при формовке стального листа на кромкогибочном прессе SMS Meer // Молодой ученый. 2015. № 19 (99). С. 238–243.
19. Шинкин В.Н. Остаточные напряжения при экспандировании стальной трубы // Молодой ученый. 2015. № 20 (100). С. 88–93.
20. Шинкин В.Н. Разрушение стальных труб при дефекте «раскатанный пригар с рисккой» // Молодой ученый. 2015. № 22 (102). С. 213–225.
21. Шинкин В.Н. Гидроиспытания стальных труб на прочность на заводе. Труба с «доньшками» // Молодой ученый. 2015. № 23 (103). С. 268–276.

22. Шинкин В.Н. Гофр продольной кромки листа при его формовке на кромкогибочном прессе // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*. 2009. № 6. С. 171–174.
23. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Формовка листовой заготовки в кромкогибочном прессе и условие возникновения гофра при производстве труб магистральных трубопроводов // *Производство проката*. 2011. № 4. С. 14–22.
24. Шинкин В.Н. Математическое моделирование процессов производства труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // *Вестник Саратовского государственного технического университета*. 2011. Т. 4. № 4 (62). С. 69–74.
25. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Модель пластического формоизменения кромок листовой заготовки при производстве труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // *Известия вузов. Черная металлургия*. 2011. № 9. С. 45–49.
26. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Моделирование процессов экспандирования и гидроиспытания труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // *Производство проката*. 2011. № 10. С. 12–19.
27. Шинкин В.Н., Коликов А.П., Барыков А.М. Технологические расчеты процессов производства труб большого диаметра по технологии SMS Meer // *Металлург*. 2011. № 11. С. 77–81.
28. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Simulation of the shaping of blanks for large-diameter pipe // *Steel in Translation*. 2011. Vol. 41. No. 1. P. 61–66.
29. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Elastoplastic shaping of metal in an edge-ending press in the manufacture of large-diameter pipe // *Steel in Translation*. 2011. Vol. 41. No. 6. P. 528–531.
30. Шинкин В.Н., Барыков А.М., Коликов А.П., Мокроусов В.И. Критерий разрушения труб большого диаметра при несплавлении сварного соединения и внутреннем давлении // *Производство проката*. 2012. № 2. С. 14–16.
31. Шинкин В.Н., Коликов А.П., Мокроусов В.И. Расчет максимальных напряжений в стенке трубы при экспандировании с учетом остаточных напряжений заготовки после трубоформовочного пресса SMS Meer // *Производство проката*. 2012. № 7. С. 25–29.
32. Шинкин В.Н. Критерий перегиба в обратную сторону свободной части листовой заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer при производстве труб большого диаметра // *Производство проката*. 2012. № 9. С. 21–26.
33. Шинкин В.Н., Мокроусов В.И. Критерий разрыва труб газонефтепроводов при дефекте «раскатной пригар с риской» // *Производство проката*. 2012. № 12. С. 19–24.
34. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Engineering calculations for processes involved in the production of large-diameter pipes by the SMS Meer technology // *Metallurgist*. 2012. Vol. 55. Nos. 11–12. P. 833–840.
35. Шинкин В.Н. Производство труб большого диаметра по схеме JCOE фирмы SMS Meer для магистральных трубопроводов // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 3–1. С. 64–67.
36. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров кромкогибочного пресса фирмы SMS Meer // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 4–1. С. 114–119.
37. Шинкин В.Н. Математический критерий возникновения гофра при формовке стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе SMS Meer // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 5–1. С. 96–99.
38. Шинкин В.Н. Расчет усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе плоской толстой стальной заготовки при производстве труб большого диаметра // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 6–1. С. 115–118.
39. Шинкин В.Н. Оценка усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе стальной цилиндрической заготовки // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 7–1. С. 74–78.
40. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Сила давления пуансона трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе частично изогнутой толстой стальной заготовки // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 8–1. С. 78–83.
41. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Математический критерий перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 9–1. С. 73–77.
42. Шинкин В.Н. Влияние остаточных напряжений на прочность металла при экспандировании стальной заготовки // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 10–1. С. 153–157.
43. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Гибка стального листа на вальцах трехвалковых // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 11–1. С. 252–257.

44. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Правка толстой стальной полосы на пятироликовой листопрямильной машине // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 11–1. С. 257–262.
45. Шинкин В.Н. Расчет кривизны стального листа при холодной правке на одиннадцатироликовой машине // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12–2. С. 246–251.
46. Шинкин В.Н. Прочностные гидроиспытания стальных труб с заглушками на заводе // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12–2. С. 251–258.
47. Шинкин В.Н., Федотов О.В. Расчет технологических параметров правки стальной горячекатаной рулонной полосы на пятироликовой машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2013. № 9. С. 43–48.
48. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Расчет технологических параметров холодной правки стального листа на девятироликовой машине SMS Siemag металлургического комплекса стан 5000 // Производство проката. 2014. № 5. С. 7–15.
49. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров правки стального листа на одиннадцатироликовой листопрямильной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2014. № 8. С. 26–34.
50. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Расчет формы трубной заготовки при гибке на кромкогибочном и трубоформовочном прессах фирмы SMS Meer при производстве труб большого диаметра по схеме JCOE // Производство проката. 2014. № 12. С. 13–20.
51. Шинкин В.Н., Борисевич В.Г., Федотов О.В. Холодная правка стального листа в четырехроликовой листопрямильной машине // В сборнике: Глобализация науки: проблемы и перспективы. Т. 2. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2014. – С. 119–121.
52. Шинкин В.Н. Математическая модель правки тонкого стального листа на пятнадцатироликовой листопрямильной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2015. № 1. С. 42–48.
53. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Гибка стального листа на трубоформовочном прессе при производстве труб большого диаметра // Сталь. 2015. № 4. С. 38–42.
54. Шинкин В.Н. Оценка критических давлений при разрушении стальных труб магистральных газонефтепроводов при несплавлении сварного соединения // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2015. № 5–6. С. 7–11.
55. Шинкин В.Н. Математический критерий разрушения стальных толстостенных труб при дефекте раскатной пригар // Мир науки и инноваций. 2015. Т. 5. № 2 (2). С. 57–64.
56. Шинкин В.Н. Прочность стальных труб при внутреннем давлении // Научные труды SWorld. 2015. Т. 5. № 4 (41). С. 50–58.
57. Шинкин В.Н. Холодная правка металлической полосы на семироликовой листопрямильной машине // Молодой ученый. 2016. № 03 (107). С. 228–237.
58. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. – Л.: Машиностроение, 1971. – 782 с.

## ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ КРУГЛОГО БРУСА ПРИ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОМ ИЗГИБЕ

**Шинкин В.Н.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», РФ, г. Москва

Нормальные напряжения круглого бруса при пластическом изгибе. Рассмотрим прямой брус с круглым поперечным сечением радиуса  $R$ . Пусть  $E$ ,  $\Pi$  и  $\sigma_T$  – модуль Юнга, модуль упрочнения и предел текучести материала бруса [1–6]. При центральном растяжении бруса в области упругих деформаций нормальные напряжения  $\sigma$  подчиняются закону Гука  $\sigma = E\varepsilon$ , где  $\varepsilon$  – относительное удлинение бруса. В области упрочнения зависимость  $\sigma$  от  $\varepsilon$  имеет качественно другой вид

$$\sigma = \sigma_T + \Pi(\varepsilon - \varepsilon_T), \quad \varepsilon_T = \frac{\sigma_T}{E}, \quad \sigma_{\max} = \sigma_T + \Pi(\varepsilon_{\max} - \varepsilon_T).$$



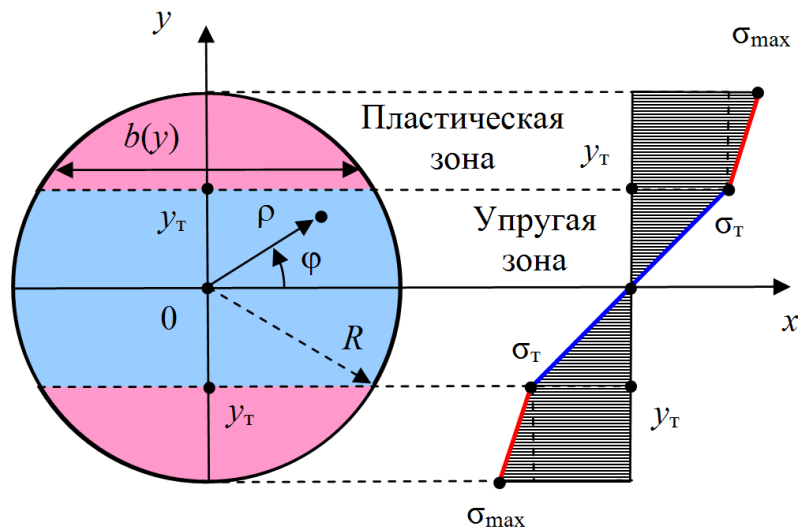


Рис.1. Эпюра нормальных напряжений в поперечном сечении круглого бруса

При изгибе нормальные напряжения в поперечном сечении бруса могут принимать как положительные значения, так и отрицательные значения. Максимальные по модулю нормальные напряжения наблюдаются на поверхности бруса в точках поперечного сечения, максимально удаленных от нейтральной плоскости бруса. Эпюра нормальных напряжений в поперечном сечении бруса при изгибе показана на Рисунке 1.

Поперечное сечение круглого бруса при изгибе делится на две зоны – упругую и пластическую (упругопластическую). Величина  $y_T$ , определяющая границу этих зон, равна

$$y_T = \frac{\sigma_T \rho}{E} = \frac{E \varepsilon_T \rho}{E} = \varepsilon_T \rho, \quad \frac{\sigma_T \rho}{E y_T} = 1.$$

При увеличении изгибающего момента и кривизны упругая зона бруса уменьшается. Радиус кривизны  $\rho_T$  оси бруса, при котором на его поверхности впервые достигается напряжение, равное пределу текучести  $\sigma_T$ , равен

$$\rho_T = E \frac{R}{\sigma_T}, \quad \frac{\sigma_T \rho_T}{ER} = 1.$$

Изгибающий момент при упругопластическом изгибе круглого бруса. При упругопластическом изгибе изгибающий момент  $M$  в поперечном сечении бруса равен

$$M = -\frac{1}{6} \sigma_T R^3 \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2} \left(2 \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2 - 5\right) + \frac{ER^4}{\rho} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \frac{1}{2} \arcsin \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) + \frac{\Pi R^4}{\rho} \frac{\pi}{4}.$$

Остаточные напряжения круглого бруса после распружинивания. В основе определения остаточных напряжений после пластических деформаций лежит теорема о разгрузке Генки (1924 г.) [1–6]: остаточные напряжения равны разности между истинными напряжениями в упругопластическом теле и теми напряжениями, которые создавались бы в нем при предположении об идеальной упругости материала.

Пусть изменение нормальных напряжений в поперечном сечении бруса при распружинивании подчиняется линейному упругому закону о разгрузке Генки  $\sigma = \gamma u$ , где  $\gamma = \text{const}$  – неизвестный коэффициент, подлежащий определению. Тогда эпюра нормальных напряжений после распружинивания круглого бруса будет иметь вид, показанный на Рисунке 2.

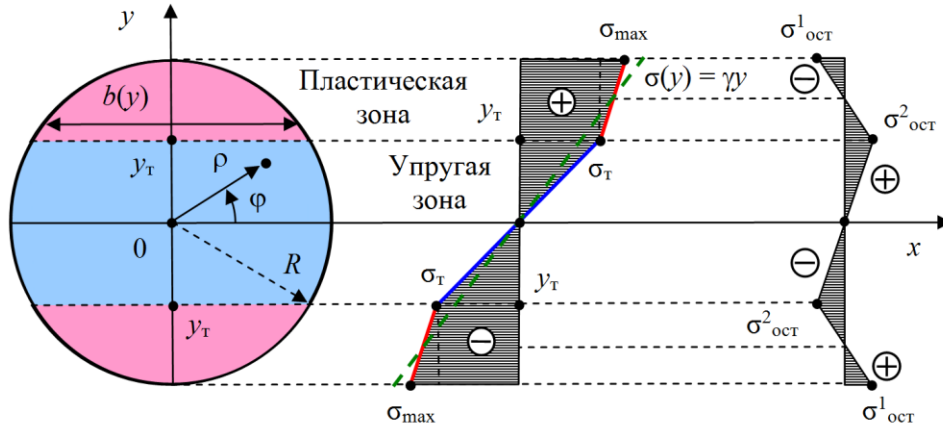


Рис.2. Эпюры нормальных напряжений в поперечном сечении круглого бруса после распруживания

Изгибающий момент при чисто упругом изгибе круглого бруса. По теореме Пифагора длина хорды на расстоянии  $y$  от центра круглого сечения равна  $b(y) = 2(R^2 - y^2)^{1/2}$ . При чисто упругом изгибе изгибающий момент  $M$  в поперечном сечении круглого бруса равен

$$\begin{aligned}
 M &= \int_{-R}^R y \sigma(y) b(y) dy = 2 \int_0^R y \sigma(y) b(y) dy = \\
 &= 4 \int_0^R y \sigma(y) \sqrt{R^2 - y^2} dy = 4 \int_0^R y (\gamma y) \sqrt{R^2 - y^2} dy = 4\gamma \int_0^R y^2 \sqrt{R^2 - y^2} dy = \\
 &= 4\gamma R^4 \int_0^1 \left(\frac{y}{R}\right)^2 \sqrt{1 - \left(\frac{y}{R}\right)^2} d\left(\frac{y}{R}\right) = 4\gamma R^4 \int_0^1 x^2 \sqrt{1 - x^2} dx = \\
 &= 4\gamma R^4 \left( \frac{x^3 \sqrt{1 - x^2}}{4} - \frac{x \sqrt{1 - x^2}}{8} + \frac{1}{8} \arcsin x \right) \Big|_0^1 = \\
 &= 4\gamma R^4 \frac{1}{8} \arcsin(1) = 4\gamma R^4 \frac{1}{8} \frac{\pi}{2} = \frac{\pi \gamma R^4}{4}, \quad M = \frac{\pi \gamma R^4}{4}, \quad \gamma = \frac{4M}{\pi R^4}.
 \end{aligned}$$

Изгибающие моменты при изгибе и распруживании одинаковы, поэтому

$$\begin{aligned}
 \frac{4M\rho}{\pi ER^4} &= \frac{4M}{\pi R^4} \frac{\rho}{E} = \gamma \frac{\rho}{E} = \\
 &= \frac{1}{\pi} \left[ -\frac{2}{3} \frac{\sigma_T \rho}{ER} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2} \left(2 \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2 - 5\right) + 2 \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \arcsin \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) + \frac{\Pi}{E} \pi \right], \\
 \gamma &= \frac{E}{\pi \rho} \left[ -\frac{2}{3} \frac{\sigma_T \rho}{ER} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2} \left(2 \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2 - 5\right) + \right. \\
 &\quad \left. + 2 \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \arcsin \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) + \frac{\Pi}{E} \pi \right].
 \end{aligned}$$

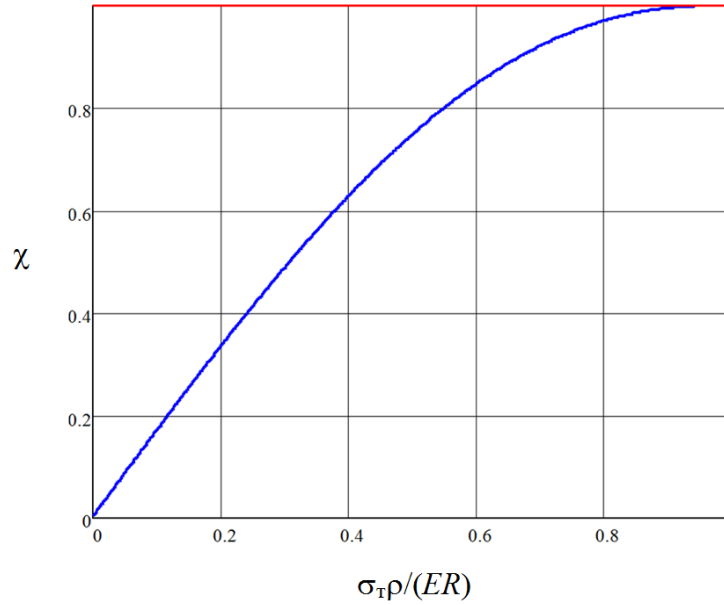


Рис.3. Зависимость  $\chi$  от радиуса кривизны круглого бруса  $\rho$

Откуда получаем линейный упругий закон о разрузке Генки при изгибе круглого бруса

$$\sigma(y) = \gamma y = \frac{Ey}{\rho} \left[ -\frac{2}{3\pi} \frac{\sigma_T \rho}{ER} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2} \left(2 \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2 - 5\right) + \right. \\ \left. + \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \arcsin \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) + \frac{\Pi}{E} \right],$$

$$\sigma(y) = \gamma y = \chi \frac{Ey}{\rho},$$

$$\chi = -\frac{2}{3\pi} \frac{\sigma_T \rho}{ER} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2} \left(2 \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2 - 5\right) + \\ + \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \arcsin \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) + \frac{\Pi}{E}.$$

Зависимость  $\chi$  от  $\sigma_T \rho / (ER)$  показана на Рисунке 3.

Экстремальные значения остаточных напряжений. Найдем экстремальные значения остаточных напряжений после изгиба круглого бруса:

$$\sigma_{\text{ост}}^1 = \sigma_{\text{max}} - \gamma R = \sigma_T + \Pi(\varepsilon_{\text{max}} - \varepsilon_T) - \gamma R = \sigma_T + \Pi \left( \frac{R}{\rho} - \frac{\sigma_T}{E} \right) - \gamma R = \\ = \sigma_T \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) + \sigma_T \frac{\Pi}{E} \frac{ER}{\sigma_T \rho} - \gamma R = \sigma_T \left(1 - \frac{\Pi}{E} + \frac{\Pi}{E} \frac{ER}{\sigma_T \rho}\right) - \gamma R = \\ = \sigma_T \left(1 - \frac{\Pi}{E} + \frac{\Pi}{E} \frac{ER}{\sigma_T \rho}\right) - \frac{ER}{\pi \rho} \left[ -\frac{2}{3} \frac{\sigma_T \rho}{ER} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2} \left(2 \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right)^2 - 5\right) + \right. \\ \left. + 2 \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \arcsin \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) + \frac{\Pi}{E} \pi \right] =$$

$$\begin{aligned}
&= \sigma_T \left( 1 - \frac{\Pi}{E} + \frac{\Pi}{E} \frac{ER}{\sigma_T \rho} \right) - \sigma_T \frac{ER}{\sigma_T \rho} \left[ -\frac{2}{3\pi} \frac{\sigma_T \rho}{ER} \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) \sqrt{1 - \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right)^2} \left( 2 \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right)^2 - 5 \right) + \right. \\
&\quad \left. + \frac{2}{\pi} \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) \arcsin \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right) + \frac{\Pi}{E} \right] = \\
&= \sigma_T \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) - \sigma_T \frac{ER}{\sigma_T \rho} \left[ -\frac{2}{3\pi} \frac{\sigma_T \rho}{ER} \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) \sqrt{1 - \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right)^2} \left( 2 \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right)^2 - 5 \right) + \right. \\
&\quad \left. + \frac{2}{\pi} \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) \arcsin \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right) \right] = \\
&= \sigma_T \left\{ \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) - \frac{ER}{\sigma_T \rho} \left[ -\frac{2}{3\pi} \frac{\sigma_T \rho}{ER} \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) \sqrt{1 - \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right)^2} \left( 2 \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right)^2 - 5 \right) + \right. \right. \\
&\quad \left. \left. + \frac{2}{\pi} \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) \arcsin \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right) \right] \right\} = \\
&= \sigma_T \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) \left\{ 1 + \frac{2}{3\pi} \sqrt{1 - \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right)^2} \left( 2 \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right)^2 - 5 \right) - \frac{2}{\pi} \frac{ER}{\sigma_T \rho} \arcsin \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right) \right\}, \\
\sigma_{\text{oct}}^1 &= \sigma_T \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) \left\{ 1 + \frac{2}{3\pi} \sqrt{1 - \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right)^2} \left( 2 \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right)^2 - 5 \right) - \frac{2}{\pi} \frac{ER}{\sigma_T \rho} \arcsin \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right) \right\}, \\
\sigma_{\text{oct}}^1 \langle \rho = \rho_T \rangle &= 0, \quad \sigma_{\text{oct}}^1 \langle \rho = 0 \rangle = -\sigma_T \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) \left( \frac{16}{3\pi} - 1 \right) < 0, \\
\sigma_{\text{oct}}^2 &= \sigma_T - \gamma y_T = \sigma_T - \frac{E}{\pi \varphi} \frac{\sigma_T \rho}{E} \left[ -\frac{2}{3} \frac{\sigma_T \rho}{ER} \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) \sqrt{1 - \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right)^2} \left( 2 \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right)^2 - 5 \right) + \right. \\
&\quad \left. + 2 \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) \arcsin \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right) + \frac{\Pi}{E} \pi \right] = \\
&= \sigma_T \left( 1 + \frac{2}{3\pi} \frac{\sigma_T \rho}{ER} \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) \sqrt{1 - \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right)^2} \left( 2 \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right)^2 - 5 \right) - \right. \\
&\quad \left. - \frac{2}{\pi} \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) \arcsin \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right) - \frac{\Pi}{E} \right) = \\
&= \sigma_T \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) \left( 1 + \frac{2}{3\pi} \frac{\sigma_T \rho}{ER} \sqrt{1 - \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right)^2} \left( 2 \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right)^2 - 5 \right) - \frac{2}{\pi} \arcsin \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right) \right), \\
\sigma_{\text{oct}}^2 &= \sigma_T \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) \left( 1 + \frac{2}{3\pi} \frac{\sigma_T \rho}{ER} \sqrt{1 - \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right)^2} \left( 2 \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right)^2 - 5 \right) - \frac{2}{\pi} \arcsin \left( \frac{\sigma_T \rho}{ER} \right) \right),
\end{aligned}$$

$$\sigma_{\text{ост}}^2 \langle \rho = \rho_T \rangle = 0, \quad \sigma_{\text{ост}}^2 \langle \rho = 0 \rangle = \sigma_T \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) > 0.$$

Заключение. Получено аналитическое выражение для остаточных напряжений круглого бруса при упругопластическом изгибе в зависимости от диаметра бруса, предела текучести, модуля Юнга и модуля упрочнения материала. Результаты исследований могут быть применены в металлургической и машиностроительной промышленности при производстве металлических изделий из круглого бруса и строительной арматуры [1–59].

#### Список литературы

1. Мошнин Е.Н. Гибка и правка на ротационных машинах. Технология и оборудование. – М.: Машиностроение, 1967. – 272 с.
2. Буланов Э.А., Шинкин В.Н. Механика. Вводный курс. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 172 с.
3. Шинкин В.Н. Сопротивление материалов. Простые и сложные виды деформаций в металлургии. – М: Изд. Дом МИСиС, 2008. – 307 с.
4. Шинкин В.Н. Теоретическая механика для металлургов. – М: Изд. Дом МИСиС, 2012. – 679 с.
5. Шинкин В.Н. Сопротивление материалов для металлургов. – М: Изд. Дом МИСиС, 2013. – 655 с.
6. Шинкин В.Н. Механика сплошных сред для металлургов. – М: Изд. Дом МИСиС, 2014. – 628 с.
7. Шинкин В.Н. Математическая модель правки стальной полосы на пятироликовой листопрямительной машине фирмы Fagor Agrasate // Молодой ученый. 2015. № 8 (88). С. 344–349.
8. Шинкин В.Н. Правка толстой стальной полосы на одиннадцатироликовой листопрямительной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Agrasate // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). С. 359–365.
9. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров правки тонкой стальной полосы на пятнадцатироликовой листопрямительной машине фирмы Fagor Agrasate // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). С. 361–366.
10. Шинкин В.Н. Холодная правка толстого стального листа на девятироликовой машине фирмы SMS Siemag на металлургическом комплексе стан 5000 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). С. 467–472.
11. Шинкин В.Н. Четырехроликовый режим холодной правки толстого стального листа на пятироликовой листопрямительной машине фирмы Fagor Agrasate // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). С. 356–361.
12. Шинкин В.Н. Упругопластическая деформация металлического листа на трехвалковых вальцах // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). С. 225–229.
13. Шинкин В.Н. Шестироликовый режим предварительной правки стальной полосы на листопрямительной машине фирмы Fagor Agrasate // Молодой ученый. 2015. № 14 (94). С. 205–211.
14. Шинкин В.Н. Определение критических давлений магистральных газонефтепроводов при частичном расплавлении продольного сварного шва стальных толстостенных труб // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). С. 222–227.
15. Шинкин В.Н. Критерий разрушения труб при дефекте раскатной пригар // Молодой ученый. 2015. № 16 (96). С. 261–265.
16. Шинкин В.Н. Дефект перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе // Молодой ученый. 2015. № 17 (97). С. 318–323.
17. Шинкин В.Н. Подгибка кромок стального листа по эвольвенте // Молодой ученый. 2015. № 18 (98). С. 231–237.
18. Шинкин В.Н. Критерий образования гофра при формовке стального листа на кромкогибочном прессе SMS Meer // Молодой ученый. 2015. № 19 (99). С. 238–243.
19. Шинкин В.Н. Остаточные напряжения при экспандировании стальной трубы // Молодой ученый. 2015. № 20 (100). С. 88–93.
20. Шинкин В.Н. Разрушение стальных труб при дефекте «раскатанный пригар с рисккой» // Молодой ученый. 2015. № 22 (102). С. 213–225.
21. Шинкин В.Н. Гидроиспытания стальных труб на прочность на заводе. Труба с «донышками» // Молодой ученый. 2015. № 23 (103). С. 268–276.
22. Шинкин В.Н. Гофр продольной кромки листа при его формовке на кромкогибочном прессе // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 6. С. 171–174.
23. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Формовка листовой заготовки в кромкогибочном прессе и условие

- возникновение гофра при производстве труб магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 4. С. 14–22.
24. Шинкин В.Н. Математическое моделирование процессов производства труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. Т. 4. № 4 (62). С. 69–74.
  25. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Модель пластического формоизменения кромок листовой заготовки при производстве труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Известия вузов. Черная металлургия. 2011. № 9. С. 45–49.
  26. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Моделирование процессов экспандирования и гидроиспытания труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 10. С. 12–19.
  27. Шинкин В.Н., Коликов А.П., Барыков А.М. Технологические расчеты процессов производства труб большого диаметра по технологии SMS Meer // Металлург. 2011. № 11. С. 77–81.
  28. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Simulation of the shaping of blanks for large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 1. P. 61–66.
  29. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Elastoplastic shaping of metal in an edge-ending press in the manufacture of large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 6. P. 528–531.
  30. Шинкин В.Н., Барыков А.М., Коликов А.П., Мокроусов В.И. Критерий разрушения труб большого диаметра при несплавлении сварного соединения и внутреннем давлении // Производство проката. 2012. № 2. С. 14–16.
  31. Шинкин В.Н., Коликов А.П., Мокроусов В.И. Расчет максимальных напряжений в стенке трубы при экспандировании с учетом остаточных напряжений заготовки после трубоформовочного пресса SMS Meer // Производство проката. 2012. № 7. С. 25–29.
  32. Шинкин В.Н. Критерий перегиба в обратную сторону свободной части листовой заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer при производстве труб большого диаметра // Производство проката. 2012. № 9. С. 21–26.
  33. Шинкин В.Н., Мокроусов В.И. Критерий разрыва труб газонефтепроводов при дефекте «раскатной пригар с риской» // Производство проката. 2012. № 12. С. 19–24.
  34. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Engineering calculations for processes involved in the production of large-diameter pipes by the SMS Meer technology // Metallurgist. 2012. Vol. 55. Nos. 11–12. P. 833–840.
  35. Шинкин В.Н. Производство труб большого диаметра по схеме JCOE фирмы SMS Meer для магистральных трубопроводов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 3–1. С. 64–67.
  36. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров кромкогибочного пресса фирмы SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 4–1. С. 114–119.
  37. Шинкин В.Н. Математический критерий возникновения гофра при формовке стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5–1. С. 96–99.
  38. Шинкин В.Н. Расчет усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе плоской толстой стальной заготовки при производстве труб большого диаметра // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 6–1. С. 115–118.
  39. Шинкин В.Н. Оценка усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе стальной цилиндрической заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 7–1. С. 74–78.
  40. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Сила давления пуансона трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе частично изогнутой толстой стальной заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 8–1. С. 78–83.
  41. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Математический критерий перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 9–1. С. 73–77.
  42. Шинкин В.Н. Влияние остаточных напряжений на прочность металла при экспандировании стальной заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 10–1. С. 153–157.
  43. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Гибка стального листа на вальцах трехвалковых // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 11–1. С. 252–257.
  44. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Правка толстой стальной полосы на пятироликовой листопрямительной машине // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 11–1. С. 257–262.
  45. Шинкин В.Н. Расчет кривизны стального листа при холодной правке на одиннадцатирولیковой машине //

- Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12–2. С. 246–251.
46. Шинкин В.Н. Прочностные гидроиспытания стальных труб с заглушками на заводе // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12–2. С. 251–258.
  47. Шинкин В.Н., Федотов О.В. Расчет технологических параметров правки стальной горячекатаной рулонной полосы на пятироlikовой машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2013. № 9. С. 43–48.
  48. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Расчет технологических параметров холодной правки стального листа на девятироlikовой машине SMS Siemag металлургического комплекса стан 5000 // Производство проката. 2014. № 5. С. 7–15.
  49. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров правки стального листа на одиннадцатироlikовой листопрilьной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2014. № 8. С. 26–34.
  50. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Расчет формы трубной заготовки при гибке на кромкогибном и трубоформовочном прессах фирмы SMS Meer при производстве труб большого диаметра по схеме JCOE // Производство проката. 2014. № 12. С. 13–20.
  51. Шинкин В.Н., Борисевич В.Г., Федотов О.В. Холодная правка стального листа в четырехроlikовой листопрilьной машине // В сборнике: Глобализация науки: проблемы и перспективы. Т. 2. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2014. – С. 119–121.
  52. Шинкин В.Н. Математическая модель правки тонкого стального листа на пятнадцатироlikовой листопрilьной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2015. № 1. С. 42–48.
  53. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Гибка стального листа на трубоформовочном прессе при производстве труб большого диаметра // Сталь. 2015. № 4. С. 38–42.
  54. Шинкин В.Н. Оценка критических давлений при разрушении стальных труб магистральных газонефтепроводов при несплавлении сварного соединения // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2015. № 5–6. С. 7–11.
  55. Шинкин В.Н. Математический критерий разрушения стальных толстостенных труб при дефекте раскатной пригар // Мир науки и инноваций. 2015. Т. 5. № 2 (2). С. 57–64.
  56. Шинкин В.Н. Прочность стальных труб при внутреннем давлении // Научные труды SWorld. 2015. Т. 5. № 4 (41). С. 50–58.
  57. Шинкин В.Н. Холодная правка металлической полосы на семироlikовой листопрilьной машине // Молодой ученый. 2016. № 3 (107). С. 228–237.
  58. Шинкин В.Н. Кривизна листа при правке на семироlikовой машине // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 1–1. С. 131–139.
  59. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. – Л.: Машиностроение, 1971. – 782 с.

## **СЕКЦИЯ №8.**

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

#### **ПУТИ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЦЕПНОГО ВЕСА В ХОДОВОЙ СИСТЕМЕ КОЛЁСНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА**

**Кузнецов Е.Е., Кузнецов К.Е., Поликутина Е.С., Храмов А.А.**

ФГБОУ ВО Дальневосточный государственный аграрный университет, г.Благовещенск, Амурская область

Перераспределение сцепного веса в ходовой системе трактора и буксируемого агрегата является перспективным направлением увеличения тягово-сцепных свойств энергетического средства, как одной из составляющих его успешного и эффективного функционирования в технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

Повышение тягово-сцепных свойств энергетического средства без внесения изменений в конструкцию серийного трактора поможет решить также проблему снижения буксования, повышения агротехнических

скоростей, переуплотнения грунтов, а, следовательно, и повышения урожайности зерновых и бобовых сельскохозяйственных культур.

Однако в настоящее время этот вопрос изучен недостаточно, особенно влияние перераспределения сцепного веса на характеристики колёсного трактора при работе энергетического средства на почвах с низкой несущей способностью при наличии твёрдого подстилающего слоя в виде мерзлоты [1,2].

Соответственно в производстве практически не разрабатываются и не внедряются устройства для перераспределения сцепного веса. Так, практически единственным внедрённым и успешно используемым за многие годы в машиностроении тягово-догружающим устройством является гидроувеличитель сцепного веса, входящий в стандартное оборудование колёсных тракторов моноблочной схемы и предназначенный только для регулирования сцепного веса, приходящегося на задние ведущие колёса трактора за счёт массы навесного оборудования.

Вместе с тем влияние недоработок ходовых систем действующих тракторных схем или конструкционного распределения масс по осям трактора на обрабатываемые грунты, безопасность использования и агротехнические скорости можно корректировать применением устройств, перераспределяющих сцепной вес в зависимости от условий эксплуатации тракторно-транспортных агрегатов (ТТА) или машинно-транспортных агрегатов (МТА)[3].

Соответственно процесс перераспределения сцепного веса в звене «энергетическое средство – ТТА (МТА)» требует методического обоснования в целях выявления приёмов и способов рационального перераспределения, а также проведения математического расчёта и анализа при разработке конструкции и внедрении корректирующих, догружающих или стабилизирующих устройств.

Разработанная и предлагаемая схема путей перераспределения сцепного веса в ходовой системе энергетического средства обладает научной новизной и подтверждается рядом патентов на изобретение и полезную модель, а также опубликованными научными работами по тематике исследования процесса перераспределения сцепного веса в ходовой системе колёсного энергетического средства (Рисунок 1).



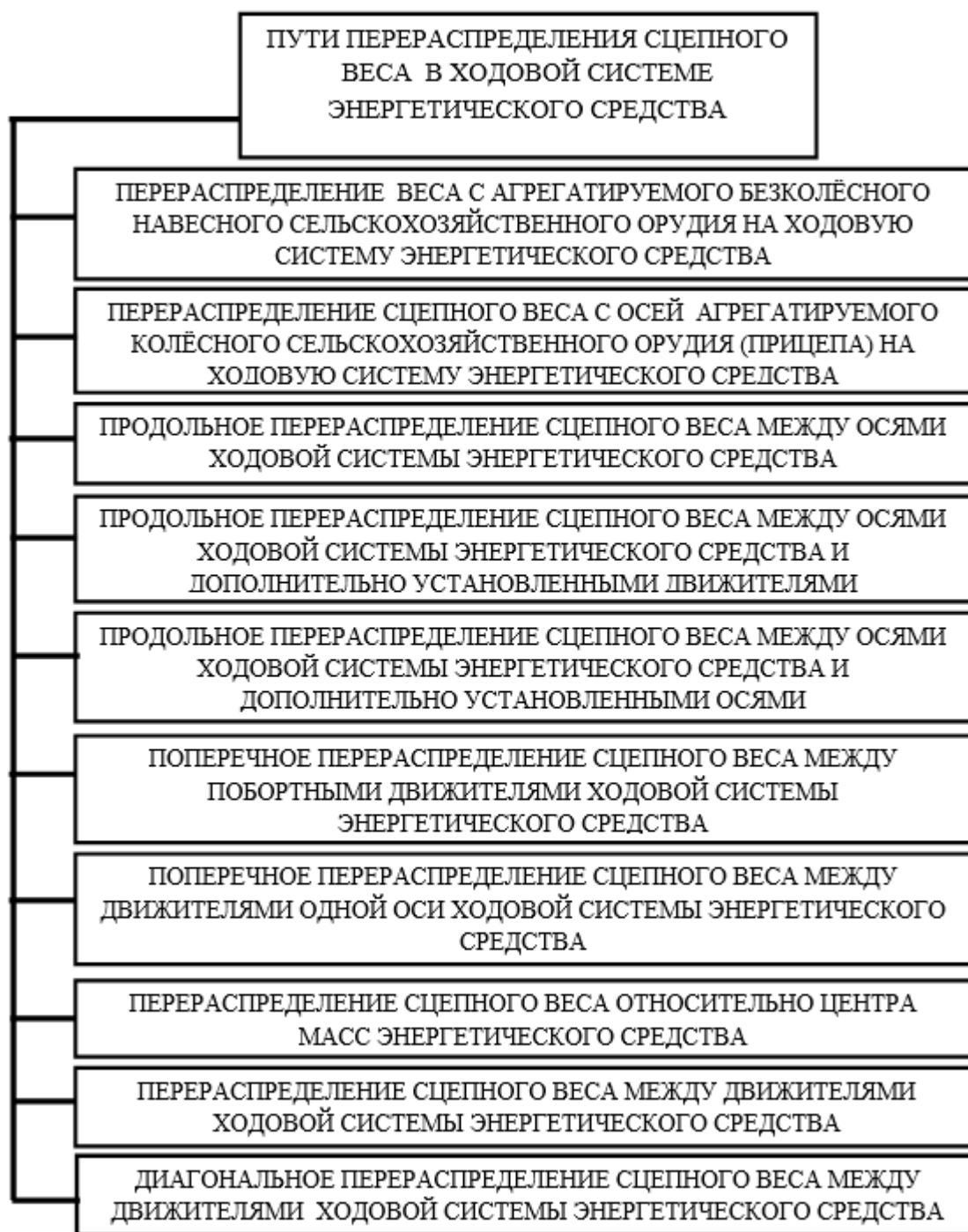


Рис.1. Пути перераспределения сцепного веса в ходовой системе колёсного энергетического средства

#### Список литературы

1. Кузнецов, Е.Е. Использование многоосных энергетических средств класса 1,4: монография / Е.Е. Кузнецов [и др.]// ДальГАУ- Благовещенск, 2013. -153 с.
2. Спириданчук, Н.В. Повышение эффективности использования колёсных тракторов класса 1,4 на транспортных работах/Н.В. Спириданчук//Дальневосточный аграрный вестник. Научно-практический журнал.-2011. № 1(17).-С.39-45.
3. Щитов С.В. Пути повышения агротехнической проходимости колёсных тракторов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур Дальнего Востока: дис.... д-ра техн. наук: 05.20.01. Благовещенск, 2009. 325 с.

# РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ РАБОТЫ АВТОПАРКА

Царицинский А.Г., Мукаев В.Н.

ООО Автотранспортное управление», ФГБОУ ВПО «МГТУ», г.Магнитогорск

## Аннотация

Предложен принцип построения автоматизированной системы контроля работы автопарка, концепция которой основана на интеграции функций по регистрации информации о движении и простоях автотранспортных средств, а также о расходе производственных ресурсов в транспортном процессе. Условием работоспособности системы является возможность накопления и обработки информации, полученной различными способами: в автоматическом режиме с помощью технических средств, данных, заносимых в систему оператором с первичных документов, расчетных данных.

## Ключевые слова:

Автомобильный парк, автоматизация контроля, информационная система, сверхнормативные простои, транспортный процесс, расход ресурсов.

Эффективное управление автомобильным транспортом в современных экономических условиях невозможно без объективной и своевременной информации о ходе транспортного процесса, условиях его протекания и состоянии его участников, технологических возможностях и объеме располагаемых перевозчиком ресурсов [7, 9, 10, 11]. Большая часть предложенных в данной работе методических рекомендаций реализовано в автотранспортном цехе металлургического завода Челябинской области.

Автотранспортный цех (АТЦ) располагается на 9 площадках, эксплуатирует более 1000 единиц автотранспортной техники, в производственном процессе задействовано около 1,5 тыс. человек. Производственная деятельность сконцентрирована по следующим направлениям: перевозка обычных, тяжеловесных, негабаритных и опасных грузов (основное направление); перевозка пассажиров; ремонт и техническое обслуживание грузовых и легковых автомобилей; сервисное обслуживание самоходной техники «БелАЗ».

Практически весь автопарк (96%) задействован в перевозках и распределен по нескольким цехам перевозок. Существующая до недавнего времени в АТЦ информационная система мониторинга и контроля работы автопарка основывалась на следующих принципах [1, 2, 8]: использование в большей своей части алгоритмов сбора и обработки необходимой информации в «ручном» режиме; децентрализация отдельных учетных функций.

В результате требуемая для управления транспортным процессом информация формировалась с большим запаздыванием и зачастую в искаженном виде. В настоящее время для предприятия все еще крайне важной остается проблема автоматизации контроля работы автотранспорта [6]. Предлагаемый подход к построению автоматизированной системы контроля работы автопарка основан на концепции интеграции функций по регистрации информации о движении и простоях автотранспортных средств, а также о расходе производственных ресурсов в транспортном процессе (Рисунок 1).



Рис.1. Концепция построения автоматизированной системы контроля работы автопарка

Такая концепция построения системы позволяет связать функционально разрозненные информационные блоки АТЦ между собой и с корпоративной информационной металлургического завода, что обеспечит возможность накопления и обработки информации, полученной различными способами: в автоматическом режиме с помощью технических средств; данных, заносимых в систему оператором с первичных документов; расчетных данных. Работоспособность функционалов предлагаемой системы контроля обеспечивается процедурой подачи электронной заявки на транспортное обслуживание от подразделений-заказчиков в адрес АТЦ и фиксацией информации о ее выполнении (Рисунок 2).

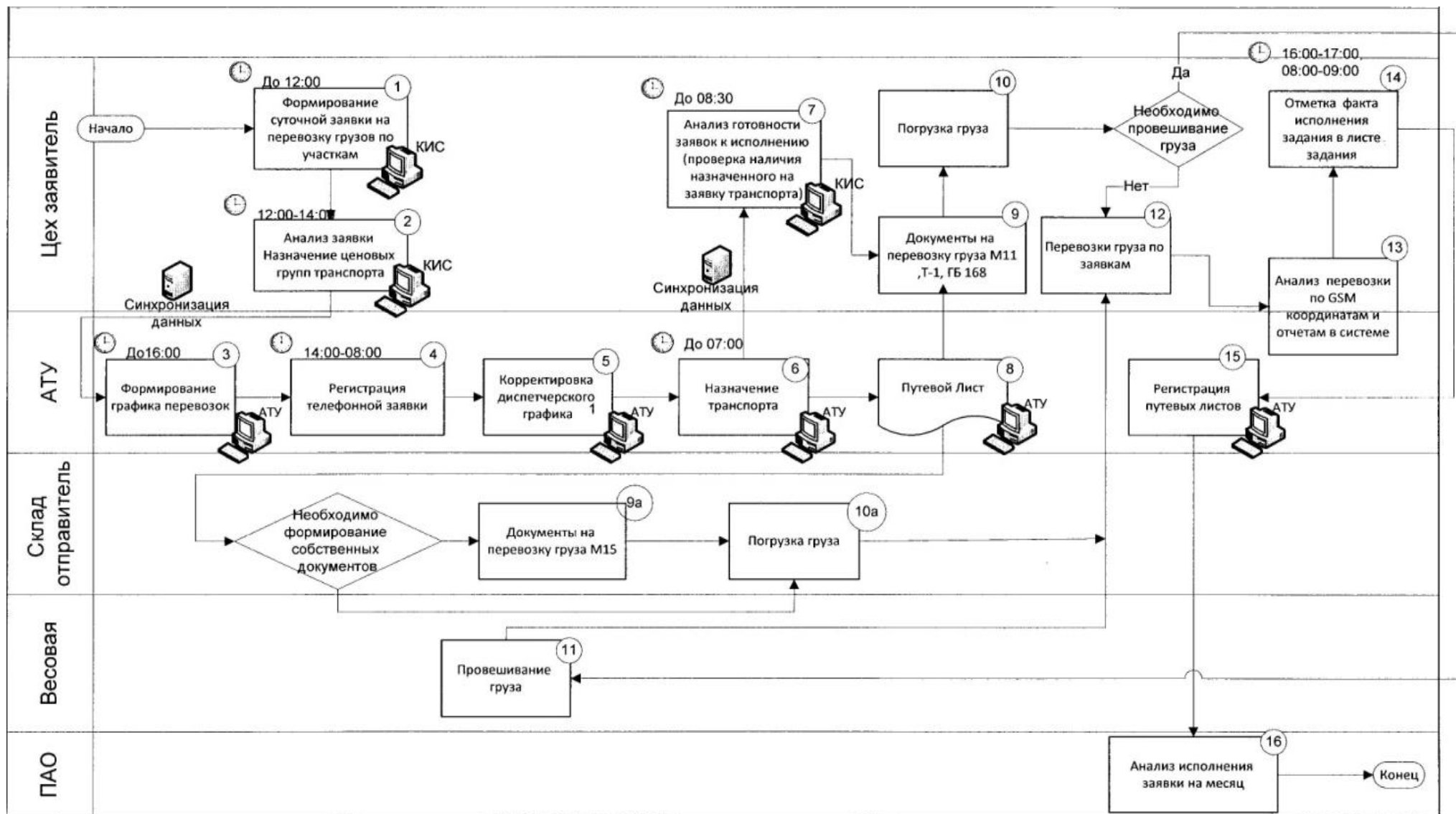


Рис.2. Процедура подачи электронной заявки на транспортное обслуживание от подразделений-заказчиков

На основании электронной заявки, являющейся частью программного комплекса «Учет работы автотранспорта» АТЦ, а также данных ГЛОНАСС, полученных посредством системы мониторинга «АвтоГраф», в оперативном режиме производится контроль движения автопарка у заказчика по следующим параметрам: отклонение от маршрута; отсутствие GPS сигнала; отсутствие данных; превышение скорости; слив топлива.

В соответствии с техническим заданием был разработан модуль обработки и визуализации отклонений работы автопарка у заказчика. Поступление событий, связанных с отклонениями в работе автопарка от принятых параметров, производится автоматически со звуковым сопровождением. Интерфейс модуля приведен на Рисунке 3.

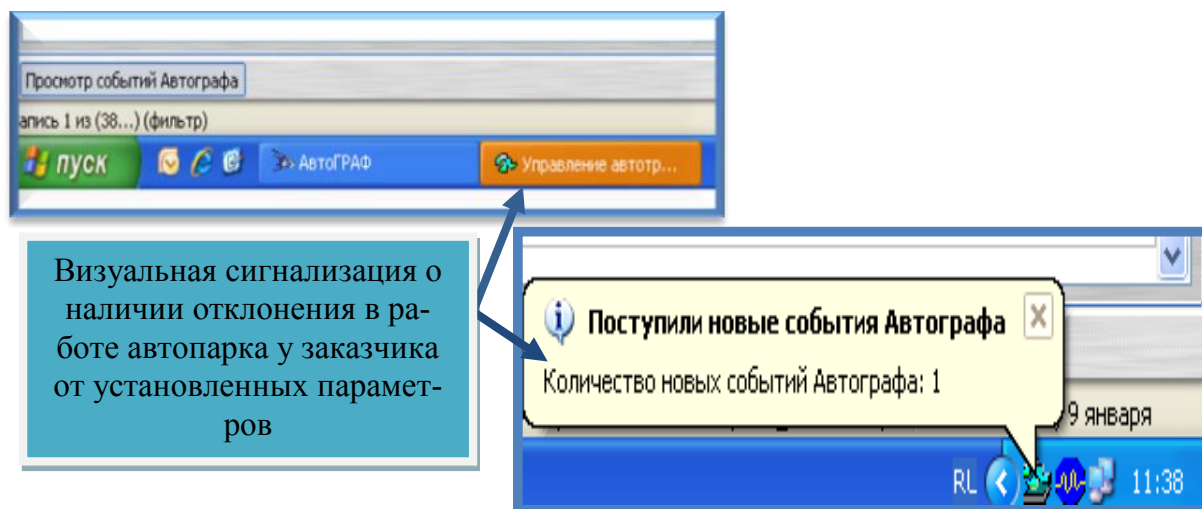


Рис.3. Интерфейс программного модуля для контроля параметров движения автопарка у заказчика

Для оперативного реагирования на возникшее отклонение в работе автопарка программным модулем предусмотрена возможность просмотра маршрута движения транспортного средства, его трека в режиме интерактивной карты, а также данных путевого листа. Автоматизация контроля расхода ресурсов в транспортном процессе предусмотрена программным комплексом «Учет работы автотранспорта». Структура этого функционала включает планирование и учет использования: автотранспортных средств; автошин и аккумуляторных батарей; номерных агрегатов и запасных частей; расхода горюче-смазочных материалов [3-5]. Наиболее детально проработан элемент функционала по оперативному учету топлива. Своевременное отражение отклонений в расходе топлива достигается формированием электронного отчета по проверке входящих (исходящих) остатков топлива в баках.

Работа функционала контроля сверхнормативных простоев автопарка основана на сопоставлении нормативных и фактических простоев транспортного средства у заказчика (Рисунок 4).

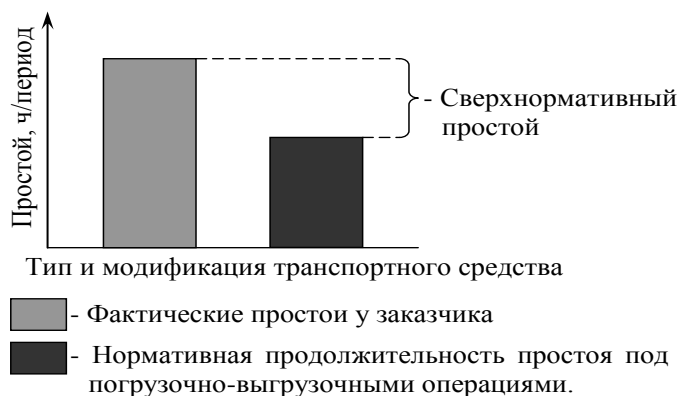


Рис.4. Модель определения сверхнормативных простоев

Величина фактических простоев фиксируется автоматически системой мониторинга «АвтоГраф». Контроллерами АТЦ производится детализация возникших простоев автотранспорта у заказчика по следующим видам:

- ожидание погрузки/разгрузки;

- ожидание задания;
- погрузка/разгрузка;
- оформление документов;
- досмотр (ожидание) на контрольно-пропускном пункте;
- досмотр ТС службой безопасности в пути следования;
- внеплановые простои;
- кратковременные остановки при выполнении задания.

Величина нормативных простоев под погрузочно-разгрузочными и прочими операциями устанавливается заказчиком по результатам хронометражей, а также с использованием данных нормативно-технической документации. В системе предусмотрен электронный справочник нормативов простоя. Результаты работы данного функционала представляются в виде отчета. Минимальный период, за который может быть автоматически сформирован отчет по простоям – рабочая смена. Максимальная продолжительность отчетного периода не ограничена.

Информация системы автоматизированного контроля работы автопарка используется для разработки рекомендаций по снижению затрат на транспортное обслуживание подразделений-заказчиков. На основе полученных данных за последние пять лет был разработан комплекс мероприятий по оптимизации численности автопарка, объединению маршрутов движения, централизации функций автомобильных перевозок. Реализация предложенного комплекса мероприятий позволила существенно сэкономить бюджет, предприятия, выделяемого на транспортное обслуживание своих подразделений.

#### Список литературы

1. Грязнов М.В., Давыдов К.А. Использование методов резервирования технических систем для повышения надежности автомобильных перевозок /Актуальные вопросы науки. 2014. № 12. С. 40-42.
2. Грязнов М.В., Давыдов К.А., Беляев А.В. Суть и функции аудита на автомобильном транспорте /Теоретические и практические аспекты развития современной науки Материалы XIV международной научно-практической конференции. Научно-информационный издательский центр «Институт стратегических исследований». 2014. С. 21-27.
3. Грязнов М.В., Крупнов А.М. Поиск резервов производительности труда ремонтного персонала ЦРГА ООО «Автотранспортное управление» //Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. № 2. С. 93-94.
4. Грязнов М.В., Лукьянов В.А., Санников К.Б. Основные положения методики управления ресурсами промышленных предприятий. Депонированная рукопись № 1900-В2003 31.10.2003.
5. Грязнов М.В., Панова Е.С., Клюкин А.В. Определение резервов численности ремонтного персонала УРГА ООО «Автотранспортное управление» /Международная научно-практическая конференция «Архитектура, строительство, транспорт» (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»). Секция № 8 «Развитие теории и практики грузовых автомобильных перевозок, транспортной логистики» Сборник научных трудов № 8 кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте». ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Кафедра «ОПиУТ»; отв. за вып. Е. Е. Витвицкий. Омск, 2015. С. 28-35.
6. Грязнов М.В., Царицинский А.П., Мукаев В.Н. Использование принципа многофункциональной работы на автомобильном транспорте /Международная научно-практическая конференция «Развитие дорожно-транспортного и строительного комплексов и освоение стратегически важных территорий Сибири и Арктики: вклад науки» Секция №9 «Развитие теории и практики грузовых автомобильных перевозок, транспортной логистики»: Сборник научных трудов № 7 кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте». ФГБОУ ВПО «СибАДИ»; Ответственный за выпуск Евгений Евгеньевич Витвицкий. Омск, 2014. С. 30-37.
7. Дорофеев А.Н. Эффективное управление перевозками (Fleet management): Монография /А.Н. Дорофеев. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2012. – 196 с.
8. Зиновьева Е.Г., Сысоева С.В. Теоретический анализ структуры предприятия //Научная жизнь. 2009. № 2. С. 53.
9. Сысоева С.В. Некоторые аспекты «информатизации» и «информационной инфраструктуры» как экономической категории /Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. 2010. № 2. С. 360-363.
10. Сысоева С.В. Сущность категории «информатизация» в постиндустриальной экономике //Вестник Омского университета. 2011. № 3. С. 330-335.

11. Сысоева С.В., Бондарева Л.В., Пермякова У.В. О целесообразности бизнес-технологий и бизнес-процессов /Материалы научно-практической конференции с международным участием: «Качество жизни: вчера, сегодня, завтра. Актуальные проблемы вступления России в ВТО» Астратова Галина Владимировна. 2012. С. 57-62.

## **СЕКЦИЯ №9.**

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

## **СЕКЦИЯ №10.**

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

#### **ВИТРАЖНОЕ ОСТЕКЛЕНИЕ И СПОСОБЫ ЕГО УСТАНОВКИ**

**Гаджиева Т.Н., Ковтун А.В.**

ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова, РФ, г.Новочеркасск

Витражное остекление востребовано в строительстве бизнес-центров, супермаркетов, аквапарков и прочих зданий. Оно пользуется популярностью при возведении отелей и спортивных сооружений. При постройке жилых зданий его нередко используют для остекления зимних садов, оранжерей, летних веранд и балконов. Им украшают мансарды загородных домов. Внешний вид витражного остекления выглядит как стеклянная стена, и способно реализовать фантазии многих архитекторов.

Витражными системами называются оконно-дверные системы, монтаж которых производится изнутри здания и фиксируется штапиком.

В качестве основы витражного остекления используются стеклопакеты (32 мм – двухкамерные или 24 мм – однокамерные). Они могут иметь исполнение, различное по степени сложности конфигурации. Применяется и обычное стекло. Стеклянные витражи постепенно вытесняют пластиковые окна. Это обусловлено их облегченной конструкцией, для которой не требуется установка усиливающих профилей.

Ко всем витражам и витринам с двойным остеклением в отдельных каркасах со стороны помещений организуется доступ в межстекольное пространство (для промывки и протирки стекла и элементов каркаса). Проходные витражи имеют расстояние между стеклами (равное 450—800 мм), обеспечивающее проход человека.

Когда используется витражное остекление?

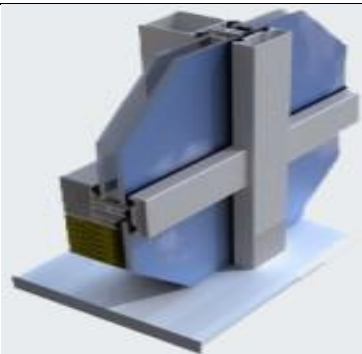
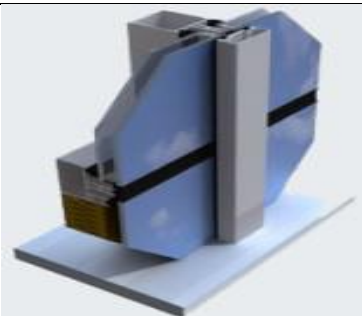
- При необходимости остекления лестничных маршей и фасадов здания.
- При остеклении входных групп с тамбуром.

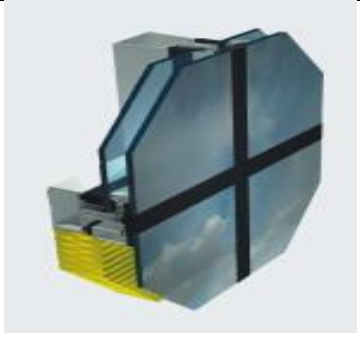

Оптимальное применение этого вида в остеклении витрин кафе и ресторанов, входных групп учреждений культуры, например театров. Оно создает необходимый эстетический эффект восприятия этих зданий. В нем обязательно наличие встраиваемых дверей. Тип открывания любой.

- Для остекления оранжерей, зимних садов, веранд, лоджий или балконов. В них предусмотрено оснащение встраиваемыми окнами и дверями (при необходимости).

Витражное остекление балконов – оптимальное решение при необходимости закрытия достаточно больших проемов. Оно отличается от традиционного остекления тем, что конструкция витража не только пропускает дневной свет внутрь жилого помещения, но и способствует его защите от вредного воздействия ультрафиолетового излучения.

## Используемые системы при витражном остеклении

вид	Название системы	описание
	<p>стоечно-ригельная система</p>	<p>В ее конструкцию входит алюминиевый, несущий каркас с прижимным профилем, оснащенным крышками (накладками). В устройство каркаса входит вертикальная несущая стойка и горизонтальные ригели. В них -пазы для вентиляции и отвода конденсата. Стеклопакет или другой наполнитель закрепляется между каркасом и профилем с помощью уплотнителей. Снаружи каркас не виден, он закрыт декоративными крышками.</p>
	<p>Стоечно-ригельная полуоткрытая система</p>	<p>заполнитель снаружи закрепляется только горизонтальными или вертикальными прижимами в виде планок.</p>

	<p>Структурная система</p>	<p>В ней наполнитель крепится к каркасу клеевым способом. Поэтому снаружи поверхность получается полностью стеклянной, без видимых швов; Полуструктурная. В ней крепление наполнителя осуществляется посредством специальных штапиков.</p>
	<p>Спайдерная система</p>	<p>Заполнитель закрепляется посредством спайдеров. Это специальный кронштейн из легированной стали, в качестве элементов крепления используются конические шайбы или выравнивающие кольца из тефлона, внешний вид которых напоминает паука.</p>

#### Плюсы витражного остекления

- Возможность остекления проемов, имеющих большие габариты
- Витражное остекление с применением алюминиевого профиля может быть исполнено с изгибом в любых плоскостях, объемных или плоских
- Монтажные работы осуществляются в минимальные сроки
- Витражное остекление высокотехнологично, обладает высокой стойкостью к промерзанию, является невозгораемым
- Устойчиво к вредному воздействию ультрафиолетовых лучей, не подвергается различного рода деформациям и коррозии
- Защищает от потерь тепла и проникновения шума извне
- Защищает здание от проникновения внутрь его атмосферных осадков
- Практично, имеет высокую точность сборки.

#### Список литературы

1. Волобаева, Т.В. История развития витража в России [Текст]/ Т.В. Волобаева. - Просвещение. - М., 2005. - С. 139.
2. Рагин, В.Ч. Искусство витража от истоков к современности [Текст]/ В.Ч. Рагин. - Белый Город. - М., 2004. - С. 287.
3. Хрусталева С. Стекло в интерьере [Текст]/ С. Хрусталева. - «Диля». - С-Пб., 2005 - С. 192.



# ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СУХОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ СМЕСИ ДЛЯ ШПАКЛЕВОЧНЫХ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДОЛОМИТА

**Ломакина Л.Н., Гараньков И.Н., Хабабутдинова Н.Б., Никитин И.С.**

ФГБОУ ВПО УГНТУ, РФ, г.Уфа

При проведении вскрышных работ в доломитовых карьерах образуется значительное количество отвалов пород, содержащих смесь кварца (до 70%) с доломитом, после незначительной технологической подготовки, которой возможно ее использование как сырья для производства строительных материалов, в первую очередь в качестве готового заполнителя для сухих строительных смесей. Такое применение побочных продуктов добычи позволяет решать вопросы рационального подхода к природным ресурсам и снижения экологической нагрузки на окружающую природную среду.

Минерал доломит представляет собой двойной карбонат кальция и магния и относится к известковым породам, который широко распространен на территории нашей страны. Общая добыча доломита в России для всех отраслей промышленности составляет порядка 5 млн. тонн/год.

Кубическая структура минерала, в отличие от кварцевого песка, обеспечивает лучшее сцепление с цементным камнем. Учитывая доступность данного материала и его кристаллографические, физические и химические свойства, представляется возможным фактическая оценка применения данного материала в строительстве при промышленном и гражданском строительстве [4].

Нами была исследована порода месторождения Мадаевское Нижегородской области для применения в качестве заполнителя в составе шпаклевочных сухих строительных смесей. При исследовании использовались цемент производства г. Усть-Катав и песок месторождения г. Нефтекамск Республики Башкортостан. В качестве водоудерживающей добавки применили Na-карбоксиметилцеллюлозу. Водоцементное отношение исследуемых проб варьировалось от 0,2 до 0,3, - в зависимости от состава - для обеспечения необходимой осадки конуса [1].

При изучении состава породы был проведен рентгенофазовый анализ доломита на дифрактометре «D2 Phaser» (производитель Bruker Corporation, Германия). Рентгенограммы обрабатывались посредством лицензионной версии программ «Diffraс. Eva» и «Diffraс Topas» с использованием лицензионной базы данных «PDF-2».

Анализ структуры доломита методом РФА показал наличие основных составляющих породы: доломита  $\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{CO}_3)_2$ , кристобалита  $\text{SiO}_2$  и кварца  $\text{SiO}_2$  (Рисунок 1). Наличие двух последних составляющих говорит о возможной небольшой активности породы к цементному камню, что лишь положительно сказывается на твердении смеси.

Commander Sample ID (Coupled TwoTheta/Theta)

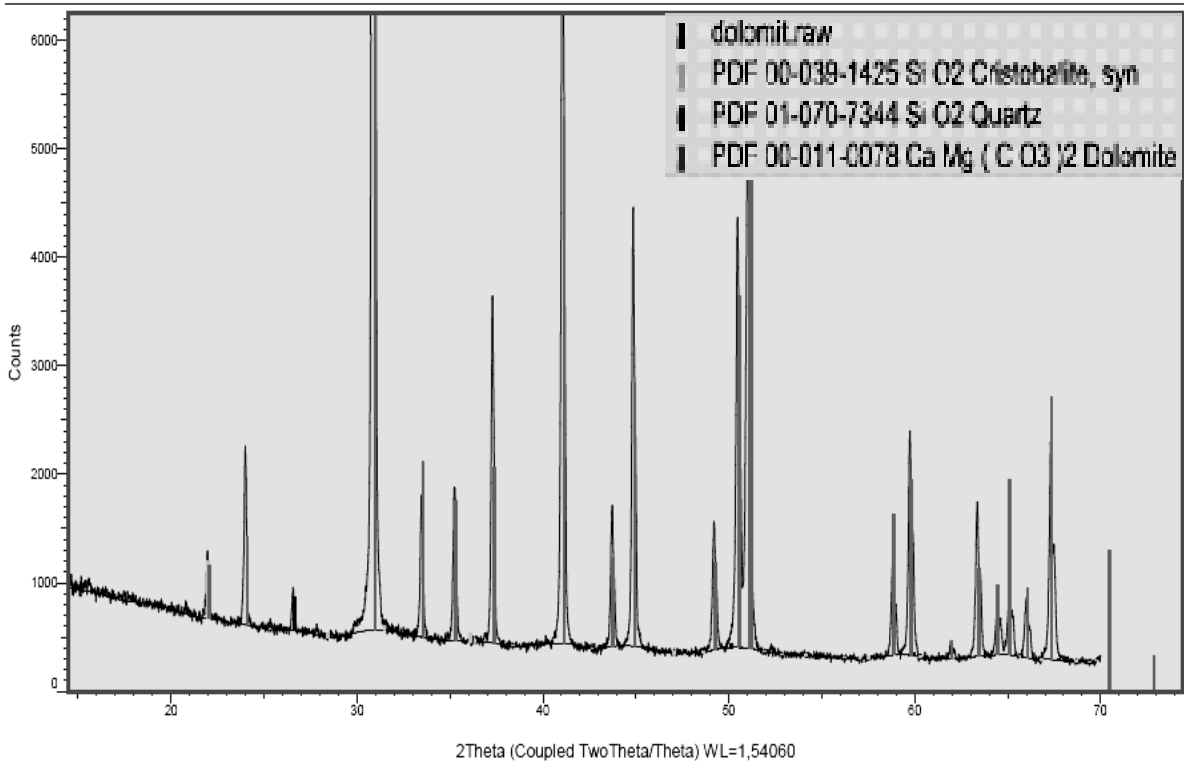


Рис.1. Рентгенограмма доломита

Также проводился морфологический анализ поверхности доломита методом растровой электронной микроскопии на растровом электронном микроскопе «JEOL JSM-6610 LV». Микроскопическое изображение поверхности доломита приведено на Рисунке 2, который показывает достаточно пористую и неоднородную структуру, что повышает гигроскопичность материала.

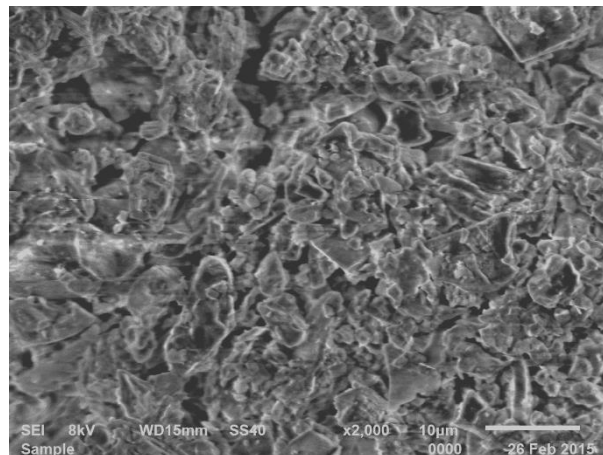


Рис.2. Микроскопическое изображение поверхности доломита при увеличении 2000.

Подбор составов осуществлялся по основным эксплуатационным критериям согласно ГОСТ 31356-2007 и 31357-2007, разделенным на три категории: основные показатели качества сухих смесей, основные показатели качества смесей, готовых к применению и основные показатели качества затвердевшего раствора [2, 3].

При определении качества сухих смесей, определяли влажность, наибольшую крупность зерен заполнителя, содержание зерен наибольшей крупности в сухих смесях, насыпную плотность сухих компонентов, входящих в состав смеси. Перед испытанием песок и доломит высушивали до влажности не более 0,3 %. В качестве заполнителя выбраны песок и измельченный доломит крупностью не более 0,63 мм.

По результатам испытаний остаток на сите 0,63 составил 0,05%, что не превышает установленного нормативного значения 0,5 %.

Для определения качества строительной шпаклевочной смеси, готовой к применению, определяли удобоукладываемость смеси глубиной погружения стандартного конуса в смесь. Подбирали осадку конуса шпаклевочной смеси  $P_{к3} = 8...12$  см.

Далее выбранные составы смесей, испытывали на сохраняемость подвижности. Отобраны составы, имеющее время сохраняемости не менее 1,5 часов.

Для оценки эффективности добавки КМЦ испытания растворной смеси проводили на водоудерживающую способность. Водоудерживающая способность смесей составила 99%, что не менее 95% по требованиям ГОСТ.

Качество затвердевшего раствора сухих смесей определяли путем его испытаний на водопоглощение и адгезию. Были отобраны составы, имеющие водопоглощение в пределах нормы: для цемента в количестве менее 80 % массы смешанного вяжущего водопоглощение состава по требованиям ГОСТ должно составить не более 15%.

Определение прочности сцепления покрытия с бетоном проводили в соответствии с ГОСТ при помощи прибора ОНИКС-АП. При испытаниях отмечен характер отрыва образцов от основания: когезионный отрыв по телу образца (АТ-2). Это означает, что прочность сцепления больше значения, полученного при испытаниях. Прочность сцепления с основанием через 3 суток составила 0,2 МПа. Учитывая характер разрушения всех образцов (АТ-2), возможно, что прочность имеет значение, равное 0,3 МПа, и выше.

У отобранных в результате всех испытаний затвердевших составов исследовали фазовый состав (Рисунок 3).

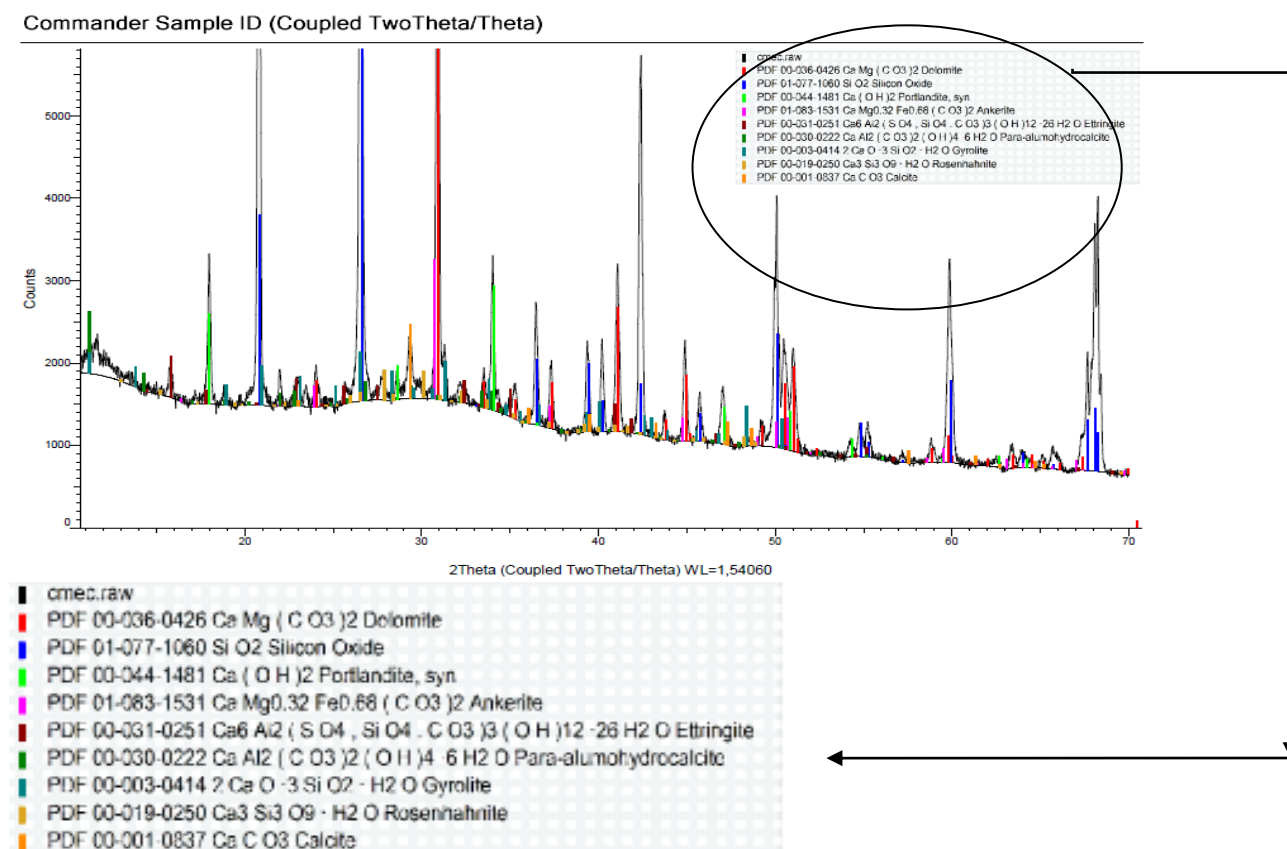


Рис.3. Рентгенограмма затвердевших составов, содержащих доломит

Исследованные составы имеют, как правило, аналогичные продукты твердения по сравнению с контрольным. Наличие в составах неразложившегося доломита и портландита свидетельствует о том, что доломит не вступает в реакцию при обычных условиях твердения портландцемента, являясь неактивным наполнителем.

Таким образом, выявлено, что частичная замена песка доломитом оптимальна в соотношении доломит : песок = 1:3. При других соотношениях, составы теряют подвижность, увеличивается водопоглощение затвердевшего раствора, уменьшается прочность сцепления с основанием. При более высоком содержании песка снижается адгезия, а доломита – повышается пористость. Вододерживающая добавка снижает водоотделение смеси, позволяя эффективно регулировать консистенцию и реологические свойства, устранять расслоение и седиментацию, улучшать адгезию.

#### Список литературы

1. ГОСТ 5802-86 Растворы строительные. Методы испытаний.
2. ГОСТ 31356-2007 Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний.
3. ГОСТ 31357-2007 Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Общие технические условия.
4. Носов А.В., Магнезиальное вяжущее из доломитов и материалы на его основе. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н., Белгород, 2014 г.

### НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИКИ В ЮЖНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

**Загуляев Д.С., Кашников В.А., Рыжкин И.А., Чернышов К.Ю.**

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова

На сегодняшний день одной из ведущих отраслей экономики России является строительство, что вызывает высокую потребность в строительных материалах. Одним из актуальных и востребованных строительных материалов является керамика. Данный строительный материал дает возможность для выполнения широкого спектра не только строительных работ, но и работ, связанных с реконструкцией различных зданий и сооружений.

Керамика – продукт, состоящий из неорганических материалов и минеральных добавок, обожженных до камневидного состояния. Изделия строительной керамики применяются для постройки различных сооружений, дорог, канализационных и дренажных сетей, производства оборудования санитарных узлов, для наружной и внутренней отделки зданий, а так же позволяют выполнять замену или восстановление строительных конструкций и их отдельных элементов в объектах капитального строительства. Применение керамических материалов позволяет в ряде случаев улучшить показатели таких конструкций. Таким образом, основные виды строительной керамики представлены на Рисунке 1.

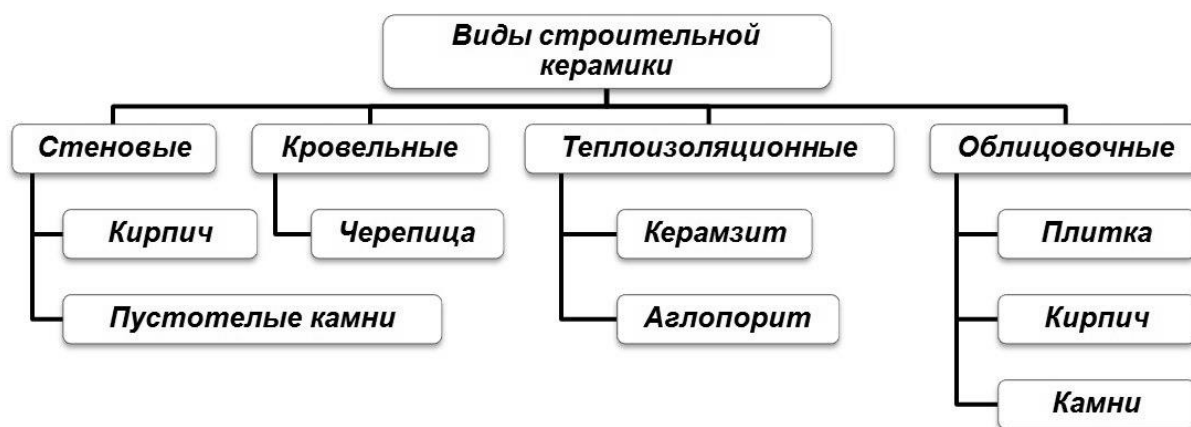


Рис.1. Виды строительной керамики

В Южном федеральном округе (далее ЮФО) сосредоточено большое количество предприятий отрасли производства строительной керамики, поэтому необходимо рассмотреть некоторые перспективы ее дальнейшего развития.

ЮФО включает две республики: Республика Адыгея, Республика Калмыкия, три области: Астраханская, Волгоградская и Ростовская область и один Краснодарский край. Площадь ЮФО – 416 тыс. 84 км<sup>2</sup>. Административным центром и крупнейшим городом округа является Ростов-на-Дону. Производство основных строительных материалов сосредоточено в основном в 12 муниципальных образованиях области. Учитывая необходимость подготовки Ростовской области к Чемпионату мира по футболу в ближайшие годы, потребность в строительных материалах значительно увеличится. Так, при активно продвигающемся строительстве стадиона «Ростов-Арена», находящегося в Ростове-на-Дону будут использоваться керамические строительные материалы, такие как керамический кирпич, облицовочная керамическая плитка, керамические поризованные блоки. Кирпич марки М -150 будет использоваться для не несущих стен внутренних помещений. Это обуславливает актуальность дальнейшего развития отрасли производства строительной керамики.

Основными предприятиями по производству строительной керамики в Ростовской области являются: «Маркинский кирпичный завод» и ОАО «Стройфарфор», г. Шахты; ООО «Аксайский кирпичный завод», г. Аксай; ООО «Лемакс», г. Таганрог.

«Маркинский кирпичный завод» входит в состав холдинга UNITILE. На сегодняшний день предприятие является самым мощным по производству облицовочного керамического кирпича в ЮФО. Мощность предприятия 65 млн.шт кирпича в год и 65 % - доля рынка кирпича в ЮФО. Облицовочный кирпич «Маркинского кирпичного завода» долговечный и надежный строительный материал, позволяющий применять его в различных видах работ, ориентированных на строительство и реконструкцию. На Рисунке 2 показана технология производства кирпича на предприятии «Маркинский кирпичный завод».



Рис.2. Технология производства кирпича на заводе «Маркинский кирпичный завод»

Основными видами деятельности ОАО «Стройфарфор» является производство облицовочной плитки. В настоящее время производственные мощности предприятия позволяют производить свыше 300 тыс. м<sup>2</sup> плитки и керамогранита ежемесячно. Компания производит 250000 тонн продукции ежегодно. ОАО «Стройфарфор» поставляет свою продукцию на рынки Ростовской обл., Сибири, Москвы и Московской обл.

Аксайский кирпичный завод выпускает кирпич и черепицу. Мощность завода позволяет выпускать до 18 миллионов штук кирпича и 3 миллиона штук черепицы в год. Завод обеспечивает коэффициент морозостойкости керамической продукции до 50 циклов, выпускает кирпич марки М-125, М-150. ООО «Лемакс» выпускает кирпич марки М-150, М-125, М-100.

В Краснодарском крае одними из основных предприятий по производству строительной керамики являются: ОАО «Новокубанский завод керамических стеновых материалов», г. Новокубанск, ОАО «Славянский кирпич», г. Славянск-на-Кубани, ООО «Пламя», ст. Стародеревянковская.

Новокубанский завод керамических стеновых материалов выпускает 65-70 млн. штук кирпича в год. Завод обеспечивает коэффициент морозостойкости 50 циклов, выпускает кирпич марки М-125, М-150, М-175. ОАО «Славянск-на-Кубани» выпускает кирпич марки М-100 и М-125, морозостойкость составляет 50 циклов. Мощность завода позволяет выпускать 140 миллионов штук кирпича в год. На Рисунке 3 показан технологический процесс производства на предприятии ОАО «Славянский кирпич». ООО «Пламя» занимается производством керамического кирпича марки М-100, М-125 и М-150; марка по морозостойкости F25.

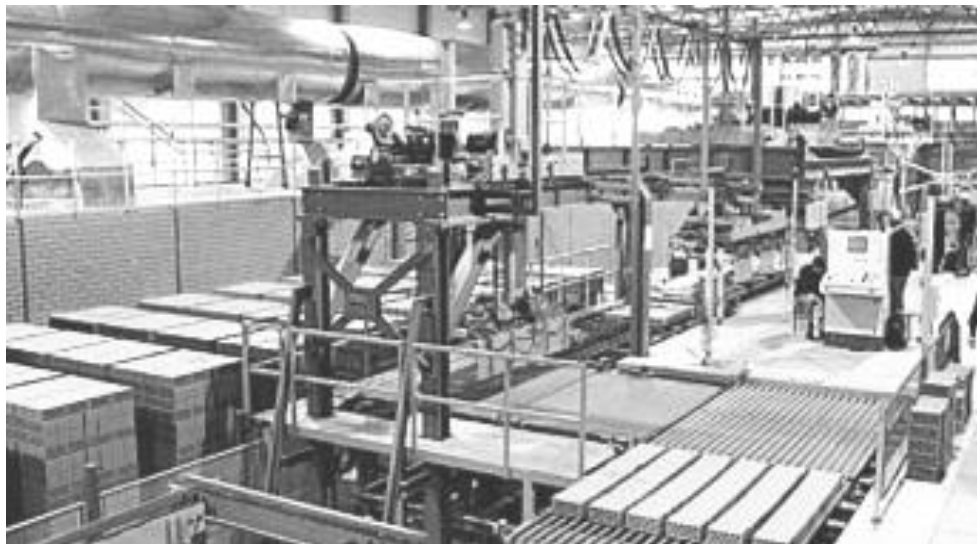


Рис.3. Технологический процесс производства на предприятии ОАО «Славянский кирпич»

В ЮФО имеется мощная минеральная сырьевая база для строительной индустрии, ресурсы которой удовлетворяют не только нужды округа, но и позволяют поставлять некоторые виды сырья и строительные материалы в другие регионы.

В настоящее время одним из перспективных производственных направлений, учитывающих аспекты ресурсосбережения, является использование опоковидного сырья. Разнообразие состава опок обуславливает широкий диапазон полезных свойств – различные технологические и физико-технические свойства, и как следствие, разносторонние области применения. Опки, обладают высокой пористостью и хорошими теплоизоляционными свойствами, поэтому могут использоваться в производстве различных обжиговых изделий.

В строительстве и некоторых видах работ, связанных с реконструкцией строительных конструкций и, составляющих их элементов, широкое применение может получить строительный опоковый кирпич. Такой кирпич удобен при обработке и кладке. Качество такого кирпича зависит в основном от количества глинистой составляющей и средней плотности исходного сырья, может использоваться при малоэтажном строительстве в комбинации с обычным строительным кирпичом. Преимуществами при производстве кирпича полусухого прессования на основе опок является – широкая цветовая гамма, сравнительно меньшие, в сравнении с глиняным кирпичом, производственные затраты.

В настоящее время в Ростовской области проводится анализ и предварительная проектная подготовка строительства завода по производству керамических изделий строительного назначения на основе указанных сырьевых материалов.

Таким образом, на основании выше изложенного можно сделать следующий вывод, что производство строительной керамики является актуальным и востребованным промышленным направлением и представляет собой эффективно развивающуюся отрасль технологического производства строительных материалов в Южном Федеральном округе.

#### Список литературы

1. Конференция «Развитие керамической промышленности России»//Строительные материалы. -2004. -№4. - с.20, вкладка -с.2
2. Латыгина Т.З. Состояние производства стеновых керамических материалов в Российской Федерации // Строительные материалы. 2009. - № 7. - С. 22-24.
3. Кройчук Л.А. Использование нетрадиционного сырья для производства кирпича и черепицы // Строительные материалы. 2003. - № 6. С. 19-20.

4. Абдрахимов Д.В. Керамический кирпич из отходов производств без применения традиционных природных материалов.//Строительные материалы.-2002. -№8. -с.26
5. Котляр В.Д., Талпа Б.В. Опоки – перспективное сырьё для стеновой керамики // Строительные материалы. 2007.№2.С.31-33.

## ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНИРОВАНИЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

**Никонова И.О., Прокопьева А.Ю.**

СГАСУ, РФ, г.Самара

Бетонные работы состоят из нескольких процессов, а именно из приготовления бетонной смеси, транспортирования, укладки, уплотнения, ухода за бетоном или выдерживания. Каждый процесс имеет свои особенности и на каждом из перечисленных этапов технологической цепочки могут возникнуть отклонения, которые в конечном итоге влияют на качество бетонируемых конструкций. Рассмотрим особенности применительно к зимним условиям производства работ.

Долгое время считалось, что зимой невозможно качественное бетонирование, за рубежом и сейчас, как правило, бетонные работы выполняют сезонно с перерывом на зимний период. И лишь с 1930 года в нашей стране было принято решение о переходе на круглогодичное строительство, и появились первые предложения некоторых способов зимнего бетонирования. К 1990 году уже было отработано девять методов выдерживания бетона в зимних условиях.

Бетонную смесь сегодня готовят на стационарных заводах циклического или непрерывного действия, а также на мобильных заводах. При зимнем приготовлении не допускается поступление при приготовлении бетонной смеси крупного заполнителя с включением льда и снега. Бетонная смесь на выходе с завода должна иметь положительную температуру, которая обеспечивается за счет подогрева крупного заполнителя.

Транспортирование бетонной смеси может производиться порционно, непрерывно или комбинированно. При порционном способе происходит погрузка и разгрузка, непрерывный характерен для конвейеров, а при комбинированном способе сочетается оба предыдущих метода. Выбор способа транспортирования зависит от свойств бетонной смеси, наличия транспортных средств, а также от вида бетонируемой конструкции.

При транспортировании бетонная смесь интенсивно охлаждается, поэтому ее температуру рассчитывают так, чтобы при перевозке температура снижалась до приемлемых величин. Так как тепло теряется при погрузке, выгрузке из тачки бетоносмесителя до бадьи, транспортировании, следует отдавать предпочтение способам перевозки смеси с минимальным числом перегрузок. К моменту укладки бетонная смесь должна иметь температуру, при которой начинается процесс гидратации, то есть +5 °С.

В зимних условиях перевозить бетонную смесь автотранспортом на большие расстояния проще, т.к. автомобиль является автономной ячейкой, вырабатывающей горячие выхлопные газы, которыми можно обогреть кузов. Трудно обеспечить равномерность подогрева, тем более, что при укладке смеси в массивные блоки требуется температура +3 ÷ +8 °С. При длительной перевозке и при большой отрицательной температуре до -10 °С возможен перегрев бетонной смеси, причем неравномерный.

Также на качество бетона влияет правильность его укладки. Важно следить за температурой основания, на которое будет уложена бетонная смесь, а также необходимо исключить раннее замораживание бетона в стыке с основанием и последующие деформации пучинистых грунтов основания. Такие грунты перед укладкой бетонной смеси должны быть отогреты на глубину не менее 400 мм, непучинистые грунты при их влажности менее 10% не прогревают.

Бетонную смесь доставляют на объект, разгружают на узкие полосы или подают бадьями с такой интенсивностью, чтобы нижерасположенный слой был перекрыт верхним до начала схватывания нижнего и совместно провибрирован на глубину 5-10 см. Второй слой должен примыкать к первому до начала схватывания первого для обеспечения монолитности конструкции. Благодаря вибрированию смесь приобретает свойства вязкой жидкости, в ней уменьшается внутреннее трение, она хорошо заполняет углы опалубки, бетон приобретает плотную структуру. Зависимость прочности бетона от уплотнения описывается кривой, из которой можно установить, что недоуплотнение смеси всего на 10% снижает прочность бетона в 2 раза. Продолжительность вибрирования тоже сказывается на прочности бетона, максимальную прочность можно получить через три минуты после начала вибрирования, обычно продолжительность вибрирования должна быть не больше двух величин жесткости бетонной смеси. После укладки бетонная смесь должна быть защищена от

замерзаний путем укрытия ее специальными защитными материалами, либо воздухо- и паропрогрев бетона, а именно прогрев в паровых рубашках, в «паровой бане», прогрев пуском пара по трубам, заложенным внутри конструкции, периферийный обогрев и пропаривание бетона в капиллярной опалубке, воздушно-сухой прогрев бетона в конструкции, обогрев железобетонных конструкций в «тепляках», электропрогрев бетона.

Немаловажное влияние на бетон в различных степенях его твердения оказывают отрицательные температуры. Нормальной температурной средой для твердения бетона условно считается  $+15 \div +20$  °С, при пониженной температуре прочность бетона нарастает медленнее, чем при нормальной. При температуре бетона ниже 0 °С твердение бетона практически прекращается, если в него не добавлены соли.

Существует два направления проблемы влияния замерзания на физические и механические свойства бетона:

1. Влияние раннего замораживания на бетонную смесь и бетон
2. Влияние низких температур на свойства затвердевшего бетона

В первом направлении можно выделить три отдельных вопроса: замораживание при низких и высоких по абсолютной величине отрицательных температурах, формирование контакта заполнителя с цементным тестом, раннее замораживание.

Эксперименты показали, что замерзание бетона в раннем возрасте при температуре  $-2 \div -5$  °С наиболее опасно. Объясняется это тем, что при низкой температуре медленная скорость замерзания способствует длительной миграции незамерзшей воды в сторону отрицательных температур и сегрегационному образованию льда.

При отрицательной температуре вода вокруг крупного заполнителя переходит в лед, после оттаивания в этом месте возникают зазоры и отслоение раствора, что значительно снижает формирование контакта заполнителя с цементным тестом.

При замерзании бетона в раннем возрасте не только прекращается гидратация цемента, а следовательно и рост прочности, но и происходит разрушение структуры бетона от увеличения в объеме воды при отрицательной температуре. При различных отрицательных температурах переход воды в лед имеет разный объем. Минимальная прочность, которую бетон должен приобрести до замерзания, зависит от его класса. Исследования показали, что количество льда, образовавшегося в бетоне, зависит от температуры замерзания и его возраста к моменту замораживания. Установлено, что при увеличении сроков выдерживания бетона до замораживания при воздействии отрицательных температур на него, структура его нарушается меньше. Замораживание оказывает вредное влияние на свойства бетона только в раннем возрасте, т.е. при схватывании. При температуре  $-50$  °С кристаллы льда обнаруживаются по всей толще бетона, а при температуре  $-2 \div -5$  °С только в поверхностном слое (2-3 см), но они значительно больше, чем при  $-50$  °С, поэтому самая опасная температура бетона  $-2 \div -5$  °С.

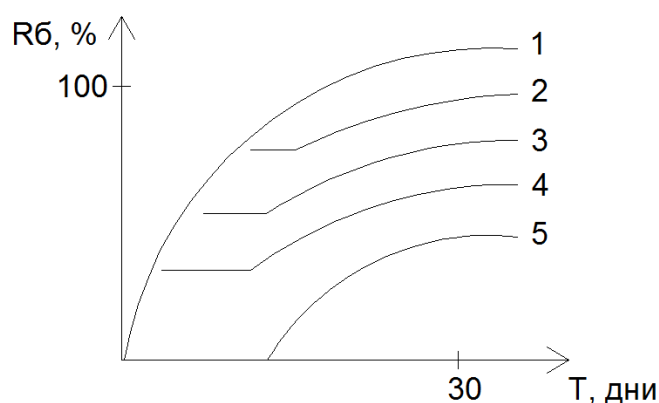


Рис.1. Относительная прочность бетона в зависимости от его возраста в момент замерзания

- 1 – набор прочности в нормальных условиях;
- 2 – бетон заморожен в возрасте 7 суток;
- 3 – бетон заморожен через 3 суток;
- 4 – бетон заморожен через сутки;
- 5 – бетон заморожен через 6 часов после приготовления.

После оттаивания бетон сохраняет способность набора прочности, но никогда не достигнет величины набора прочности в нормальных условиях.



Затвердевший бетон также нуждается в уходе. При резком перепаде температур на поверхности появляются трещины, которые по закону капиллярного подсоса впитывают влагу, а при замерзании в дальнейшем приводят к разрушению бетона.

#### Список литературы

1. Александров А.П. Энциклопедия современной техники. Строительство. Издательство «Советская энциклопедия». Москва-1964.
2. Атаев С.С., Данилов Н.Н., Прыкин Б.В. Технология строительного производства. Учебник для вузов . Стройиздат, 1984.
3. Афанасьев А.А. Бетонные работы –М.: Высш. Шк., 1991.
4. Гныря, А.И. Технология бетонных работ в зимних условиях [Текст] : учеб. пособие / А.И. Гныря, С.В. Коробков. – Томск: Изд-во Том. гос. ар-хит.-строит. ун-та, 2011. – 412 с. – ISBN 978-5-93057-400-5.
5. Невилль А.М. Свойства бетона. Сокращенный перевод с английского канд. техн. наук В. Д. Парфенова и Т. Ю. Якуб. Издательство литературы по строительству. Москва — 1972.
6. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87

### ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**Ковалева Н.В., Петров А.Н., Петрова М.Н.**

ФГБОУ ВО ПетрГУ Институт лесных, инженерных и строительных наук, РФ, г.Петрозаводск

Лесные дороги представляют собой комплекс инженерных сооружений, предназначенных для обеспечения удобного и безопасного движения транспортных средств с расчетной нагрузкой и установленными скоростями. Параметры дорог задаются на стадии проектирования и определяют ее технический уровень. Эффективность использования лесных дорог определяется правильностью и своевременностью плано-предупредительных и ремонтных работ, направленных на поддержание технического уровня на первоначальном либо заданном уровне [4].

Недостаток финансовых средств приводит к необходимости ограничивать комплекс работ по ремонту и содержанию дорог, в результате чего на дорожном покрытии появляются дефекты. Типичными дефектами покрытий лесных дорог являются выбоины, колея, гребенка [5]. Их наличие вызывает снижение срока службы дороги, сокращению межремонтного периода транспортных средств, ухудшение экологической обстановки, а также снижение экономических показателей вывозки лесного сырья. Негативный эффект связан с потерей и ухудшением ровности дорожного покрытия [3], что вызывает появление вибраций, увеличение динамических нагрузок, снижение скорости движения, повышенному выбросу углекислых газов CO<sub>2</sub> и загрязнению придорожной полосы.

Одной из тенденций вывозки лесоматериалов является снижение выбросов CO<sub>2</sub>, в связи с чем используются лесовозные автопоезда повышенной грузоподъемности. Однако это вызывает рост изнашивающего и разрушающего действия на лесные дороги. Для оценки негативного воздействия и выбора мероприятий по защите дорог от разрушения необходимы дополнительные исследования по оценке прочности дорожной одежды.

Прочность дороги в целом определяется физико-механическими свойствами слоев дорожной одежды и земляного полотна. Для оценки прочности используется эквивалентный модуль упругости либо эквивалентный модуль деформации на покрытии многослойной дорожной одежды  $E_э$ . Для его определения используются различные формулы, но каждая из них основана на последовательном приведении многослойной конструкции к однослойной. В расчетах учитываются толщины конструктивных слоев и их модули упругости(деформации). Одной из распространенных формул является формула Одемарка[2]:

$$E_э = \frac{E_H}{\left( 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \cdot \left( \frac{h}{0.15} \right)^2}} \right) \cdot \frac{E_H}{E_B} + \frac{1}{\sqrt{1 + 0.81 \cdot \left( \frac{h}{0.15} \right)^2 \cdot \left( \frac{E_B}{E_H} \right)^{\frac{2}{3}}}}}, \quad (1)$$

где  $E_H$  – модуль упругости на поверхности нижнего слоя, МПа;

$E_B$  – модуль упругости материала верхнего слоя, МПа;

$h$  – толщина расчетного слоя, м.

Эта формула широко используется за рубежом. В российских зависимостях по определению эквивалентного модуля упругости  $E_{\text{э}}$  помимо перечисленных выше параметров, используется также значение  $D$  – диаметра отпечатка следа колеса расчетного автомобиля. Так, методика ВСН 46-72 предлагает эквивалентный модуль определять по формуле (2):

$$E_{\text{э}} = \frac{E_H}{1 - \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right) \arctg\left(n \frac{h}{D}\right)}, \quad n = 2.5 \sqrt{\frac{E_H}{E_B}}. \quad (2)$$

В методических рекомендациях по проектированию жестких дорожных одежд ОС-1066-р предложено эквивалентный модуль упругости определять по формуле (3):

$$E_{\text{э}} = \frac{E_B}{0.71 \cdot \sqrt{\frac{E_H}{E_B}} \arctg\left(\frac{1.35h_{\text{э}}}{D}\right) + \frac{E_B}{E_H} \frac{2}{\pi} \arctg \frac{D}{h}}, \quad h_{\text{э}} = 2 \cdot h \cdot \sqrt[3]{\frac{E_B}{6E_H}}. \quad (3)$$

Действующий в настоящее время стандарт по проектированию дорожных одежд нежесткого типа ОДН 218.046-01 предписывает производить вычисления  $E_{\text{э}}$  по номограмме. Такая же номограмма приведена в ВСН 46-83. В методических рекомендациях по автоматизации расчета дорожных одежд нежесткого типа, в которой кратко изложены основные принципы расчета дорожных одежд на воздействие подвижных нагрузок в соответствии с ВСН 46-83, приведена следующая зависимость:

$$E_{\text{э}} = \frac{\left[1.05 - 0.125 \frac{h}{D} \left(1 - \sqrt[3]{\frac{E_H}{E_B}}\right)\right]}{0.71 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_H}{E_B}} \arctg\left(1.35 \frac{h_{\text{э}}}{D}\right) + \frac{E_B}{E_H} \left(1 - \frac{2}{\pi} \arctg \frac{h_{\text{э}}}{D}\right)} M, \quad (4)$$

$$M = 1 - 1.1 \exp\left(-2.5 \frac{E_H}{E_B}\right) \left\{ \frac{0.045}{0.4 + \frac{h}{D}} \sin\left[3.58 \frac{h}{D} \exp\left(-0.65 \frac{h}{D}\right) \pi\right] + 0.2 \exp\left(-10 \frac{h}{D}\right) \right\}.$$

В источнике [1] предложено  $E_{\text{э}}$  определять по формуле:

$$E_{\text{э}} = \frac{E_H}{1 - \frac{2}{\pi} \left[1 - \left(\frac{E_H}{E_B}\right)^{1.33}\right] \cdot \arctg 1.1 \left(\frac{E_B}{E_H}\right)^{0.33} \cdot \frac{h}{D}}. \quad (5)$$

Было произведено сопоставление эквивалентного модуля  $E_{\text{э}}$ , полученного при использовании различных зависимостей. В качестве расчетного автомобиля выбран лесовозный автопоезд, состоящий из автомобиля-лесовоза на базе шасси VOLVO FMX13 (6x6) и прицепа роспуска-хлыстовозного. Максимальная величина нагрузки  $Q$ , приходящаяся на ось, составляет 12,5 т. Давление воздуха в колесах составляет 0,6 МПа. Согласно данным ОДН 218.046-01 величину диаметра отпечатка следа колеса  $D$  можно определить по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{40 \cdot Q}{\pi \cdot p}}. \quad (6)$$

Следовательно, принимаем величину  $D$  равной 0,37 м. Дорожную конструкцию, для которой будем рассчитывать  $E_{\text{э}}$  примем следующей: грунт земляного полотна – супесь легкая; основание дорожной одежды – песок мелкий  $h=0,4$  м.; покрытие – щебеночно-песчаная смесь С2  $h=0,2$  м. Согласно ОДН 218.046-01, модуль упругости указанных слоев примем следующим: для щебеночно-песчаной смеси  $E = 265$  МПа, для песка  $E = 100$  МПа, для супеси легкой от 40 до 70 МПа. Величина модуля упругости земляного полотна является функцией влажности, поэтому примем значения модуля упругости супеси легкой при различных значениях влажности. Результаты расчетов сведем в Табл.1.

Эквивалентный модуль упругости

Модуль упругости супеси легкой E, МПа	Эквивалентный модуль $E_{\text{э}}$ , МПа зависимость (1)	Эквивалентный модуль $E_{\text{э}}$ , МПа зависимость (2)	Эквивалентный модуль $E_{\text{э}}$ , МПа зависимость (3)	Эквивалентный модуль $E_{\text{э}}$ , МПа зависимость (4)	Эквивалентный модуль $E_{\text{э}}$ , МПа зависимость (5)
40	127.9	121.2	78.0	115.2	119.2
45	131.4	124.8	82.6	118.4	123.1
50	134.5	127.9	86.6	121.1	126.5
55	137.2	130.7	90.0	123.5	129.5
60	139.7	133.2	92.9	125.6	132.2
65	142.0	135.5	95.4	127.5	134.6
70	144.0	137.6	97.5	129.2	136.8

Согласно представленным в таблице данным можно сделать вывод, что зависимости (1), (2), (4) и (5) дают сопоставимые данные. Величина отклонения между результатами, полученными по различным формулам, не превышает 10%. Зависимость (3) дает достаточно низкие значения эквивалентного модуля.

#### Список литературы

1. Ильин Б.А. Оптимизация дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог // Лесосечные, лесоскладские работы и сухопутный транспорт леса: межвуз. сб. научн. тр. - Л.: ЛТА, 1980. Вып.9. - С.36-39
2. Оценка влияния тяжелых грузовых автоперевозок на дорожные конструкции. Виртуальная симуляция / Петри Варин, Аннеле Матинтула, Тимо Сааренкетто// 2012. – 45 С.
3. Питухин, А.В. Влияние ровности покрытий на работоспособность автомобильных дорог / А.В. Питухин, А.Н. Петров // Транспортное дело России. - №5 (78), 2010. - С. 71-75.
4. Проектирование, строительство, содержание и ремонт лесных дорог: учебное пособие для студентов / авт.-сост. В.К. Катаров [и др.]. – Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2014. – 92 с.
5. Степанов А.В. Результаты анализа неровностей на лесовозной автомобильной дороге в летний период / А.В. Степанов, Д.В. Рожин // Повышение эффективности лесного комплекса : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Петрозаводск : Издательство ПетрГУ , 2015. – С. 97-100.

## ПРОЕКТ СТРОИТЕЛЬСТВА НОВОЙ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ БАШНИ В Г.ВОЛГОГРАДЕ

**Весова Л.М., Зацаринная Д.Д.**

ВолгГАСУ, г.Волгоград

В городе Волгограде давно стоит вопрос о строительстве новой телебашни, взамен транслирующей вышки, расположенной возле Мамаева Кургана. Проект телебашни предложен в дипломной работе Чаускина А.Ю. ДР-02068077-270102.65-67-13 «Телевизионная башня в городе Волгограде», научный руководитель Карасев Г.М. Автором предложена конструктивная схема башни, состоящая из сетчатой оболочки гиперболического типа (аналог фермы Шухова) и центрального железобетонного ствола, являющегося ядром жёсткости [1]. Геометрические параметры объекта: отметка по верху шпиля 500.000 м; отметка по верху покрытия 330.000 м; отметка верха фермы Шухова 298.600 м; диаметр по низу 50 м, по верху 35.3 м; диаметр ядра по внешней грани постоянный по высоте и равен 12 м, толщина стенки ядра 1 м до отм. 108.7 м, после толщина стенки ядра 0.5м до отм. 330м. Эта работа была взята за основу и получила дальнейшую проработку по кафедре Технологий строительного производства. Был разработан Проект производства работ на возведение телевизионной башни.

На основании предложенной концепции телевизионной башни, необходимо было разработать новые нестандартные технологические схемы по возведению уникального сооружения. Технологические карты предполагали использовать такие машины и механизмы, которые обеспечат возможность проведения работ на таких высотах. В итоге, для возведения телевизионной башни нами были выбраны следующие машины и

механизмы: стационарные бетононасосы сверхвысокого давления Sany HBT90CH и Sany HBT120A-1410D; бетонораспределительные стрелы Sany HGT38 и Sany HGB38; гусеничный кран Liebherr LR 1750; самоподъемный кран FavelleFavcoM760D.

Для устройства монолитного ядра жесткости использовалась самоподъемная гидравлическая опалубка. Применение самоподъемной гидравлической опалубки эффективно для высотного строительства с монолитными вертикальными стенами, к которым относится телевизионная башня. Важным достоинством возведения такого объекта в самоподъемной опалубке является уменьшение сроков строительства, снижение трудоемкости и стоимости работ. В отличие от сборных железобетонных сооружений, при монолитном строительстве исключаются стыки, что способствует улучшению эксплуатационных характеристик[2]. При возведении сооружения в сейсмическом районе решается проблема надежности и сейсмичности[3]. Самоподъемная опалубочная система (Рисунок 1) включает следующие основные элементы: внутренние и наружные щиты опалубки стен, навесные подмости для бетонирования и арматурных работ, рабочие площадки, дверные проеомобразователи, гидравлическую подъемную систему.

Установка, снятие и подъем опалубки осуществляется за счет гидравлической системы. Независимость работы опалубки без помощи монтажного крана ускоряет работы на строительной площадке. Таким образом, соблюдается запланированный график работ.

Рабочие платформы могут выдерживать большие нагрузки, например, весь запас стальной арматуры на каждую захватку. Гидравлическое оборудование для подъема опалубки состоит из насосных станций, гидроразводки из труб высокого давления, гидравлических домкратов.

Для возведения ядра жесткости высотного здания применяют самодвижущуюся опалубочную платформу, объединяющую опалубку, рабочие площадки и площадки для складирования. Полностью закрытая опалубочная платформа должна обеспечивать выполнение работ при неблагоприятной погоде и максимальную безопасность труда работающих. Подготовленную опалубку для бетонирования стены устанавливают в рабочее положение, монтируют арматурные стержни и укладывают бетонную смесь. Бетонную смесь уплотняют и выдерживают в опалубке до достижения 70%-ной прочности и только после этого производят распалубливание, отжимают опалубку от забетонированной конструкции и поднимают на следующий ярус. Важными элементами самоподъемной опалубки являются опорные стержни и гидравлические домкраты, с помощью которых поднимается опалубочная форма. Все домкраты управляются основным распределительным центром. Гидравлические домкраты связаны с распределительным центром посредством шлангов. Обычно пункты соединения шлангов установлены так, чтобы они были обращены во внутреннюю часть формы. Подъем щитов, самоподъемной гидравлической опалубки, осуществляют гидродомкратами по направляющим стержням. После подъема опалубки, щиты расклиниваются и прижимаются к ранее уложенному бетону. Производят выверку вертикальных щитов и опалубку готовят к приему бетонной смеси. Используя самоподъемную гидравлическую опалубку, избавляются от трения поверхностей опалубочных щитов по бетону при подъеме опалубки, есть возможность обслуживать палубу и контролировать установленную арматуру до начала, а также в процессе бетонирования. Перед началом монтажа щиты опалубки очищают, и исправляют обнаруженные повреждения, рабочую поверхность обрабатывают эмульсолом.

Монтируются элементы опалубки, как правило, на фундаментной плите и начинают со сборки внутренних щитов. Выполняя работы по сборке элементов расположение стенок опалубки проверяют, используя шаблон с отвесом. К сборке наружных щитов опалубки приступают после монтажа, выверки и соединения всех внутренних щитов. Чтобы обеспечить устойчивое и неизменное положение наружных щитов в период их сборки используют подкосы. Устанавливают домкратные рамы, устраивают рабочий пол, защитные ограждения, козырек и монтируют гидравлическое оборудование.

Для автоматической насосной станции на рабочем полу делают специальное основание, которое должно возвышаться на 1,2 м над уровнем поверхности рабочего пола. На этой площадке монтируют насосную станцию.

Монтаж трубопровода ведут блоками, которые собирают заранее. Готовые блоки после сборки подвергаются испытанию на герметичность, для чего их заполняют рабочей жидкостью. По завершении монтажа гидроразводки через запорные вентили присоединяют к ней гидродомкраты.

Домкратные стержни после возведения здания извлекаются, для этого делается специальная защита от сцепления с бетоном. На нижнюю часть от защитной трубки до опорной пластины устанавливают трубки, засыпается песок, укладывается полистирол.

Подъем арматурных стержней на рабочий настил осуществляют шахтным подъемником, который монтируется внутри ядра жесткости, а так же краном LR-1750, Favelle Favko M760D. Рядом с шахтным

подъемником монтируется специальный подъемник для доставки рабочих. После бетонирования платформа и вся опалубка поднимаются на следующую захватку по высоте гидравлическими домкратами за один ход[4].

Работа на высоте сопряжена с необходимостью доставки людей на рабочее место, обеспечения санитарных норм и личной гигиены работников, обеспечения работников источниками питьевой воды, комнатой приема пищи, необходимостью организовать вывоз бытовых отходов. Кроме того, во время производства работ могут возникнуть простои, связанные с плохими погодными условиями, остановкой работы

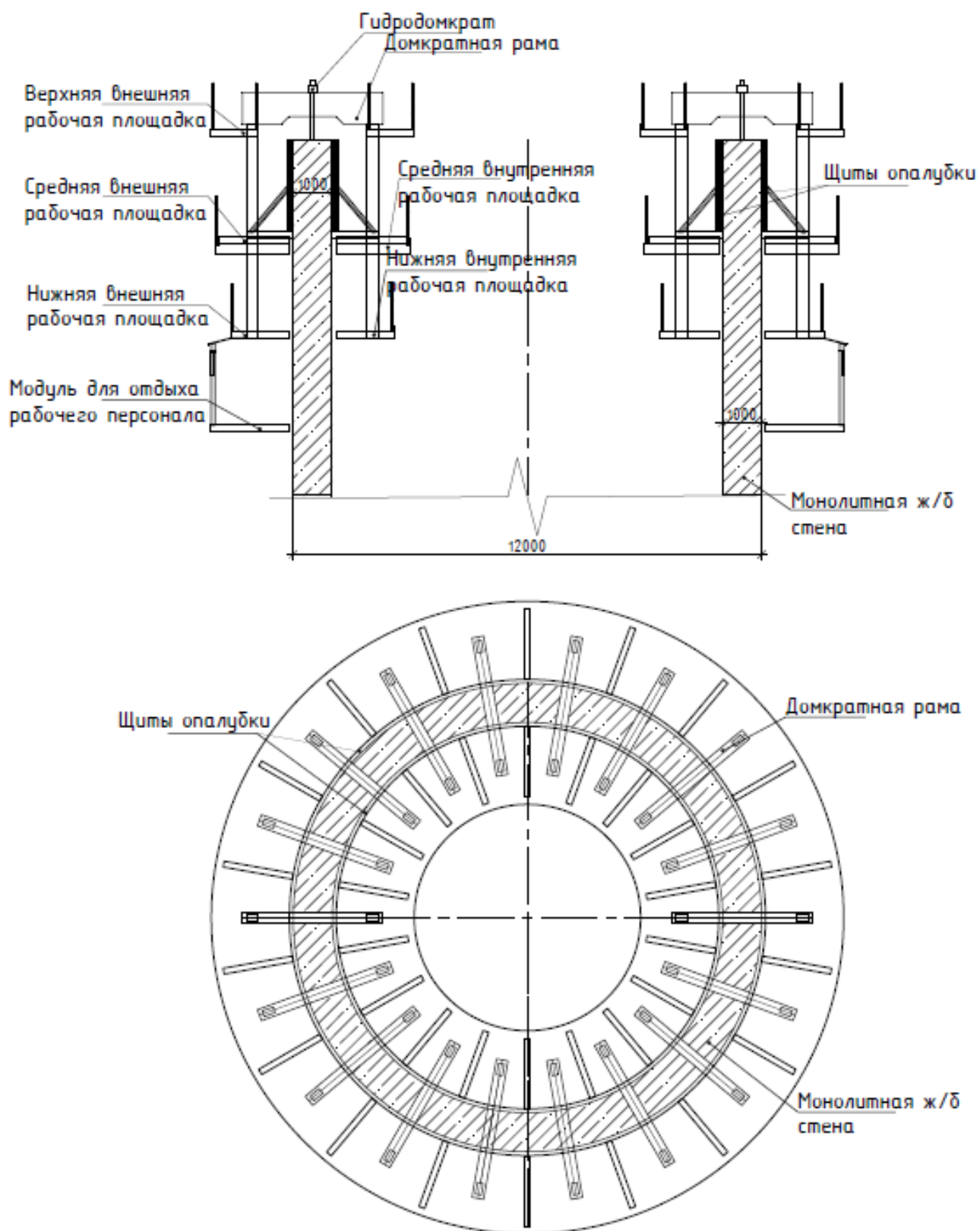


Рис.1. Конструкция самоподъемной гидравлической опалубки

кранов, в связи с сильным ветром, грозой и т.д., могут возникнуть внештатные ситуации, связанные с отключением электрической энергии, поломкой подъемника для людей и прочие аварийные ситуации, которые могут затруднить бесперебойный спуск-подъем рабочего персонала. В связи с вышесказанным, для обеспечения комфортных условий для работы и отдыха персонала на высоте предлагается организовать на нижнем ярусе самоподъемной опалубки модуль для отдыха рабочих. Модуль должен быть оснащен:

санитарно-гигиеническими помещениями, комнатой приема пищи, комнатой для отдыха работников (особенно если возникнут проблемы со спуском людей, как говорилось выше), в модуле должен быть организован запас питьевой воды и сухого пайка. Модуль должен быть оснащен контейнерами, которые доставляются на высоту грузоподъемным краном. При помощи этих контейнеров должны пополняться запасы и производится вывоз бытовых отходов.

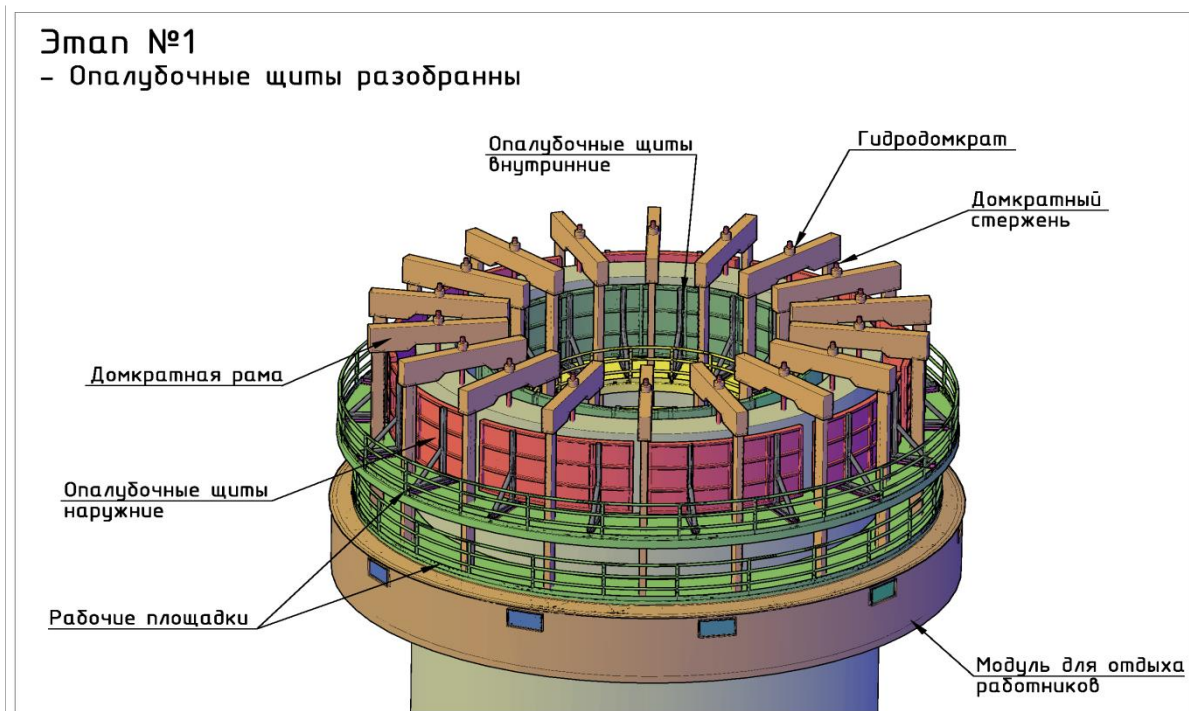
Для бетонирования шахты башни использовался бетононасос SANY HBT90CH. Он оснащён двумя дизельными двигателями, которые приводятся в действие двумя насосными агрегатами. В штатном режиме две насосных установки работают синхронно, но если во время работы один насосный агрегат выходит из строя, его отключают от подачи бетона, а второй насос обеспечит подачу бетона с 50% производительностью. Таким образом, стационарный бетононасос обеспечивает практически безаварийную работу системы.

Для устройства ядра жесткости применяется два бетононасоса Sany HBT90CH в комплекте с бетонораспределительными стрелами Sany HGT38.

Бетонные и арматурные работы ведутся от отм. +0.000 м до отм. +330.000 м. Бетонирование секции ствола ведут без перерывов. Во время выдерживания бетона в опалубке проводят наращивание шахтного подъемника внутри ствола телебашни. Армирование ствола выполняется из отдельных стержней, связанных между собой в местах крестообразного пересечения вязальной проволокой диаметра 12мм. Арматурные стержни подаются на верхнюю монтажную площадку пучком г/п краном Liebherr LR 1750 и Favelle Favco M760D. Натяжение арматурных канатов на бетон производится домкратами, подключаемыми группой к общей насосной станции, в каждой секции одновременно.

Для монтажа стальной сетчатой оболочки необходимо произвести ее разбивку на тринадцать ярусов и произвести унификацию элементов металлоконструкций. Стальную сетчатую оболочку необходимо разбить на X-образные, Λ-образные элементы и горизонтальные замыкающие элементы. На начальной этапе монтаж металлоконструкций производится гусеничным краном Liebherr LR 1750 в башенно-стреловом исполнении. Эта 750-тонная машина имеет универсальное применение во всех сферах строительства.

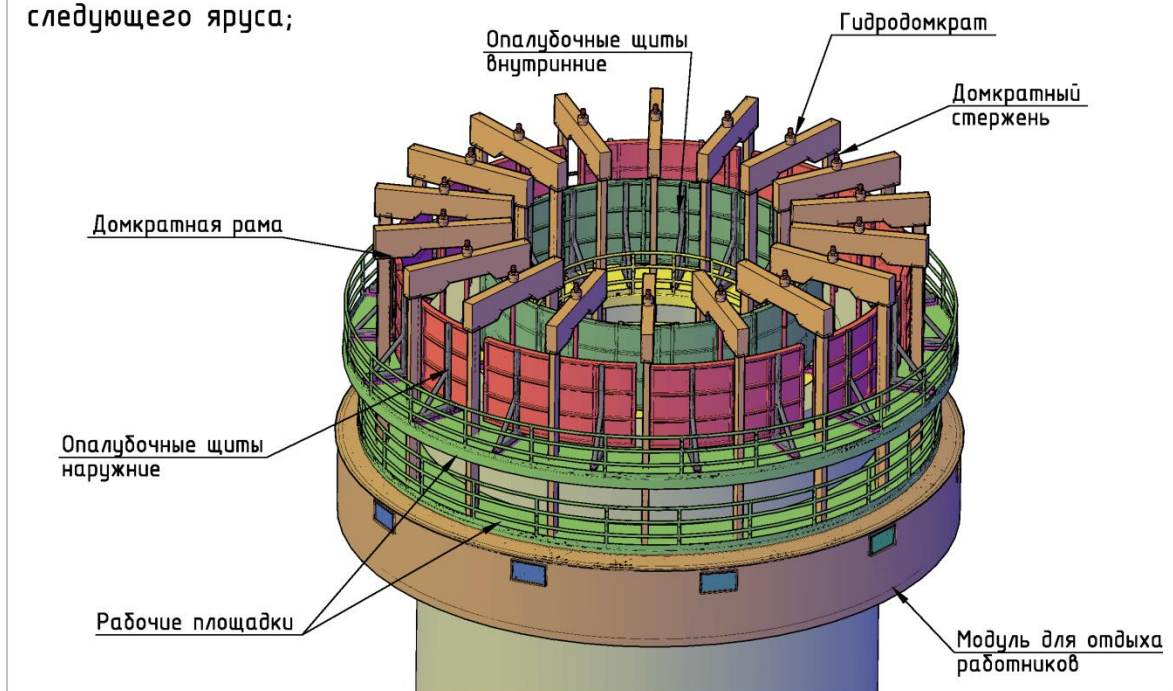
Этапы возведения ядра жесткости, с использованием самоподъемной гидравлической опалубки:





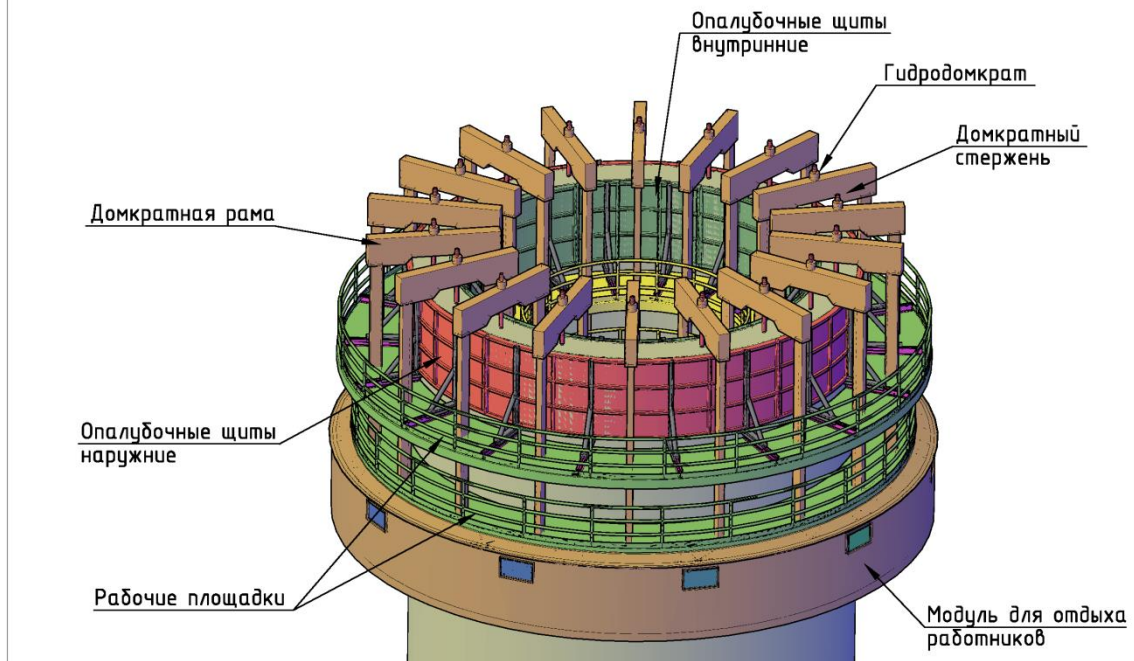
## Этап №2

- Опалубочные щиты разобранны;
- Опалубка поднята для бетонирования следующего яруса;



## Этап №3

- Опалубочные щиты собраны;
- Забетонирован следующий ярус;



Далее после возведения первых двух ярусов металлоконструкций фермы (отм.+80.500м), гусеничным краном Liebherr LR 1750 производится монтаж самоподъемного крана Favelle Favco M760D.

Первый и второй ярус (отм. +80.500м) металлической фермы заполняется трубетонном класса В100 с помощью двух бетононасосов Sany HBT120A-1410D в комплекте с бетонораспределительными стрелами Sany HGB38.



На следующем этапе возведения монтаж металлоконструкций сетчатой оболочки ведется параллельно двумя кранами Liebherr LR 1750 и Favelle Favco M760D до шестого яруса металлоконструкции включительно (отм.166.600м), что значительно увеличивает производительность работы. Затем монтаж металлоконструкций сетчатой оболочки, начиная с седьмого яруса, производится только самоподъемным краном Favelle Favco M760D до отм. 298.600 м.

Поскольку высоты подъема гусеничного крана Liebherr LR 1750 уже становится недостаточно, и он будет использоваться только для вспомогательных работ.

Краны Favelle Favco хорошо известны как высокоскоростные дизельно-гидравлические подъемные машины. Башенные краны Favco имеют высокую грузоподъемность, которая варьируется от 8 до 275 тонн, а также вылет стрелы от 55 до 90 метров. Высокая репутация башенных кранов Favelle Favco, которые строят 9 из 10 самых высоких зданий мира, бесспорна.

Серия кранов M имеет дизельные моторы, установленные непосредственно на кран, что позволяет проводить строительные работы в удаленных и труднодоступных местах, не имея прямого доступа к электричеству.

Для работ по возведению телебашни заложен кран Favelle Favco M760D в исполнении: длина стрелы – 36 метров; максимальная грузоподъемность-23.6 тонн.

#### **Список литературы**

1. Чаускин А.Ю., Старов А.В., Карасёв Г.М. Расчёт и конструирование башенных сооружений комбинированного типа // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер: Стр-во и архит. 2013
2. Евдокимов Н.И., Мацкевич А. Ф., Сытник В.С., Технология монолитного бетона и железобетона. — М.: Высш. шк., 1980.
3. Граник Ю.Г. Строительство высотных зданий. Монография. Москва: ОАО «ЦНИИЭП жилых и общественных зданий». – 2010. – 480 с.
4. ТКП 45-3.02-108-2008 Высотные здания. Строительные нормы проектирования.
5. СНиП 12-04-2002 "Техника безопасности в строительстве".
6. Оселко А.Е. Высотные многофункциональные комплексы – символ урбанизации// Жилищное строительство. 2002.№6.
7. Броверман Г.Б. Строительство мачтовых и башенных сооружений. -Стройиздат.1984
8. Морозов Е.П. Надстройка башни Шухова // Монтажные и специальные работы в строительстве-2003 №5.
9. Морозов Е.П. Сетчатые башни: идеи и конструкции // Промышленное и гражданское строительство-2003 №6.
10. Усов Б.А. Особенности бетонирования железобетонных опор телевизионных башен и буронабивных свай //Технология бетонов-2010 №9/10

## **РЕНОВАЦИЯ ЭЛЕВАТОРА В ГОРОДЕ БАРНАУЛЕ**

**Высочкина Т.В., Сидоров В.А.**

АЛТГТУ, РФ, г.Барнаул

Барнаул - активно развивающийся сибирский город, имеющий статус столицы Алтайского края. Исследователи связывают основание Барнаула с началом строительства медеплавильного завода. В советское время здесь было построено множество промышленных предприятий, которые были ориентированы на оборонный заказ, что дало толчок для развития города.

Одним из таких объектов массового строительства прошлого века является элеватор, расположенный в городе Барнауле на пересечении ул. Промышленной, ул. Интернациональная, и ул. Пролетарская (рис. 1). Исчерпав свой ресурс, в настоящее время он требует капитального ремонта и серьезных вложений. Ежедневно он подвержен риску полного разрушения в результате пылевого взрыва или пожара. Как следствие, может превратиться в заброшенного гиганта.



Рис.1. Фотографии элеватор в городе Барнауле:

Потребность в реновации элеватора в городе Барнауле обусловлена: социально-экономическими, градостроительными, экологическими, архитектурно-эстетическими, причинами и моральным износом зданий.

Реновация - это реконструкция архитектурного объекта, при которой на основе учета психологических, исторических, эстетических факторов создаются особые зоны стабильности архитектурного пространства [1].

Существующее предприятие начинает свой хронологический отсчет от основанной в 1900 г. мельницы купца Козлова. В 1991 г. – техническое перевооружение мельницы 2-х сортового помола на базе высокопроизводительного оборудования [2].

Территория объекта имеет хорошее компактное расположение в центральной части города. Проектом генерального плана города Барнаула предполагается реконструкция и реставрация зданий завода, а также демонтаж железной дороги [3]. С точки зрения транспортной инфраструктуры ул. Промышленная – магистральная улица городского значения 2-ого класса[4]. Таким образом, данное предприятие требует изменений.

По своей конструкции, элеваторы не предназначены для другого использования, кроме хранения зерна. Но существует примеры их удачной реновации. Такие как, реконструкция элеватора в городе Осло (Рисунок 3) в общежитие [5], и «Музей африканского искусства Зейтза» в Южной Африке (Рисунок 4) [6].



Рис.2. Реконструкция элеватора в городе Осло в общежитие



Рис.3. Музей «Мока» в Южной Африке.

Предлагаемое для данной территории проектное решение - создание единого пространства, гармонично вписанное в среду, с парком отдыха, и примыкающей набережной к реке Обь (Рисунок 4).



Рис.4. Генеральный план

В разработанном проекте также представлены решения нескольких задач: создание полноценного выставочного пространства, зоны активного и пассивного отдыха для жителей города, а также место парковки автомобилей.

Это позволит решить проблемы территории:

- вывод взрывоопасного и не эко логичного производства из центральной части города,
- благоустройство заброшенного берега р. Обь, разбивка парковой зоны рядом с жилым фондом,
- решение проблемы стояночных мест,

Проект поможет созданию новые пешеходные связи, существующей узкой пешеходной зоны, а также снос аварийных промышленных и жилых зданий. Создаваемый комплекс из разнообразных зданий превратиться в живой организм, где все его части будут соединены единым переходом (Рисунок 5).



Рис.5. Музей промышленности

Первый корпус здания позволит разместить автоматизированную автостоянку для легковых автомобилей на 150 мест и мастерскую. По продолжительности стоянка делится на кратковременную (для посетителей) и на долговременную (для жителей микрорайона). Автомобили для хранения размещаются на ярусах посредством автоматической парковочной системы, без участия водителя, при этом участие человека в процессе парковки сведено к минимуму, а его присутствие в помещении хранения автомобилей полностью исключается. Верхние этажи здания использованы как залы для картинга и смотровые площадки.

К зданию первой рабочей башни будет пристроена лестница и лифты, а само здание использовано как экскурсионная и смотровая площадка.

Во втором и третьем корпусах, расположится музей Российской и Алтайской промышленности. Здание Российской промышленности обрамляют высокие стеклянные колосники.

Третий большой объем объединяют высокие стеклянные колосники, направленные на комплексное преобразование среды городского центра, который может стать визитной карточкой города.

В силосах прорезаны окна и надстроен дополнительный этаж. Основную часть корпуса составляют 32 силоса высотой 33 м и диаметром 6 м каждый. Восемь центральных труб будут срезаны по овальному сечению, что даст возможность проникнуть свету через остекленные перекрытия атриум. Там будут выставлять очень крупные произведения промышленности.

Чтобы создать целостное пространство выставки в здании в силосах также вырезаны овальные галереи и проемы, а в некоторые из них использованы для лифтов и винтовых лестниц.

Таким образом, проект реновации направлен на удовлетворить возрастающие потребности современного посетителя, расположение Музея промышленности на месте элеватора сможет решить множество проблем растущего города, как экологических, так и социальных.

#### Список литературы

1. Реконструкция промышленных объектов: Учебное пособие/О.И. Сысоева/-Мн.: БНТУ, 2015-136 с.
2. ЗАО ЗПК "Барнаульская мельница": [Электронный ресурс]. URL: <http://swetlanatarasevich2011.narod.ru/index/0-4> (Дата обращения: 19.01.2016).
3. Официальный сайт города Барнаула :[Электронный ресурс]. URL: <http://barnaul.org/strategy/genplan/> (Дата обращения:19.09.2015).
4. Схема транспортной инфраструктуры.: [Электронный ресурс]. URL: <http://barnaul.org/upload/pic/file/transport.jpg> (Дата обращения:19.09.2015).
5. Главный сайт элеваторов :[Электронный ресурс]. URL: <http://nibler.ru/cognitive/26268-elevator-v-oslo-kak-studencheskoe-obschezhitie.html> (Дата обращения: 05.09.2015).
6. Главный элеваторный сайт страны: [Электронный ресурс]. URL: <http://elevatorist.com/novosti/516-yujnaya-afrika-zernohranilische-prevratyat-v-muzeu>

## УТОЧНЕНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

<sup>1</sup>Рыков А.В., <sup>2</sup>Боровиков А.П.

<sup>1</sup> К.т.н., директор ООО НПО «Надежность», г.Якутск

<sup>2</sup> СВФУ им. М.К. Аммосова, г.Якутск

Несмотря на то, что на тему определения остаточного ресурса и срока службы зданий и сооружений написано определенное количество работ, многие из них носят либо весьма относительный характер, либо привязаны к конкретному объекту (зданию или сооружению), либо в силу большого количества исходных данных имеют ограниченное практическое применение. Это, в свою очередь, затрудняет возможность использования той или иной методики для определения остаточного ресурса любого здания, чего требуют нормативные документы в области экспертизы промышленной безопасности [2].

Отсутствие единой, теоретически доказанной и проверенной на практике методики расчета остаточного ресурса позволяет «подгонять» расчеты и получать результаты, которые предполагаются экспертными организациями на основе опыта обследования технического состояния зданий и сооружений. Это дает лишь приблизительные значения, поэтому необходимо продолжить работу по уточнению наиболее точной и доступной методики определения остаточного ресурса, приведенной в «Рекомендациях по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам», ЦНИИПромзданий, 2001г. [3].

Данные Рекомендации [3] предназначены для приближенной оценки надежности эксплуатируемых зданий и сооружений в целом и их отдельных конструкций. По результатам этих оценок устанавливается пригодность конструкций зданий и инженерных сооружений для эксплуатации, а также устанавливаются сроки ремонтов и необходимость применения более точных методов установления надежности конструкций. Оценка надежности строительных конструкций при эксплуатации производится на основе имеющихся в них повреждений, устанавливаемых на основе визуальных обследований. Оценка вероятностей аварий зданий и сооружений и их надежность осуществляется по методике экспертных оценок.

Срок эксплуатации конструкции до капитального ремонта в годах определяется по формуле [3]:

$$t = \frac{0,16}{\lambda}, \quad (1)$$

где  $\lambda = \frac{-\ln y}{t\varphi}$  – постоянная износа, определяемая по данным обследования на основании изменения несущей способности в момент обследования;  $y$  – относительная надежность, определяемая по категории технического состояния конструкции в зависимости от повреждений (табл. 4.1.1 [3]);  $t\varphi$  – срок эксплуатации в годах на момент обследования.

Относительная оценка надежности здания или сооружения:

$$y = 1 - \varepsilon, \quad (2)$$

Общей оценка поврежденности строительных конструкций:

$$\varepsilon = \frac{\alpha_1 \varepsilon_1 + \alpha_2 \varepsilon_2 + \dots + \alpha_i \varepsilon_i}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i}, \quad (3)$$

где  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_i$  – средняя величина повреждений отдельных видов конструкций (табл.4.1.1 [3]);  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$  – коэффициенты значимости отдельных видов конструкций.

При оценке величин повреждений учитывают их максимальную величину, так как авария здания или сооружения обычно происходит из-за наличия критического дефекта в отдельно взятой конструкции.

Учет всесторонних факторов, влияющих на эксплуатационную надежность зданий и сооружений, позволит уточнить применяемые коэффициенты. Анализ аварий зданий на территории Крайнего Севера показывает, что большое их количество происходит по причине влияния многолетнемерзлых грунтов и низких прочностных характеристик материалов конструкций. Коэффициенты, применяемые в расчете остаточного ресурса зданий и сооружений по данной методике необходимо адаптировать к условиям Крайнего Севера, которые существенно отличаются от средней полосы России.

Кроме того Рекомендации [3] приводят собственные категории технических состояний, которые не соответствуют действующему на обязательной основе ГОСТ 31937-2011 «Правила обследования и мониторинга технического состояния» [1]. Поврежденность оценивают не более 35 % от заданной надежности элементов. Это обусловлено тем, что составители руководствовались восстановительной стоимостью конструкций и не посчитали необходимым оценивать поврежденность, если восстановительная стоимость превысила стоимость нового элемента. Однако анализ результатов экспертиз промышленной безопасности показывает, что элементы могут иметь значительно большую поврежденность.

Отсутствует разделение конструкций по материалу. Общеизвестно, что железобетонные конструкции являются более долговечными по сравнению с металлическими конструкциями. Так же в Рекомендациях [3] приведено ограниченное количество видов конструктивных элементов. Отсутствуют такие значимые виды, как, свайные фундаменты, связи, прогоны, арочные конструкции.

Проведенные исследования позволили уточнить коэффициенты, о которых говорится выше, с учетом особенностей эксплуатации конструкций зданий и сооружений на Крайнем Севере, а так же привести категории технических состояний, указанных в Рекомендациях [3] в соответствие с ГОСТ 31937-2011 «Правила обследования и мониторинга технического состояния» [1]. Предлагаемые значения приведены ниже в Табл.1 и 2.

Таблица 1

Рекомендуемые коэффициенты относительной надежности и поврежденности конструкций

Категория ТС	Описание ТС	Относительная надежность: $y = 1 - \varepsilon$	Поврежденность: $\varepsilon_i$
1.Нормативное техническое состояние:	Категория технического состояния, при котором количественные и качественные значения параметров всех критериев оценки технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений, включая состояние грунтов основания, соответствуют установленным в проектной документации значениям с учетом пределов их изменения.	0,95-1	0-0,05
2.Работоспособное техническое состояние:	Категория технического состояния, при которой некоторые из числа оцениваемых контролируемых параметров не отвечают требованиям проекта или норм, но имеющиеся нарушения требований в конкретных условиях эксплуатации не приводят к нарушению работоспособности, и необходимая несущая способность конструкций и грунтов основания с учетом влияния имеющихся дефектов и повреждений обеспечивается.	0,85-0,94	0,06-0,15
3.Ограниченно-работоспособное техническое состояние:	Категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, включая состояние грунтов основания, при которой имеются крены, дефекты и повреждения, приведшие к снижению несущей	0,5-0,84	0,16-0,5

	способности, но отсутствует опасность внезапного разрушения, потери устойчивости или опрокидывания, и функционирование конструкций и эксплуатация здания или сооружения возможны либо при контроле(мониторинге) технического состояния, либо при проведении необходимых мероприятий по восстановлению или усилению конструкций и (или) грунтов основания и последующем мониторинге технического состояния (при необходимости).		
4. Аварийное состояние:	Категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, включая состояние грунтов основания, характеризующаяся повреждениями и деформациями, свидетельствующими об исчерпании несущей способности и опасности обрушения и (или) характеризующаяся кренами, которые могут вызвать потерю устойчивости объекта.	0,25-0,49	0,51-0,75

Таблица 2

Рекомендуемые коэффициенты значимости конструкций

№ п/п	Конструктивный элемент	Коэффициент значимости $\alpha_i$	
		Металлические конструкции	Железобетонные конструкции
1	Свайные фундаменты	8	8
2	Ленточные фундаменты	3	3
3	Балки	4	4
4	Фермы	8	6
5	Плиты покрытий и перекрытий	2	2
6	Колонны	6	5
7	Несущие стены	2	3
8	Связи	2	-
9	Прогоны	3	-
10	Арочные конструкции	8	-

Применение данных коэффициентов при расчете остаточного ресурса дало более достоверные значения по сравнению с использованием исходных коэффициентов, указанных в Рекомендациях [3].

**Список литературы**

1. ГОСТ 31937-2011 «Правила обследования и мониторинга технического состояния».
2. Приказ Ростехнадзора от 14.11.2013 N 538 (ред. от 03.07.2015) «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила проведения экспертизы промышленной безопасности"» (Зарегистрировано в Минюсте России 26.12.2013 N 30855).
3. «Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам» ЦНИИПромзданий, 2001г.

## СЕКЦИЯ №11.

### ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)

#### ЦИКЛИРОВАНИЕ МАТРИЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ НА СВИНЦОВОЙ ОСНОВЕ В НИТРАТНОМ И АЦЕТАТНОМ АПРОТОННОМ РАСТВОРАХ СОЛИ КАЛЬЦИЯ

Щербинина О.Н., Закирова С.М., Мурзагалиев А.Н.

СГТУ, РФ, г.Саратов

Свинцово – кальциевые сплавы успешно используются в аккумуляторной, электрохимической и электротехнической промышленности. Их получение осуществляют в области температуры 400-550°C, причем сначала вводят в свинец олово в заданных количествах, а затем кальций в виде алюмокальциевой лигатуры. Этот способ предполагает определенные трудности: во – первых, кальций вводят в свинец в среде инертного газа или под слоем расплавленной соли, чтобы исключить окисление, во – вторых для поддержания слоя соли в расплавленном состоянии требуются высокие температуры, в третьих введение олова после приготовления свинцово – кальциевого сплава может привести к дополнительному окислению кальция и повышенному шлакообразованию. Весьма перспективным методом, менее трудоемким и не требующим значительных материальных затрат, для получения свинцово – кальциевого сплава может стать способ электрохимического катодного внедрения, позволяющий избежать формирования нежелательных примесей в структуре образующегося сплава. А введение третьего компонента (металла переходного ряда) [1] в структуру композитного материала позволит повысить проводимость получаемого электрода за счет повышения коэффициента использования кальция при циклировании. Это положительно повлияет на работоспособность и электрические характеристики источника тока с кальциевым электродом. Целью настоящей работы явилось исследование структурных превращений, происходящих в процессе циклирования PbCa, PbBiCa – электродов в нитратном и ацетатном растворах солей кальция в потенциодинамическом режиме в рабочем интервале потенциалов.

CuBi электроды готовили путем катодного электровыделения висмута в структуре свинцового электрода (высокой степени чистоты 99,99), в виде пластины толщиной 1000 мкм и рабочей поверхностью 1 см<sup>2</sup>. Обработку свинца осуществляли в 0,1 моль/л водном растворе соли Bi(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> в потенциостатическом режиме при потенциале, близком к потенциалу электровыделения висмута - 0,40 В, время опыта составляло 1 час. Катодную обработку Cu и CuBi электродов в 0,1 моль/л растворах солей Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> и Ca(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> в диметилформамиде проводили при потенциале поляризации E<sub>к</sub>= -2,6 В в течение 3 часов. Все исследования проведены в трехэлектродной ячейке с разделенными фильтром Шотта анодным и катодным пространствами. Противозатродом служили стержни из спектрального графита. Все электрохимические измерения проведены на потенциостате П-5848 в комплекте с самопишущим прибором КСП-4. С целью изучения обратимости Cu и CuBi электродов по кальцию снимали циклические потенциодинамические кривые (ЦПДК) при скорости развертки потенциала 80 мВ/с в области потенциалов от - 3,0 до 0,1 В. Анализ поверхности сплавов осуществляли методом сканирующей зондовой микроскопии. Рентгеноструктурный анализ осуществляли с помощью установки Дрон – 3,0 в фильтрованном С<sub>0</sub>К<sub>α</sub> – измерении сфокусированной по Бреггу-Брентано.



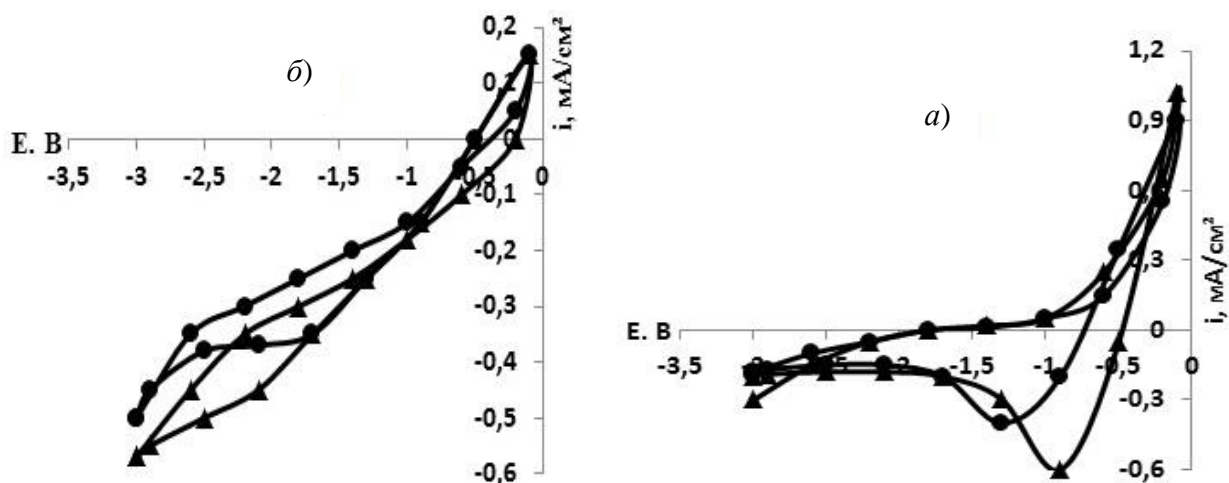


Рис.1. ЦПДК PbCa электродов, полученных в  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (а) и  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  (б) апротонных растворах при  $E = -2,6$  В и скорости развертки потенциала 80 мВ/с. ▲ - 1 цикл; ● - 5 цикл.

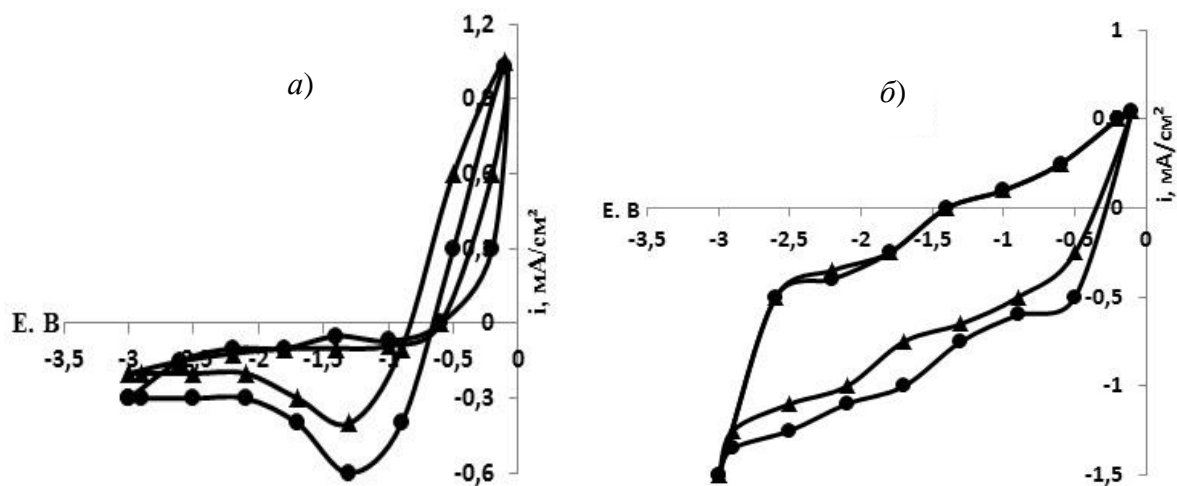


Рис.2. ЦПДК PbBiCa электродов, полученных в  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (а) и  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  (б) апротонных растворах при  $E = -2,6$  В, при скорости развертки потенциала 80 мВ/с. ▲ - 1 цикл ; ● - 5 цикл

В проведенных нами ранее исследованиях [2] лазерным микроспектральным анализом определено содержание кальция в структуре свинцового и свинцово-висмутного электродов (Табл.1, 2).

Таблица 1

Процентное содержание кальция в Pb после катодной обработки в растворах солей кальция (0,1 моль/л) в ДМФ при  $E = -2,6$  В в течение 3ч.

Соль кальция	Глубина, мкм			
	145	185	210	230
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$9,3 \pm 0,2$	$7,6 \pm 0,2$	$5,3 \pm 0,2$	$3,8 \pm 0,2$
$\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	$2,4 \pm 0,2$	$1,9 \pm 0,2$	$1,3 \pm 0,2$	$0,7 \pm 0,2$

Таблица 2

Процентное содержание кальция в PbBi после катодной обработки в растворах солей кальция (0,1 моль/л) в ДМФ при  $E = -2,6$  В в течение 3ч.

Соль кальция	Глубина, мкм			
	145	185	210	230
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$3,6 \pm 0,2$	$1,7 \pm 0,2$	$0,4 \pm 0,2$	-



$\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	0,8 ±0.2	0,3 ±0.2	-	-
--------------------------------------	----------	----------	---	---

Рентгенофазовым анализом [2] в свинце идентифицирован твердый раствор  $\alpha$ -PbCa, обнаружены фазы  $\text{Ca}_2\text{Pb}$ , в катодно-синтезированном сплаве PbVi присутствуют фазы твердого раствора  $\alpha$ -PbCa,  $\alpha$ -BiCa, оксидов PbO,  $\text{Pb}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ,  $\alpha$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\beta$ - $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_{12}\text{PbO}_{20}$ , и соединения  $\text{Ca}_2\text{Pb}$ .

Влияние состава раствора, а именно соли кальция, проявляется в поведении электродов при циклировании. Электрод PbCa, катодно-синтезированный в растворе  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ , имеет характеристики и скорость формирования соединений кальция ниже, чем электрод, катодно-синтезированный в растворе  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ . Очевидно, определенные затруднения диффузии ионов кальция связаны со свойствами растворов, содержащих ацетаты. Сплав PbCa, полученный в нитратном растворе, содержит в 4 раза больше кальция, чем сплав, полученный из ацетатного раствора. Это подтверждается данными Табл.1.

В случае PbViCa влияние аниона соли кальция на характеристики электрода при циклировании сказывается еще сильнее (Рисунок 2). PbViCa-электрод, катодно-синтезированный в ацетатном растворе, имеет неудовлетворительную обратимость и существенные различия между скоростью растворения и формирования соединений кальция в структуре PbVi-сплава. Кроме того, на глубине 210 мкм для электрода, полученного из ацетатного раствора, кальция нет. На основании выше изложенного можно сделать вывод, что для электрохимического формирования сплавов кальция в структуре свинца предпочтительно применение нитратных растворов.

#### Список литературы

1. Ольшанская Л.Н., Попова С.С., Закирова С.М. // Электрохимия. 2000. Т.36, №8, с. 951 - 958.
2. Щербинина О.Н., Медведева Н.Г., Попова С.С.// Известия ВУЗов. Химия и химическая технология, 2009, Т.52, Вып. 7, с. 99 - 102.

## УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ КАТАЛИЗАТОРА В ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛОРИСТОГО ВИНИЛА

**Павлова С.В., Курчевенко А.В.**

ВолгГТУ, РФ, г.Волгоград

Хлористый винил – один из важнейших мономеров, широко применяемых для получения разнообразных полимерных материалов. Большая сфера применения хлористого винила обуславливает повышенный спрос и довольно большие объемы производства. Производство хлористого винила из ацетилена в нашей стране имеет невысокий технологический уровень и требуется его модернизация. Проблема создания новых производств хлористого винила из ацетилена, а также усовершенствование и интенсификация действующих в настоящее время, является актуальной.

С развитием химической промышленности усилилось воздействие токсичных веществ и рост потенциальных опасностей для всего населения. Выбор метода производства, размещение оборудования, организацию рабочих мест необходимо осуществлять с учетом обеспечения всех условий для высокопроизводительного и безопасного труда, а также исключения различного рода возможных влияний на здоровье людей.

В основе метода получения хлористого винила гидрохлорированием ацетилена лежит каталитическая реакция, протекающая с большим выделением тепла. В качестве катализатора применяют активированный уголь, пропитанный раствором сулемы.

Важнейшими актуальными проблемами данного производства являются устойчивая работа катализатора без потери активности и исключение местных перегревов. Возгонка сулемы в большей степени относится к проблеме экологии.

Предлагается решение, в основе которого лежит использование кожухотрубного каталитического реактора. Техническим результатом является уменьшение расхода свежего катализатора, предотвращение его термической деструкции и увеличение срока службы за счет уменьшения пиковых температур на входе реакционной массы, а также увеличение степени превращения за счет возрастания времени пребывания реакционной массы в слое катализатора.

Поставленный технический результат достигается тем, что кожухотрубный каталитический реактор, содержащий корпус с верхней и нижней крышками, внутри которых размещен катализатор, содержит

дополнительные слои катализатора, размещенные в двух зонах, одна из которых расположена в верхней крышке, где размещен катализатор, обеспечивающий дополнительное превращение реакционной массы в продукты реакции, другая - в нижней крышке, где помещен отработанный катализатор с равномерно распределенными в нем металлическими трубками, обеспечивающими выравнивание концентрации реакционной массы и температуры на входе в трубный пучок[1].

Размещение в нижней крышке отработанного катализатора с малой каталитической активностью и равномерное распределение в нем металлических трубок позволяет выравнивать концентрацию и температуру реакционной массы на входе в трубный пучок, а также предотвратить резкий скачок температур из-за малой скорости реакции по сравнению со скоростью реакции на катализаторе с высокой каталитической активностью, находящемся в трубах трубного пучка. Кроме того, реакционная масса, попадая внутрь трубок, не участвует в реакции, что еще в большей степени способствует подавлению скорости реакции, а хорошая теплопроводность металлических трубок способствует выравниванию температуры катализатора в нижней крышке. Для предотвращения попадания гранул катализатора внутрь трубок их внутренний диаметр рекомендуется выбирать меньше размера гранул катализатора. За счет снижения пиковых температур созданием в нижней крышке реактора адиабатической зоны позволит увеличить срок службы катализатора на 2,5-3 месяца[2].

Размещение в верхней крышке дополнительного катализатора, имеющего ту же высокую каталитическую активность, что и катализатор, размещенный внутри труб трубного пучка, предлагаем заменить на активированный уголь не пропитанный раствором сулемы. Это позволит повысить степень чистоты хлористого винила от паров ртути, которые будут адсорбироваться на активированном угле, а также уменьшит отходы соединений ртути в окружающую среду.

Предлагаемое техническое решение относится к химическим неизотермическим реакторам с насыпным слоем катализатора и может найти широкое применение в химической и нефтехимической промышленности.

#### **Список литературы**

1. Пат. 2180266 Российская Федерация, МПК В01J8/06 в трубчатых реакторах; с твердыми частицами, помещенными в трубках.
2. Голованчиков А.Б. Моделирование структуры потоков в химических реакторах: монография / Голованчиков А.Б., Дулькина Н.А.; ВолгГТУ. - Волгоград, 2009. - 240 с.

## **СЕКЦИЯ №12.**

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

#### **МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЛКАЛОИДОВ ЛЮПИНА**

**Панкина И.А., Борисова Л.М.**

ФГАОУ ВО «Санкт-петербургский политехнический университет  
Петра Великого», институт «ТЭУ» РФ, г.Санкт-Петербург

Продовольственное обеспечение населения России, прежде всего, связано с решением проблемы белкового питания. Недостаточное поступление с пищей белков нарушает динамическое равновесие метаболических белковых процессов, что приводит в итоге к истощению организма. Учитывая ухудшение в последние годы структуры питания населения и дефицит белковой пищи, необходимы исследования новых источников пищевого белка. Одним из перспективных источников растительного белка является люпин [1,6]. Химический состав люпина характеризуется высоким содержанием белка в семенах и вегетативных органах. По количеству содержащегося в зерне белка лидером считают сою, у которой содержание белка варьируется в пределах от 24 до 45%. Люпин по содержанию и количеству белка приближается к сое, так, в зернах узколистного люпина 29-40% белка. Задача вмешательства химии в вопросы питания – разработка диет, сбалансированных по количеству незаменимых аминокислот. В растительной пище дефицитны, как правило, лизин и метионин, иногда лейцин и триптофан. Ценно, что белки люпина узколистного содержат лизин, валин, лейцин.

Одними из основных компонентов зерна являются липиды, обладающие ценными пищевыми и биологическими свойствами, так как содержат жирорастворимые витамины и провитамины – токоферол, стерол и каротиноиды. Высокое содержание витамина Е (природного антиоксиданта), обуславливает способность масла

люпина к длительному хранению, что является необходимым условием для пищевых растительных масел. Содержание жира в зерне люпина колеблется в пределах 3,7 – 21,5%. Кроме того семена люпина содержат витамины и минеральные вещества. Наличие эссенциальных веществ определяет возможность использования люпина для создания высокобелковых функциональных пищевых продуктов [8,9]. Однако немаловажным фактором является то, что в семенах люпина могут присутствовать антинуитритивные и отчасти токсические вторичные метаболиты – алкалоиды.

Нами были изучены алкалоиды зерна люпина узколистного (*L. angustifolius*), их химические характеристики и строение.

По распространению и количественному содержанию алкалоидов в растениях люпина основными являются люпинин ( $C_{10}H_{19}ON$ ), люпанин ( $C_{15}H_{24}ON_2$ ), спартеин ( $C_{15}H_{26}N_2$ ), ангустифолин ( $C_{14}H_{22}ON_2$ ) и гидроксиллюпанин ( $C_{15}H_{20}O_2N_2$ ). Люпиновые алкалоиды в своем составе имеют конденсированные пиперидиновые кольца [5].

Алкалоиды люпина проявляют свойства оснований, что обусловлено атомами азота, входящими в состав их молекулы. Как основания, алкалоиды люпина хорошо растворимы во многих органических растворителях, например, в хлороформе и эфире, с кислотами образуют соли. Соли алкалоидов растворяются в воде и плохо растворяются в органических растворителях. Поэтому при выборе методов извлечения алкалоидов из растительного сырья учитывают эти особенности.

Алкалоиды люпина имеют горький вкус, ядовиты для человека и животных. Незначительные их количества не оказывают вредного действия на организм, но большие дозы вызывают заболевания и даже смерть. В связи с этим необходимо проверять содержание алкалоидов в семенах люпина, используемых в технологии получения пищевого белка. Способы удаления алкалоидов из семян люпина описаны в работе [2]

В результате селекции люпина были выведены сорта, содержащие менее 0,02% алкалоидов. Согласно данным Всероссийского научно-исследовательского института люпина, различные сорта в зависимости от процентного содержания алкалоидов в семенах имеют различное назначение [3]. Пищевые сладкие сорта имеют очень низкое содержание <0,025% на с.в; малоалкалоидные сорта - низкое 0,025%÷0,099%; ;кормовые среднеалкалоидные содержат среднее количество 0,100%÷0,299%; сидеральные горькие - высокое 0,300%÷1,000%; дикорастущие - очень высокое 1,001%÷3,500%.

Содержание алкалоидов зависит от вида и сорта: люпин узколистный - от 0,05% до 2,5%; люпин желтый – от 0,005% до 1,7%; люпин белый – от 0,1% до 3,5%. Процентное содержание отдельных алкалоидов к их сумме в зернах люпина узколистного представлено на Рисунке 1 [4].



Рис.1. Процентное содержание алкалоидов в люпине узколистом

В соответствии с (ТУ 9716-002-00668502-2004) содержание алкалоидов в семенах продовольственного люпина не должно превышать 0,04 %.

Алкалоиды люпина образуют малорастворимые соединения с солями некоторых тяжелых металлов (хлорная ртуть), со многими комплексными соединениями (кремневольфрамовой, фосфорновольфрамовой, фосфорномолибденовой кислотами), с реактивом Драгендорфа ( $KBiJ_4$ ), а также с пикриновой кислотой ( $C_6H_2(NO_2)_3OH$ ), что используется для качественного и количественного определения алкалоидов.

Реактивы, осаждающие алкалоиды, можно разделить на две группы [4]:

1. Реактивы, дающие с алкалоидами простые соли. Сюда относятся дубильная кислота (танин), пикриновая кислота и реже применяемые хромовая, марганцевая, роданистоводородная и некоторые другие кислоты.

2. Реактивы, дающие с алкалоидами комплексные соли. Они подразделяются, в свою очередь, на две группы: а) реактивы, содержащие в своем составе комплексные соединения: раствор йода в йодистом калии, раствор брома в бромистом калии, фосфорномолибденовая  $H_7[P(Mo_2O_7)_6]nH_2O$ , кремневольфрамовая  $H_8[Si(W_2O_7)]nH_2O$  и другие кислоты; б) реактивы, содержащие в своем составе:  $CdJ_2$  в KJ;  $HgJ_2$  в KJ;  $ZnJ_2$  в KJ;  $HgCl_2$ ;  $HAuCl_4$ ;  $H_2PtCl_6$ ;  $K_3[Fe(CN)_6]$ ;  $K_2[Ag(CN)_2]$  и многие другие.

Методы количественного определения, как суммы, так и отдельных алкалоидов люпина основаны: 1) на реакциях осаждения алкалоидов в форме малорастворимых соединений, 2) на измерении мутности или интенсивности окраски растворов, содержащих алкалоиды, 3) на определении щелочности алкалоидсодержащих растворов и др. Выделенные алкалоиды в виде оснований или их солей определяются количественно весовым, титриметрическим, оптическим и другими способами.

В данной работе проводилось определение количественного содержания алкалоидов в зерне люпина сорта Снежень. На основании изучения литературных источников, нами был выбран иодометрический метод количественного определения, основанный на реакции поглощения йода алкалоидами в нейтральном или слабокислом растворе и титровании избытка йода раствором тиосульфата натрия [7].

В зерне исследуемого сорта люпина (Снежень) фактическое содержание алкалоидов составило  $0,038 \pm 0,001\%$  на с.в. Это количество алкалоидов удовлетворяет требованию технических условий на люпин продовольственный, поэтому данный сорт рекомендован для производства пищевых продуктов.

#### Список литературы

1. Борисова Л.М., Панкина И.А. Использование зерна люпина для создания продуктов питания функционального и лечебно-профилактического назначения. В книге: Инновационные технологии: приоритетные направления развития Международная научно-практическая интернет-конференция. Белгородский университет кооперации, экономики и права. Белгород, 2011. С. 161-165.
2. Бойко Е.В. Иодометрический микрометод определения количества алкалоидов в люпине // Биохимия. – 1950. - Т. 15, Вып. 6. - С. 548-551.
3. Вовнянко Е.К., Красильников В.Н., Фролова Н.Н., Янчевский В.К. Семена люпина – новый перспективный источник пищевого белка. М.: АгроНИИТЭИПП, 1991. С. 1–32.
4. Мироненко А.В. Методы определения алкалоидов. – Минск: Наука и техника, 1966. – 188 с.
5. Орехов А.П. Химия алкалоидов. М.: ОНТИ, 1938. 238 с.
6. Панкина И.А., Борисова Л.М. Оценка пищевой и биологической ценности комбинированных пищевых продуктов с использованием зерна люпина. В сборнике: Актуальные вопросы технических наук в современных условиях Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2016. С. 94-96.
7. Панкина И.А., Борисова Л.М. Исследование алкалоидности семян люпина. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2015. № 4. С. 80-87.
8. Панкина И.А., Борисова Л.М. Перспективные направления использования люпина узколистного и исследование реологических свойств белковой пасты на ее основе. В сборнике: Потребительский рынок Евразии: современное состояние, теория и практика в условиях Евразийского экономического союза и ВТО Сборник статей III Международной научно-практической конференции. Екатеринбург, 2015. С. 123-127.
9. Панкина И.А., Борисова Л.М., Белокурова Е.С. Исследование физических и технологических свойств семян зернобобовых культур. Зерновое хозяйство России. 2015. №2. С. 34-37.

# СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОПТИМИЗАЦИЯ ДНЕВНОГО РАЦИОНА И МЕНЮ ТОРГОВЫХ ТОЧЕК ФАСТ-ФУДА С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ЗДОРОВЫМ ПИТАНИЕМ

<sup>1</sup>Беляева М.А., <sup>2</sup>Седенков П.А.

<sup>1</sup>д.т.н., проф, каф. «Технико-экономические системы»

<sup>2</sup>Бакалавр 4 курса направления «Инноватика»

Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова

На сегодняшний день так и остается одной из важнейших социально-экономических проблем, связанной со здоровым развитием физического и интеллектуального населения страны, обеспечение населения страны полноценным сбалансированным питанием, определяющего нормальную жизнедеятельность каждого человека в окружающей среде. Проблемы организации и обеспечения питания населения, особенно в Российской Федерации, из-за большого количества регионов, климатических поясов, многообразии этнических групп людей с национальными традициями, рода деятельности и физиологических особенностей.

Неправильное питание может привести к нарушению равновесия между потребностями организма в незаменимых пищевых веществах и их поступлением. Поэтому, при организации питания населения, необходимо учитывать все факторы, анализировать его особенности, учитывая структуру и традиции питания; физиологические, биохимические и экологические факторы; климатические, региональные и социальные условия, а также алиментарно-зависимые заболевания и характер профессиональной деятельности. Это не только социальная задача, но и экономическая, так как питание и обеспечение населения должно быть доступным. Исходя из значимости здоровья нации для развития страны, Правительством Российской Федерации была принята концепция государственной политики в области здорового питания, направленная на создание условий, обеспечивающих удовлетворение потребностей населения в рациональном здоровом питании, в соответствии с медико-биологическими нормами [4, 5, 8, 11,12,13].

В настоящее время продолжительность жизни населения РФ, по данным Росстата на 2015 год, составляет: 65,1 года для мужчин и 76,3 года для женщин, против 72,8 и 80,2 лет, соответственно для населения Западной Европы. Состояние здоровья на начало XXI века охарактеризовано следующим образом: 20% населения РФ составляют здоровые люди, обладающие адаптивной мощностью; 40-45% относятся к здоровому населению с пониженным уровнем адаптации к изменяющимся условиям внешней среды; 30-35% населения - склонные к заболеваниям и больные люди.

Энергетическое и физиологическое состояние человека оценивается его пищевым статусом, определяющим степень обеспеченности организма энергией и рядом незаменимых эссенциальных пищевых веществ.

По данным обследования Института питания РАМН питание населения РФ характеризуется дефицитом белка, витаминов, минералов и избытком углеводов и жиров, что приводит к различным формам ожирения (избыточности массы тела); нарушению иммунного статуса, а именно снижению резистентности к инфекциям и другим неблагоприятным факторам окружающей среды.

Известно, что пища человека должна содержать шестьсот веществ, необходимых для нормальной жизнедеятельности организма, занимающие свое место в сложной гармонии биохимических процессов. В настоящее время накоплен обширный теоретический и экспериментальный материал в области создания и проектирования сбалансированных, многокомпонентных продуктов и теории рационального питания, изложенный в основополагающих трудах И.А. Рогова, А.М. Бражников, Н.Н. Липатова (мл.), Е.И. Титова, А.В. Тутельяна, и др.; применение методов системного анализа, моделирования и ассортиментно-рецептурной оптимизации, сформулированных в работах В.В. Кафарова, Ю.А. Ивашкина, И.И. Протопопова и др.; конструирование состава продуктов детского, школьного, диетического, геродиетического, лечебного, функционального и других видов питания отражено в работах Э.С. Токаева, С.Б. Юдиной, Н.А. Тихомировой и др.

Население можно разделить на возрастные категории и классифицировать по физической активности, от этого деления зависят необходимые энергозатраты и правильное соотношение БЖУ. Ниже приведена таблица, в которой выделено четыре категории трудоспособного населения, категория пожилых людей и отдельно категория спортсменов (Табл.1).

Калорийность суточного рациона питания

Группа населения (категории активности)	Возраст, годы	Калорийность суточного рациона, ккал			
		для мужчин		для женщин	
		А	Б	А	Б
Первая	18-40	2800	3000	2400	2600
	40-60	2600	2800	2200	2400
Вторая	18-40	3000	3200	2550	2750
	40-60	2800	3000	2350	2550
Третья	18-40	3200	3400	2700	2900
	40-60	2900	3100	2500	2700
Четвертая	18-40	3700	3900	3150	3350
	40-60	3400	3600	2900	3100
Пожилые люди	60-70	2350	-	2100	-
	Старше 70	2200	-	2000	-
Спортсмены (в период соревнований и тренировок)	-	4500-5000	-	3500-4000	-

Целью работы является разработка рекомендаций по ассортиментному составу и меню торговых точек фаст-фуда, в которых будет оптимальное соотношение питательных веществ - белков, углеводов, жиров, воды, витаминов, минеральных веществ.

Для оптимизации меню фаст-фуда используем структурно-параметрическое моделирование и сводится к определению минимально необходимых объемов выпуска продукции для обеспечения потребности населения и выполнение заказов потребителей, воспользуемся трудами [4,5,11].

Выбор оптимального меню фаст-фуда может быть осуществлен решением задач ассортиментной, рецептурной и ассортиментно-рецептурной оптимизации, определяющих выбор оптимальных стратегий производства (приготовления) в зависимости от установленной структуры ассортимента продукции.

Считая, что по каждому продукту  $y_i$  однозначно соответствует определенная технологическая схема и сырьевое обеспечение, оптимальная структура ассортимента будет обуславливать оптимальный набор технологических схем и соответствующее распределение сырья (материальных потоков) как по технологическим этапам, так и по отдельным технологиям внутри этапа. В качестве целевой функции ассортиментной оптимизации используется [5]:

$$\sum_{i=1}^N \left( \frac{y_i^\circ}{\sum_{i=1}^N y_i^\circ} - \frac{y_i}{\sum_{i=1}^N y_i} \right)^2 \rightarrow \min \quad (1) \quad \text{или} \quad \sum_{i=1}^N \left| \frac{y_i^\circ}{\sum_{i=1}^N y_i^\circ} - \frac{y_i}{\sum_{i=1}^N y_i} \right| \rightarrow \min, \quad (2)$$

при ограничениях вида:

$$\sum_{i=1}^N \lambda_{ri} y_{ri} = G_r; \quad r = \overline{1, R}; \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^N y_{ri} = v_r; \quad r = \overline{R+1, Q}, \quad (4)$$

при индивидуальных ограничениях:

$$y_i^{\min} \leq y_i \leq y_i^{\max}; \quad i = \overline{1, N}; \quad y_i \geq 0 \quad (5)$$

Общее ограничение материального баланса по сырью в сфере разбора

$$\sum_{j=1}^M \sum_{n=1}^v \sum_{i=1}^{N_n} y_{ij}^{(n)} \leq \sum_{j=1}^M G_j \quad (6)$$

может быть дополнено балансовыми ограничениями для каждого технологического этапа

$$\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{N_n} (y_{ij}^{(n)} + x_{ij}^{(n)}) = \sum_{j=1}^M G_j^{(n)}; n = \overline{1, \nu} \quad (7)$$

или уравнениями материального баланса

$$\sum_{i=1}^{N_n} (y_{ij}^{(n)} + x_{ij}^{(n)}) + \sum_{i=1}^{N_n} (p_{ij}^{(n)} + u_{ij}^{(n)}) = G_j^{(n)}; j = \overline{1, M}; n = \overline{1, \nu}, \quad (8)$$

Задача решается методом математического программирования с определением при заданных ограничениях оптимального ассортимента выпускаемой продукции по критериям, а также по критериям максимальной прибыли, минимальной себестоимости или максимального выпуска товарной продукции в заданной структуре ассортимента [5, 12, 13].

Стандарты на структурно-сложную комбинированную продукцию устанавливают требования и ограничения по химическому составу, который может быть обеспечен различными рецептурами и технологическими средствами. В связи с этим возникает задача нахождения оптимальных рецептов для выработки продукции заданного качества со сбалансированными показателями биологической ценности при рациональном использовании сырья. В этом случае постановка задачи связана с минимизацией отклонения элементарного состава изделия от эталонной нормативной структуры показателей биологической ценности продукта по критерию

$$\sum_{k=1}^m \left( \frac{z_k^\circ}{\sum_{k_1=1}^m z_{k_1}^\circ} - \frac{z_k}{\sum_{k_1=1}^m z_{k_1}} \right)^2 \rightarrow \min, \quad (9)$$

при ограничениях:

по элементарному составу продукта

$$z_k^{\min} \leq \beta_k \sum_{j=1}^I \rho_{jk} x_j \leq z_k^{\max}; k = \overline{1, m}, \quad (10)$$

по рецептурным компонентам

$$\sum_{j=1}^J x_j = 1; \quad (11) \quad x_j^{\min} \leq x_j \leq x_j^{\max}. \quad (12)$$

Приведенная математическая модель рецептурной оптимизации комбинированного меню фаст-фуда позволяет найти для каждого структурно-сложного продукта состав рецептурных компонентов, удовлетворяющих физико-химическим требованиям стандарта и критерия максимальной биологической ценности продукта. Далее с учетом всех производственных ограничений решается задача ассортиментно-рецептурной оптимизации, позволяющая найти оптимальный по выбранному критерию набор рецептов для заданной группы продуктов со сбалансированными показателями качества.

Обобщенная постановка задачи ассортиментно-рецептурной оптимизации сводится к минимизации критериев при ограничениях:

по структуре ассортимента и ресурсному обеспечению

$$\sum_{i=1}^N y_i = \nu; \quad (13) \quad y_i^{\min} \leq y_i \leq y_i^{\max}; \quad (14) \quad \sum_{i=1}^N x_{ij} y_i \leq G_j; j = \overline{1, J}, \quad (15)$$

по рецептурным компонентам

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} = 1; i = \overline{1, N}; \quad (16) \quad x_{ij}^{\min} \leq x_{ij} \leq x_{ij}^{\max}; i = \overline{1, N}; j = \overline{1, J_i}, \quad (17)$$

по элементарному составу

$$z_{ik}; k = \overline{1, m_i}; i = \overline{1, N}, \quad (18) \quad z_{ik}^{\min} \leq \sum_{j=1}^{J_i} \rho_{jk} x_{ij} \leq z_{ik}^{\max}, \quad (19)$$

Получаемая в результате решения оптимальная совокупность рецептурных вариантов ( $x_{ij}; i = \overline{1, N}; j = \overline{1, J_i}$ ) и объемов выработки продукции  $y_i; i = \overline{1, N}$  является структурной основой составления схем переработки и распределения материальных потоков в сферах приемки сырья, его подготовки и собственно приготовления комбинированных продуктов с определением рациональной структуры всей технологической системы предприятий фаст-фудной сети.

Таким образом, социально-экономические проблемы встают перед обществом, ресторанами общепита и страной в целом. Данные исследования дают рекомендации об улучшении рациона фаст-фуда, подбор меню, включающий продукты, содержащие в оптимальном количестве белки, жиры, углеводы, а также помогут удовлетворить потребителя конечной ценой и качеством, а производителя себестоимостью и добавочной стоимостью.

#### Список литературы

1. <http://chastnosti.com/> Статья «Вред от фаст-фуда»
2. <http://properdiet.ru/> Статья «Правильное питание»
3. <http://ion.ru/> ФГБНУ «НИИ питания»
4. <http://gks.ru/> Статья от 27 августа 2015, Данные Росстата
5. Беляева М.А., Ивашкин Ю.А. Структурно – параметрическое моделирование инфракрасной термообработки продуктов. 2006. № 10. с. 37.
6. Булдаков А.С. Пищевые добавки. Справочник. Санкт-Петербург: «Ut», 1996
7. Дудкин М.С., Щелкунов Л.Ф. Новые продукты питания. М: МАИК «Наука», 1998
8. Ивашкин Ю.А. Моделирование производственных процессов мясной и молочной промышленности. М. 1982.
9. Липатов Н.Н., Рогов И.А. Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом пищевой ценности //Известия вузов. Пищевая технология. М., 1987, № 2, с. 9-17
10. Малахов Г.П. Очищение организма и правильное питание. СПб.: ИД «ВЕСЬ», 2000
11. Никитина М.А. Структурно-параметрическое моделирование и оптимизация системы адекватного питания // диссертация на соиск. уч. ст. кандидата технических наук, М. 2002
12. М.А. Беляева Системный анализ технологий и бизнес-процессов в мясном производстве. М. РЭУ. - 2015, 384 с
13. М.А. Беляева Многокритериальная оптимизация процессов тепловой обработки мясных полуфабрикатов при ИК-энергоподводе. М. МГУП. - 2009, 50 с.

### СЕКЦИЯ №13.

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

#### К ПРОБЛЕМЕ ФОРМОУСТОЙЧИВОСТИ ОДЕЖДЫ ИЗ ВОЙЛОЧНЫХ ПОЛОТЕН

Диева О.Н.

ЮЗГУ, РФ, г.Курск

Изготовление одежды предполагает применение различных способов создания формы, которые в дальнейшем определяют внешний вид изделия и срок его службы. Формоустойчивость одежды является определяющим фактором сохранения ее внешнего вида. Сложной и многоаспектной является проблема установления факторов, влияющих на формоустойчивость одежды и их измерение. Одним из путей определения степени формоустойчивости одежды является вычисление напряжений, возникающих на некоторых ее участках, испытывающих многократные значительные растягивающие нагрузки локального характера. Такие участки, например, локтевой и коленный, принято называть «проблемными». Чаще всего снижения потери формы добиваются увеличением прибавок, которые выбираются на интуитивном уровне или в соответствии с рекомендациями по построению конструкций из различных видов материалов.



Необходимая форма деталей и всего изделия может быть обеспечена тремя основными способами или их комбинацией: физико-химическим, механическим и физико-механическим. [3] Каждый из рассмотренных способов формообразования имеет свои преимущества, недостатки и ограничения по использованию для различных по составу материалов.

Следующим важным шагом в обеспечении необходимой формы является её закрепление. Закрепление формы также может быть произведено тремя основными способами: без применения дополнительных материалов, с использованием прокладочных материалов, с использованием химических средств. Развитие науки и производства позволяет постоянно совершенствовать технологию производства одежды. Но, сами способы закрепления формы остаются практически неизменными. Появление новых малооперационных и малоотходных технологий формования деталей дает возможность повысить эффективность швейного производства и сократить технологический процесс изготовления изделий путем исключения некоторых его стадий. Перспективность использования для этих целей войлока обусловлена хорошими потребительскими свойствами шерстяных материалов, в первую очередь высокими гигиеническими показателями - воздухопроницаемостью и влагоемкостью. Преимуществами войлочных изделий являются: возможность изготовления формоустойчивых объемных деталей без швов; формирование пакета материалов с заданными свойствами при уменьшении толщины и количества используемых прикладных материалов; снижение материалоемкости и трудоемкости изготовления. Это обуславливает предпосылки создания инновационной малооперационной технологии изготовления одежды из экологически чистых материалов. Изделия из валенной шерсти, благодаря своей эластичности, удобны в эксплуатации, но именно эластичность такого материала создаёт трудности в формоустойчивости одежды. [1]

Войлочное производство по уровню механизации делится на ручное и механизированное. Ручное производство войлоков постепенно уступает место по качеству продукции более высокому механизированному, вырабатывающему разнообразный ассортимент валяных и шерстяных изделий, в том числе с примесью химических волокон. При этом механизированный метод может основываться на процессах, близких к ручному методу изготовления, а также на использовании иглопробивных станков и термопрессового оборудования. Натуральная шерсть - единственное волокно, обладающее валкоспособностью. Успешное протекание процессов свойлачивания и валки обеспечивается следующими свойствами шерстяных волокон: высокой растяжимостью и быстрой релаксацией, наибольшей разницей между коэффициентом тангенциального сопротивления при движении волокон по направлению чешуек и против них, способностью принимать более извитую, петлистую форму и фиксироваться в этом состоянии с уменьшением протяженности волокна. [4]

В исследовании Садыковой Ж.А. для улучшения формоустойчивости войлока предлагается использование прокладочных материалов, которые при изготовлении деталей одежды являются прогрессивными. Задача усложняется тем, что изделия из войлока, как правило, изготавливаются без подкладки.

Поэтому при определении влияния вида прокладочных материалов на свойства изделий из войлока исследованы образцы, изготовленные из мериносковой шерсти с расположением прокладочных материалов между слоями шерстяных волокон. [5]

В качестве текстильного материала используют легко формируемый клеевой прокладочный материал с разреженной структурой. Клеевой прокладочный материал можно располагать в соответствии с выделенными на детали зонами. При этом обеспечивается уменьшение толщины и массы войлочных деталей при сохранении заданной прочности; получение равномерной по толщине цельноформованной детали. [3]

Данное исследование во многом решает вопрос формоустойчивости деталей, но значительно уменьшает пластичность полотна, что является предметом для дальнейших исследований в этой области. Увеличение формоустойчивости отдельных деталей одежды с зональным использованием клеевых прокладок возможно при изготовлении изделий малыми сериями. Задачей данного исследования ставится возможность придания формоустойчивости одежды, выполненной из войлочного полотна путем изменения состава сырья. Это возможно при работе на иглопробивных машинах и введении в волокна шерсти (мериноса) различных натуральных волокон (льна, шелка, вискозы и т.д.) Известно, что многие физико-механические свойства шерстяного волокна зависят от его тонины: чем тоньше волокно, тем большей растяжимостью, извитостью и валкоспособностью оно обладает. Значительное влияние на процесс валки оказывает длина волокна. Короткая шерсть проявляет себя в валке лучше, чем длинная, так как степень свободы и возможность перемещения уменьшается с увеличением длины волокон. Смешение волокон шерсти и волокон вискозы или туссы значительно увеличивают формоустойчивость полотна, а следовательно и улучшают эксплуатационные свойства одежды. [3] В данном исследовании определяется степень влияния технологических параметров процесса изготовления валенных полотен на формоустойчивость деталей одежды из войлока, изготовленного путем смешения волокон шерсти с волокнами вискозы в процессе изготовления полотна (префельта).[6] Изготовленные ручным и машинным способом образцы валенной шерсти с добавлением

вискозных волокон подвергались испытаниям на формоустойчивость. Процент состава волокон шерсти и волокон вискозы определялся эмпирическим путем.

Исследование формоустойчивости образцов из валенной шерсти стало возможным благодаря способу обеспечения формоустойчивости одежды и устройству для ее определения (авторы патента: Гирфанова Л.Р. и Каюмова Р.Ф., номер патента 2012135031) .[2]

Устройство для определения формоустойчивости одежды, включающее в себя два шарнирно соединенные трубчатых элемента и наполненную воздухом, соединенную с датчиком давления, индикаторную подушечку, выполненную из воздухонепроницаемого материала, закрепленную в зоне шарнирного соединения трубчатых элементов.

Для решения поставленной задачи изгиб (имитирующий эксплуатационную нагрузку) испытательного устройства осуществляют на угол, не менее 90°.

Поставленная задача решается также тем, что образец повторяет по форме деталь одежды и изготовлен из шерстяного валенного полотна.

Показатели упругости существенно увеличились в образцах, имеющих процент добавления вискозы более 15%. Результаты проведенных исследований показали существенное улучшение показателей физико-механических свойств войлока за счет наполнения полотна волокнами вискозы и улучшение формоустойчивости изготовленной из него одежды. Установлено, что достижение требуемых сочетаний свойств полотна возможно путем формирования соответствующих зон за счет изменения толщины, изменения структуры самого полотна, за счет введения различных волокон при формировании полотна войлока.

#### Список литературы

1. Будникова О.В., Диева О.Н. Экологические тенденции в дизайне костюма // Известия ЮЗГУ.- Серия: Техника и технологии. 2014. № 2. С. 60-69.
2. Гирфанова Л.Р. и Каюмова Р.Ф., Обеспечения формоустойчивости одежды и устройству для ее определения // Патент России 2012135031. 2006
3. Диева О.Н. Пластическое формообразование цельноваленой одежды при диагональной раскладке волокон шерсти // Актуальные проблемы технических. 2015. С. 116-119.
4. Сыдыкова Ж.А., Спирина Н.В., Зарецкая Г.П. Разработка сквозного процесса проектирования и изготовления формованной одежды из войлока: тезисы докл., Всерос. конф. Москва, 2010г., стр. 25
5. Сыдыкова Ж.А. Разработка метода проектирования и изготовления деталей одежды объемной формы из войлока: Дисс... канд.техн.наук. – М.: МГУДТ, 2012 г.

## ФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕЛА И МОДЕЛИРОВАНИЕ ФРИКЦИОННО - КОГЕЗИОННОГО СКОЛЬЖЕНИЯ

**Заднепровский Р.П.**

НИИ инновационных технологий, г.Волгоград, Россия

Реальные физические состояния тел являются промежуточными вариациями между несколькими идеализированными состояниями: абсолютно твердое (недеформируемое тело -Т), упругое (У), жидкое (несжимаемое тело - Ж), пластичное (П), вязкое (В), порошковое (ПР). Можно еще выделить эластичное состояние (Э). В отличие от абстрактных тел, рассматриваемых в теории упругости, реальные тела негомогенны, имеют существенную неоднородность появления внутренних напряжений (при внешнем воздействии), как правило, полидисперсны с взаимодействием ультрадисперсных частиц. Ниже рассматриваются уравнения связи между силовыми потенциалами и переменными деформационными параметрами преимущественно для дисперсных тел с наличием жидкой фазы. Опыты показывают наличие 2-3 экстремумов гранулометрического состава дисперсных тел. Это говорит о наличии, по крайней мере, трех иерархических размерных фракций различной энергетической насыщенности. Внутреннее сцепление частиц и их ассоциатов определяет когезионный потенциал- $p_k$  (как следствие ионно-молекулярной связи). Для данного состояния он аналогичен предельному напряжению растяжения. Число наиболее важных физических состояний ( при 6-ти идеализированных)  $z=15$  ( УП, УВ, ВП, УВП, УЭ, ПП, УПР, ЭП, ВЖ). Ранее [1] предложено аналоговое

уравнение связи силовых потенциалов тангенциального- $\tau$  и нормальных напряжений сжатия и растяжения ( $\sigma_c, \sigma_p$ ) в виде :

$$\tau = \tau_0 + f_1 \sigma_c + 2f_2 \sigma_c \sigma_p / (\sigma_c + \sigma_p) \quad (1)$$

Здесь коэффициенты  $f_1, f_2$  являются безразмерными характеристиками физического тела при данном режиме изменения напряжений в функции скорости времени нагружения. Для однородных тел сумма этих коэффициентов равна единице. Для пластичного состояния ( чистый сдвиг) , когда  $\sigma_c = 0$  , при условии равнопрочности ( $\sigma_c = \sigma_p$ ) и  $\tau_0 = 0$  ( гладкая однородная поверхность скольжения ) из (1) получаем условие пластичности Мизеса:  $\tau = \sigma_c / 2$  ( при  $f_2 = 0,5$  ).

Обозначим соотношение  $\sigma_p / \sigma_c = \alpha \leq 1$  и соотношение  $2/(1+\alpha) = \beta$ . Величина  $0 \leq \beta \leq 1$ . При  $\beta f_2 = \text{tg} \varphi_2$  получаем уравнение удобное для графического анализа возможных физических состояний тел:  $\tau = \tau_0 + \sigma_c \text{tg} \varphi_1 + \sigma_p \text{tg} \varphi_2$ . Варианты такого анализа даны в работе [1].

Рассмотрим некоторые аспекты использования реологических уравнений применительно к рассматриваемому вопросу. Известны реологические модели тел, включающие упругие, вязкие и фрикционные элементы в различных комбинациях (реологические модели Максвелла, Кельвина-Фойгта и др.). В работах [2-3] даны решения и анализ основных реологических уравнений, связывающих изменение деформации во времени с параметрами вязкости и упругости. В упрощенных моделях используют два вида модуля упругости: для линейного и нелинейного деформирования -  $E, E_1$  (при растяжении) и  $G, G_1$  ( для сдвига). Используя эти решения, после некоторых преобразований получаем для вязко-пластичного тела аналог зависимость касательного напряжения при деформировании тела от времени- $t$

$$\tau = \frac{\gamma G}{1 + (1 - \exp(-t/T)(G/G_1 + G/\eta^*))} \quad (2)$$

где  $T = G_1 / \eta$ ,  $\eta^*$ - скорость изменения вязкости при динамическом деформировании тела, модуль деформации  $G_1 = E_1 / 2(1 + \mu)$ . При  $t \rightarrow \infty$ , величина  $\tau \rightarrow \gamma G / 1 + (G/G_1 + G/\eta^*)$ , что означает возможность разрушения при конечной деформации существенно большей нуля, поскольку физически скоростная функция вязкости не может быть равной нулю ( за исключением несвязных тел), величина  $\eta^* > 0$ .

Рассмотрим более общее уравнение , в котором все величины могут изменяться во времени под действием суммарного силового потенциала ( с возможным термическим, акустическим и другим воздействием). В этом случае реологическое уравнение связи касательного напряжения с соответствующей деформацией запишется в виде:  $\tau = G\gamma + \gamma \eta^* + \eta \gamma^*$ . Предельная величина  $\tau$  близка практически к величине  $c_1^2 \rho$ , где  $c_1$  - продольная скорость звука (волны деформации),  $\rho$  - плотность. В частном случае производная  $\tau^* = c_1^2 \rho^* = C_0$ . Если модуль  $G=f(t)$ , то после преобразований получим:

$$\gamma^{**} + A\gamma^* + B\gamma = C_0 \quad (3)$$

где условно-временно постоянные  $A = (\eta^* + G) / \eta$ ,  $B = G^* / \eta$  ( звездочки означают производные по времени).

Общее решение этого уравнения имеет вид:

$$\gamma = (\exp(-At/2)(C_1 \cos \sqrt{B - At/4} + C_2 \sin \sqrt{B - At/4}) - C_0 / B) \quad (4)$$

При критической величине  $t = 4B/A = 4G^*/G + \eta^*$  относительная деформация  $\gamma = C_1 \exp(-2B) - C_0 / B$ , где  $C_1$ - начальная деформация. При неизменной плотности угловая относительная деформация  $\gamma = c_1^2 \rho / (G + \eta^*)$ .

Рассмотрение уравнения (3) с учетом изменения поперечной скорости звука- $c_2$  ( для нормальных напряжений деформирования) при скоростном деформировании структурно-неоднородной среды, (когда  $\sigma_M^* = (c_2^*)^2 \rho + \rho^* c_2^{*2}$ ) приводит к аналогии уравнению (4), где динамические коэффициенты  $A = (E + \eta^*) / \eta$ ,  $B = E^* / \eta$ ,  $C_0 = \sigma_M^* / \eta$ . Учитывая существенное уменьшение коэффициента  $\phi$  — затухания акустических деформационных волн при переходе к упругим деформациям и пренебрегая изменением плотности, производная  $\sigma^* \approx (c_2^*)^2 \rho (1 - \phi^*) \eta$  и величина  $C_0 / B = D$ . Для линейных зависимостей:  $E = E_0 + \epsilon t$ ;  $\phi^* = \phi_0 + at$ ;  $\eta^* = \eta_0 + mt$ ;  $c_2^* = c_0 + nt$ , откуда получаем:

$$\epsilon = c_2 \rho \eta a \left[ 1 - (1 - \exp(Et / 2\eta) \cos \sqrt{a/b - (E/\eta)^2} t) \right] = \sigma_m / a \eta \quad (5)$$

Коэффициенты  $a, b, m, n$  характеризуют интенсивность изменения во времени соответствующих параметров в формуле (5) (в процессе динамической деформации) и связаны с величиной вектора структурной неоднородности. Анализ показывает, что конечная величина деформации не равна нулю ( как это вытекает из обычных реологических уравнений ) и определяется неравенством  $\epsilon_K = [1 - (1 - \exp(-2a/\epsilon))] > 0$ .

Из уравнений (4-5) можно выразить функции  $\phi(\tau / \sigma)$  и таким образом найти связь с коэффициентами  $f_1$  и  $f_2$  - аналогов тангенсов наклона линейных графиков связи касательных и нормальных напряжений (1) и построить совмещенные пространственные графики физического состояния с учетом динамического воздействия суммарного силового потенциала.

Пример такого графика дан на Рисунке 1. Для поликристаллических материалов характерна анизотропия свойств на микро- и макроуровнях. При этом соотношение модулей упругости и коэффициента Пуассона по опытным данным:  $E^{\max} / E_{\min} = 1,18 - 3,35$ ;  $G_{\max} / G_{\min} = 1,07 - 2,48$ ;  $\mu_{\max} / \mu_{\min} = 0,1 - 0,6$ . Такое изменение сказывается на значениях углов  $\varphi$  (и коэффициентов  $f_{1(2)}$ ) и подтверждает вывод о повышении с ростом динамичности воздействия коэффициента  $f_1$  и снижении коэффициента  $f_2$  ( см. пунктирный график на Рисунке 1). Конкретные динамические зависимости изменения величин  $\eta, E, \mu, G$  дадут возможность на любом этапе деформирования представить более конкретный график физического состояния тела .

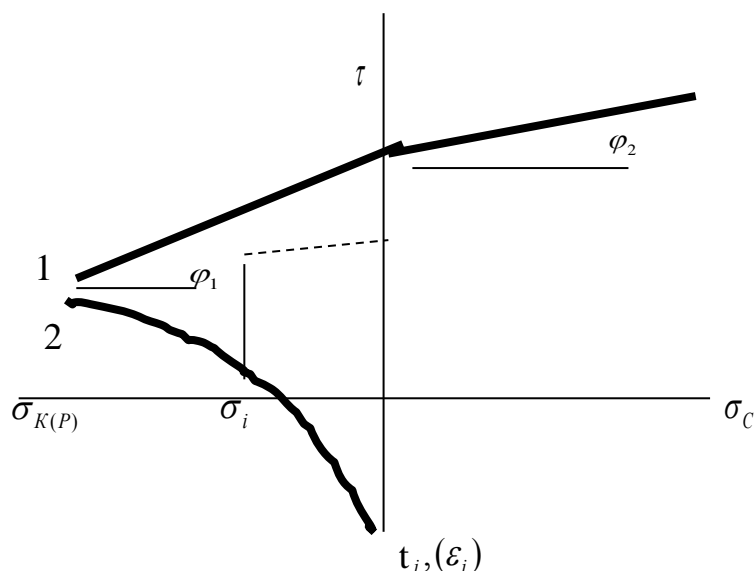


Рис.1. Пример графика изменения физического состояния тела с учетом динамического характера связи деформационных реологических параметров с силовым потенциалом.

1- график по уравнению (1), углы  $\varphi_1 = \arctg f_1$ ,  $\varphi_2 = \arctg f_2$ . 2- частный случай графика с учетом динамического деформирования с изменением параметров физического состояния

Ввод на Рисунке 1 координаты – времени или скорости деформации  $t (\varepsilon^*)$  дает возможность отобразить их значительное влияние на конечные значения силовых потенциалов  $\sigma, \tau$  при разрушении или переходе в новое физическое состояние.

Таким образом, предложенная простая форма общего уравнения (1) связи касательных и нормальных напряжений (для конкретного статического состояния) в сочетании с реологическими уравнениями позволяют в графической многомерной интерпретации анализировать физические состояния тел, моделирование которых затруднено.

#### Список литературы

1. Заднепровский Р.П., Трохимчук М.В. Адгезионно-фрикционные свойства дисперсных тел и их регулирование. Волгоград: изд. ВолГАСУ, 2010, 322с.
2. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. М: Наука «Физматгиз», 1969.С.156-160
3. Писаренко Г.С., Лебедев А.А. Сопротивление материалов деформированию и разрушению при сложном напряженном состоянии. Киев: «Наукова думка»,1969. С.48-54.

**СЕКЦИЯ №14.  
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)**

**НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ЭКОЛОГИИ**

**Шпаков А.А.**

Аспирант, ЮЗГУ, Россия, г.Курск

В настоящее время современный уровень и темпы развития производства, приводит к увеличению загрязнения окружающей среды. Огромные территории, на которых размещены объекты энергоснабжения, газораспределения, нефтегазодобычи, переработки и транспортирования продуктов, охватывающие различные климатические зоны, обуславливают необходимость использования территориально распределенной сети информационного мониторинга на базе новейших достижений в данной области. [4].

Эффективное управление сложными динамическими объектами (СДО) и целенаправленными технологическими процессами требуют дальнейшего совершенствования методов построения аналитической информационно-измерительной системы (АИИС), в особенности территориально распределенного типа, используемых, в частности, в области охраны окружающей среды с целью снижения рисков возникновения техногенных катастроф [1].

Среди различного типа источников текущей информации важное место занимают так называемые операционные (транзакционные) источники, в основе которых используются анализирующие средства, определяющие значения параметров и характеристик контролируемых объектов или (и) процессов [2,3] в областях: контроль состава и свойств почвы, воздуха, воды, т.е. веществ газообразного, жидкого и твердого типов; оперативный контроль загрязнения окружающей среды, экспресс-анализ в биологии, медицине, промышленности.

Установка и эксплуатация АИИС территориально распределенного типа, формирующей телеметрическую информацию, задача непростая, связанная, в частности, с необходимостью выполнения целого комплекса монтажных и пусконаладочных работ, осуществления надежного энергоснабжения и т.д. Все это требует значительных трудовых и финансовых затрат.

Необходимость всемерного повышения уровня энергосбережения, оптимизации затрат на эксплуатацию, ремонт и экологическую безопасность обсуживаемых объектов с помощью АИИС обуславливает поиск оптимальных путей решения как указанных частных задач, так и комплексных задач снижения рисков возникновения техногенных катастроф, их раннего предупреждения, а также выявления и прогнозирования угроз экологической безопасности. Это связано с наводнениями, землетрясениями, постоянно из года в год возникающими пожарами, уничтожающими леса, населенные пункты, сельскохозяйственные и промышленные объекты.

Эти задачи могут быть успешно решены, если использовать уже имеющиеся телеметрические системы. В частности, АО «Газпром» и «Транснефть» при создании газо- и нефтетранспортных сетей устанавливают телеметрические и системы мониторинга на своих нефтегазораспределительных пунктах. Они не ведут внешнего мониторинга за исключением измерения наружной температуры. Эти территориально распределенные телеметрические системы и системы мониторинга, число которых из года в год растет, могут быть использованы для решения задач экологической безопасности. Это возможно при установке дополнительного модуля мониторинга окружающей среды, что не потребует больших вложений, так как все необходимые коммуникации и каналы связи уже существуют.

Необходимая информация формируется параллельно с другими телеметрическими данными и может поступать в соответствующие центры экологической безопасности.

**Список литературы**

1. Костокрызов А.И., Костеренко В.Н., Тимченко А.Н., Артемьев В.Б. Основы противоаварийной устойчивости угольных предприятий. - М.: Горное дело : Киммерийский центр, 2014. - 335 с. - (Библиотека горного инженера ; т. 6. Промышленная безопасность ; кн. 11)
2. Ланге П.К. Методы и средства обработки информации в автоматизированных аналитических информационно-измерительных системах. Докторская диссертация, Самара, 2003г., 348с

3. Назаров А.В. и др. Современная телеметрия в теории и на практике. Учебный курс. — СПб.: Наука и техника, 2007. — 627 с.
4. Костогрызов А.И., Костеренко В.Н., Тимченко А.Н., Артемьев В.Б. Основы противоаварийной устойчивости угольных предприятий. - М.: Горное дело : Киммерийский центр, 2014. - 335 с.

## **СЕКЦИЯ №15.**

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

#### **ОГРАНИЧЕНИЕ ТОКА ПРИ ОДНОФАЗНОМ ЗАМЫКАНИИ НА ЗЕМЛЮ**

**Кувшинов Г.Е., Скобелев Д.П.**

Дальневосточный федеральный университет (ДФУ), г.Владивосток

##### Аннотация

Приводятся сведения о предлагаемом устройстве для ограничения тока однофазного короткого замыкания. Показаны недостатки современных устройств, таких как дугогасящие реакторы.

1. Введение. При однофазном коротком замыкании на корпус судна может проходить значительный ток короткого замыкания, даже при высоком сопротивлении изоляции электрической сети. Так происходит из-за большого значения суммарной ёмкости электрической сети относительно корпуса судна, и ток однофазного короткого замыкания (ОКЗ) тем больше, чем больше значение указанной суммарной ёмкости и выше напряжение в электрической сети. Этот ток может достигать нескольких десятков и даже сотен ампер, он сопровождается электрической дугой, которая способна вызвать пожар и разрушить проводники тока в месте короткого замыкания, и тогда замыкание может перейти в междуфазное или трёхфазное, которые создают больший ущерб, чем однофазное замыкание [4, с. 5].

Действующее значение тока ОКЗ быстро снижается до небольшого установившегося значения, если заземлить нейтральную точку электрической сети на землю через индуктивный компонент (ИК). Он настроен в резонанс с указанной суммарной ёмкостью. При подключении к этой сети или отключении от неё каких-либо линий или потребителей электроэнергии, эта ёмкость изменяется. Поэтому ИК выполняют из двух частей: регулируемого силового элемента (СЭ) и блока управления (БУ). Последний воздействует на силовой элемент так, чтобы его индуктивность изменялась вслед за изменением суммарной ёмкости электрической сети.

До настоящего времени в качестве индуктивного компонента применяют дугогасящие реакторы (ДР) различной конструкции. Включение ДР, кроме снижения тока в месте замыкания, приводит к увеличению времени восстановления напряжения на поврежденной фазе, что способствует восстановлению диэлектрических свойств изоляции в месте повреждения [4, с. 51].

2. Устройства, ограничивающие ток ОКЗ с помощью дугогасящих реакторов. На Рисунке 1 показана схема замещения трёхфазной электрической сети, к которой подключено устройство, ограничивающее ток ОКЗ с помощью ИК.

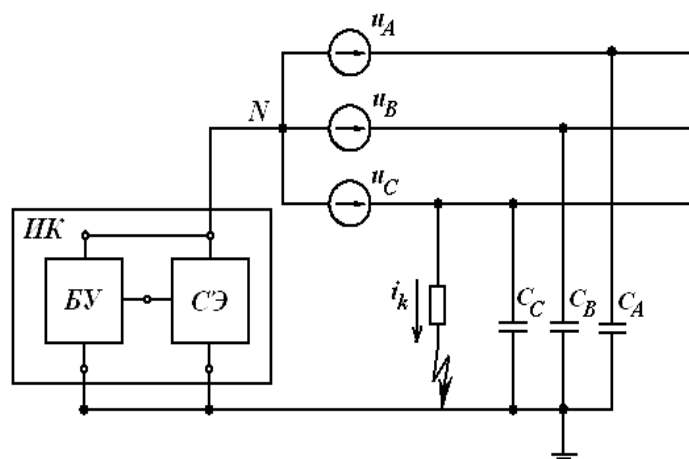


Рис.1. Схема замещения трёхфазной электрической сети с устройством, ограничивающим ток ОКЗ с помощью индуктивного компонента

В этой схеме нейтраль  $N$  трёхфазного источника с мгновенными значениями напряжений  $u_A$ ,  $u_B$  и  $u_C$  через силовой элемент  $СЭ$  индуктивного компонента соединена с землёй. Распределённым ёмкостям фаз сети соответствуют конденсаторы  $C_A$ ,  $C_B$  и  $C_C$ . Ток  $i_k$  ОКЗ замыкается через сопротивление, которому соответствует резистор  $R$ . Этот ток имеет две составляющие. Одна из них проходит через конденсаторы  $C_A$ ,  $C_B$  и  $C_C$ , а другая – через  $СЭ$ , который имеет индуктивность  $L$ . Значение этой индуктивности определяется выходным сигналом блока управления (БУ), который воздействует на управляющий вход  $СЭ$ . Две составляющие тока ОКЗ в установившемся режиме проходят через резистор  $R$  в направлениях, которые близки к взаимно противоположным. Эта особенность указанных составляющих приводит к снижению тока  $i_k$ . Минимум этого тока достигается при резонансной настройке  $СЭ$ , когда его индуктивность связана с суммарной ёмкостью  $C_\Sigma$  всех трёх фаз электрической сети по отношению к земле следующим соотношением [4, с. 16], [5, с. 35]:

$$L = 1 / (\omega^2 C_\Sigma), \quad C_\Sigma = C_A + C_B + C_C, \quad (1)$$

где  $\omega$  – круговая частота источников напряжения. На рисунке 2, а показана осциллограмма тока ОКЗ при отсутствии индуктивного компонента, для следующих параметров электрической сети: её линейное напряжение  $U_\Delta = 6$  кВ, ёмкости конденсаторов  $C_A$ ,  $C_B$  и  $C_C$ , одинаковы и равны 5 мкф,  $R = 100$  Ом

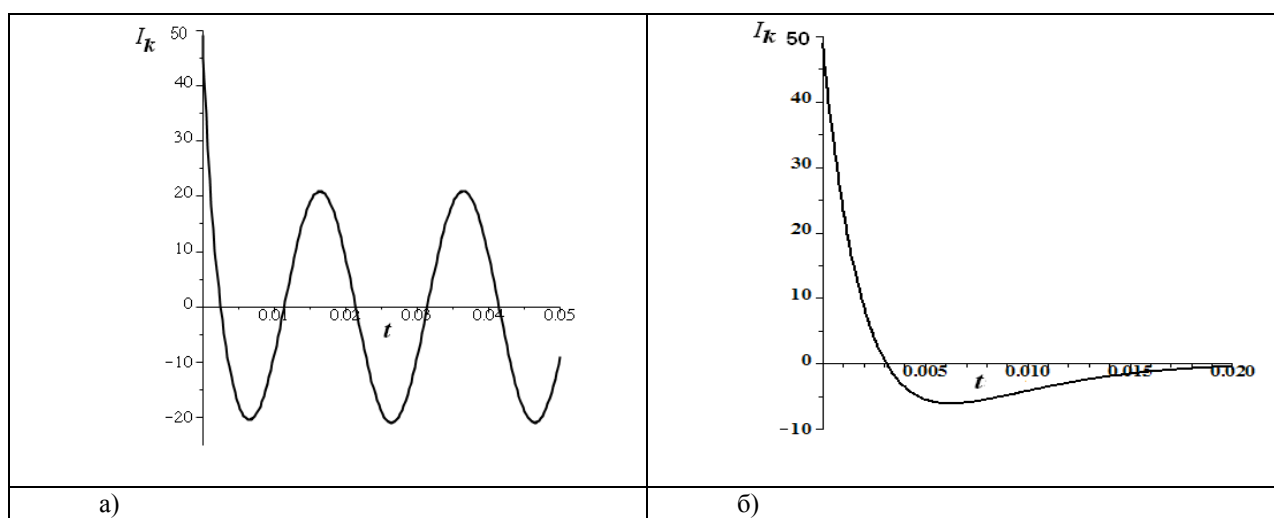


Рис.2. Осциллограммы тока ОКЗ: а – без компенсации влияния ёмкостей сети, б – при использовании ДР



Действующее значение тока ОКЗ в установившемся режиме определяется выражением:

$$I_k = \frac{U}{\sqrt{X_{C\Sigma}^2 + R^2}}, \quad (2)$$

$$X_{C\Sigma} = 1/(\omega C_\Sigma),$$

где  $U$  – действующее значение фазного напряжения.

ОКЗ возникает, когда напряжение фазы С имеет максимальное значение. При этом начальное значение тока ОКЗ – 49 А, а действующее значение установившегося тока ОКЗ – 14,8 А. Рисунок 2, б относится к случаю, когда индуктивность  $L$  обмотки ДР соответствует выражению (1), а её активное сопротивление в 50 раз меньше индуктивного сопротивления  $\omega L$  обмотки ДР. Видно, насколько эффективно ДР обеспечивает быстрое снижение тока ОКЗ.

Первыми стали применяться ДР, обмотки которых имеют отводы для ступенчатого регулирования тока компенсации. Этот ток изменяется ступенями и число ответвлений мало [4, с. 61]. В настоящее время применяются плавно регулируемые ДР двух типов. В плунжерных ДР изменение индуктивности обеспечивается механически – изменением немагнитного зазора в магнитоприводе [4, с. 64], [5, с. 36].

У ДР с подмагничиванием магнитопривод не имеет немагнитных зазоров, ток компенсации регулируют изменением значения постоянной составляющей магнитного потока. В современных ДР с подмагничиванием такое регулирование осуществляется с тиристорных ключей, включенных параллельно частям сетевой обмотки. [1, с. 51], [2, с. 49].

3. Недостатки современных дугогасящих реакторов. Основной недостаток ДР с подмагничиванием обусловлен тем, что этот реактор является нелинейным элементом. Поэтому в установившемся режиме, даже при идеальной компенсации емкостной составляющей тока ОКЗ первой гармоникой тока ДР, ток ОКЗ не равен нулю, он состоит из составляющих высших гармоник тока ДР.

В [5, с. 36] отмечается, что выпускаемые ОАО «электрозавод» плунжерные ДР, немагнитный зазор которых изменяется с помощью самотормозящегося электропривода, лучше, чем реакторы другой конструкции, пригодны для работы в устройствах защиты от ОКЗ. Кроме достоинств, такие ДР имеют и ряд недостатков: номинальная мощность электродвигателя указанного электропривода высока – 0,5 кВт и более; велико время, которое затрачивается на изменение индуктивности силового элемента; наличие регулируемого воздушного зазора и электропривода приводит к увеличению уровня шума и вибраций; низкая добротность ДР. Последний недостаток присущ всем устройствам для ограничения тока однофазного короткого замыкания на землю, в которых силовым элементом является ДР.

На Рисунке 3 тонкой линией показано продолжение осциллограммы, начало которой изображено на Рисунке 2, б, когда добротность ДР  $q$  равна 50. Установившееся действующее значение тока ОКЗ при использовании такого ДР снижается в 45 раз, его амплитуда составляет 460 мА.

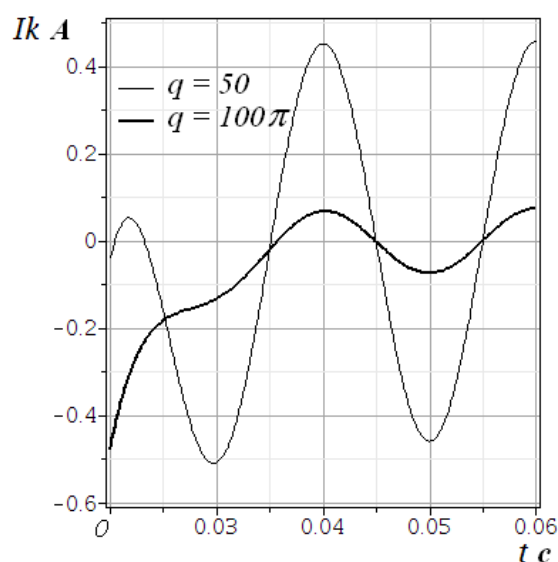


Рис.3. Осциллограммы тока ОКЗ при использовании в качестве индуктивного компонента ДР (тонкая линия) и предлагаемого управляемого источника тока (утолщённая линия)

Длительное прохождение такого тока может привести к повышению температуры того канала диэлектрика, по которому проходит ток ОКЗ, за чем может последовать тепловой пробой изоляции, с возникновением электрического дугового разряда. Таким образом, целесообразно найти способы дальнейшего снижения тока ОКЗ

4. Применение управляемого источника тока в качестве индуктивного компонента. В предлагаемом устройстве защиты от тока ОКЗ [3] в качестве СЭ использован управляемый источник переменного тока той же частоты, что и у источника напряжения, питающего защищаемую сеть. Этот источник можно выполнить в виде преобразователя, созданного на основе биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT). В БУ введён интегрирующий фильтр, входные зажимы которого подключены между нейтралью N и заземлителем. В качестве такого фильтра можно применять фильтры нижних частот первого или второго порядка. Выходные зажимы фильтра подключены к умножителю, в котором выходной сигнал фильтра умножается на задающий сигнал, пропорциональный суммарной ёмкости  $C_{\Sigma}$ . Благодаря указанным особенностям структуры предлагаемого ИК, ток СЭ подобен току ДР. При этом добротность СЭ можно увеличить, по сравнению с добротностью ДР, во много раз, что позволяет значительно уменьшить амплитуду установившегося тока ОКЗ.

На рисунке 3 утолщённой линией показана осциллограмма тока ОКЗ при использовании вместо ДР управляемого источника тока, который эквивалентен ДР, имеющему добротность  $q$ , равную  $100\pi$ . Амплитуда установившегося тока ОКЗ составляет 73 мА, что в 6,2 раза меньше, чем при использовании ДР, у которого добротность  $q$  равна 50. У предлагаемого устройства с управляемым источником тока имеются и другие достоинства по сравнению с ДР: ему не нужен электропривод с самотормозящимся редуктором; его можно значительно быстрее настроить на новое значение ёмкости  $C_{\Sigma}$ ; оно имеет значительно меньшую массу и практически бесшумно. Таким образом, Предлагаемое устройство защиты электрических сетей от токов ОКЗ позволяет устранить все перечисленные выше недостатки, присущие ДР различных конструкций.

#### Список литературы

1. Владимир Козлов. Дугогасящие реакторы в сетях среднего напряжения // Новости Электротехники. 2012. №2(74). – С. 50-52
2. Даниил Матвеев. Дугогасящие реакторы серии РУОМ // Новости Электротехники. 2012. №5(77). – С. 48-50.
3. Патент RU, 2537973. Устройство для ограничения тока однофазного короткого замыкания в электрической сети / Кувшинов Г.Е., Рыбалёв А.Н., Скобелев Д.П. // Бюл. 2015. № 1.
4. Черников А.А. Компенсация емкостных токов в сетях с незаземлённой нейтралью. – М.: Энергия, 1974. – 97 с.
5. Ширинская И.В. Комплекс оборудования для защиты сетей от однофазных замыканий на землю // ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2011. № 5. – С. 34-40

## СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА

Красковский М.В., Кувшинов Г.Е.

Дальневосточный федеральный университет, РФ, г.Владивосток

### Введение

Электротехнический комплекс для бесконтактной передачи электроэнергии на автономный необитаемый подводный аппарат (АНПА) представляет собой структуру, в которую входят элементы, образующие основные его блоки: автономный инвертор напряжения (АИН) с входным конденсатором, высокочастотный трансформатор (ВчТ) с разделёнными первичной и вторичной обмотками, выпрямитель, зарядное устройство и аккумуляторная батарея [1].

Передача электроэнергии осуществляется, когда первичная и вторичная обмотки трансформатора располагаются на максимально близком расстоянии друг относительно друга. Кроме того, для достижения максимального значения коэффициента связи между обмотками необходимо разместить их соосно.

Для расчёта трансформатора, как правило, используют его классическую схему замещения, в которой используются приведённые параметры первичной обмотки к вторичной, или – наоборот. В результате всегда нужно делать перерасчёт. Лишённая этого недостатка схема показана на Рисунке 1

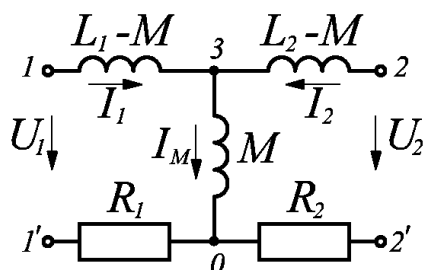


Рис.1. Т-образная схема замещения трансформатора

На этом рисунке приняты следующие обозначения:  $L_1, L_2$  – соответственно индуктивности первичной и вторичной обмоток ВчТ,  $M$  – взаимная индуктивность его обмоток. Эта схема получена на основании известной схемы замещения, не содержащей катушек со взаимной индуктивностью [2]. Изображённая на рисунке 1 Т-образная схема замещения трансформатора отличается от указанной известной схемы наличием двух резисторов:  $R_1$  и  $R_2$ , подключённых к узлу 0, и учитывающих резистивные сопротивления обмоток ВчТ.

Т-образная схема замещения трансформатора, обеспечивающая магнитную развязку исходной схемы, становится гальванически связанной: в ней концы обеих обмоток подключены к общему узлу 0. Одна из индуктивностей имеет отрицательное значение: у понижающего трансформатора ( $n_{21} < 1$ ) отрицательна индуктивность  $L_2 - M$ , а у повышающего ( $n_{21} > 1$ ) отрицательна индуктивность  $L_1 - M$ . Здесь  $n_{21}$  – коэффициент трансформации, равный отношению числа витков вторичной обмотки к числу витков первичной обмотки. Физически создать цепь с отрицательной индуктивностью невозможно, но программы схемотехнического моделирования, такие, как, например, Micro-Cap[3], могут работать с отрицательными значениями параметров элементов электрических цепей.

Наибольший интерес представляет схема замещения трансформатора, которая обеспечивает магнитную и электрическую развязку цепей его обмоток.

Схема замещения трансформатора, обеспечивающая магнитную и гальваническую развязку цепей его обмоток

Т-образная замещения трансформатора не может применяться, если имеются элементы, через которые осуществляется дополнительная, электрическая, связь между цепями обмоток трансформатора. Для того чтобы устранить это препятствие используется приём, показанный в [4]. В полученной с помощью этого приёма схеме отсутствует подключение зажимов обмоток к опорному узлу 0, но вместо одной ветви с проводимостью  $y_{12}$ , которой на рисунке 1 соответствует ветвь с взаимной индуктивностью  $M$ , вводятся шесть ветвей (Рисунок 2, а). У

четырёх из этих ветвей проводимости равны  $y_{12}$ , а у двух диагональных ветвей проводимости отрицательные, они составляют  $(-y_{12})$ . Разность потенциалов узлов 1 и 1'' равна напряжению источника  $u_{s1}$ .

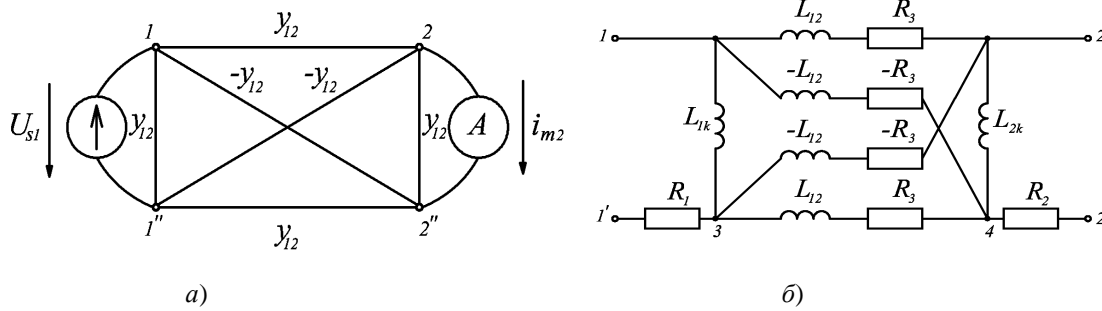


Рис.2. Ненаправленный граф (а) и схема замещения трансформатора с гальванической развязкой цепей первичной и вторичной обмоток (б)

В пригодности применения этого ненаправленного графа, можно убедиться, подключая по одному из зажимов первичной и вторичной обмоток к заземлённому узлу. Так, при подключении к узлу 0 узлов 1'' и 2'' узлы 1 и 1'', а также 2 и 2'' оказываются соединёнными двумя ветвями графа с проводимостями, имеющими одинаковое абсолютное значение. При этом одна из проводимостей положительная, а другая отрицательная. Тогда суммарная проводимость этих двух ветвей равна нулю. Это означает, что обе эти ветви отбрасываются, и получается граф, приведённый на Рисунке 2, а. В ней ток через амперметр определяется выражением:  $\dot{i}_{m2} = U_{s1} y_{12}$ . Нетрудно установить, что эта ситуация повторяется и такое же выражение для тока амперметра получается и при подключении к опорному узлу двух других узлов графа, изображённого на Рисунке 2, а, – 1 и 2. В этом случае действует напряжение источника, которое равно отрицательному значению напряжения  $u_{s1}$ . Ток через амперметр проходит против направления стрелки, поэтому этот ток нужно умножить на (-1) [4]. В итоге получилось прежнее выражение  $\dot{i}_{2,2''} = U_{s1} y_{12}$ . Этим же выражением описывается ток и при заземлении оставшихся пар зажимов двух обмоток: 1 и 2'', а также 1'' и 2.

Добавим к ненаправленному графу, показанному на Рисунке 2, а, ветви, проводимости которых  $g_1$  и  $g_2$  являются обратными величинами по отношению к сопротивлениям резисторов  $R_1$  и  $R_2$ , а также изображениям индуктивных сопротивлений  $sL_{10}$  и  $sL_{20}$ . В результате проводимости  $(sL_{10})^{-1}$  и  $y_{12}$ , с одной стороны графа, а также  $(sL_{20})^{-1}$  и  $y_{12}$ , с другой стороны графа, оказываются включёнными параллельно. Ничтожно малым активным сопротивлением резистора  $R_3$  вполне можно пренебречь. Тогда проводимость  $y_{12}$ , в этих двух случаях, становится равной  $(sL_{12})^{-1}$ . Параллельному включению индуктивностей  $L_{10}$  и  $L_{12}$  соответствует индуктивность  $L_{1k}$ , а параллельному включению индуктивностей  $L_{10}$  и  $L_{12}$  – индуктивность  $L_{2k}$ :

$$L_{1k} = \frac{L_{10} L_{12}}{L_{10} + L_{12}} = L_1 - \frac{M^2}{L_2}, \quad L_{2k} = \frac{L_{20} L_{12}}{L_{20} + L_{12}} = L_2 - \frac{M^2}{L_1}, \quad (2.5)$$

где  $L_{1k}$  – индуктивность, которая определяет ток первичной обмотки трансформатора при коротком замыкании зажимов его вторичной обмотки, а  $L_{2k}$  – индуктивность, которая определяет ток вторичной обмотки трансформатора при коротком замыкании зажимов его первичной обмотки.

Индуктивностям  $L_{1k}$  и  $L_{2k}$  соответствуют индуктивные проводимости, выраженные с помощью преобразования Лапласа [5]:

$$b_{13} = \frac{1}{sL_{1k}}, \quad b_{24} = \frac{1}{sL_{2k}}. \quad (2.6)$$

Ветви полученного графа, после замены их проводимостей условными обозначениями электрических элементов, составляют показанную на Рисунке 2, б схему замещения трансформатора, в которой цепи его обмоток не имеют ни магнитной, ни гальванической связи.

Признаком того, что электрическая цепь имеет две изолированные части, является равенство нулю определителя графа. Наиболее простую структуру, для рассматриваемой схемы замещения, имеет неопределённый граф, когда к зажимам первичной обмотки подключён источник напряжения, а вторичная обмотка замкнута на амперметр с бесконечно малым сопротивлением. Такой граф, который соответствует схеме замещения, показанной на Рисунке 2, б, изображён на Рисунке 3, а. После замены упомянутого источника напряжения и амперметра их внутренними сопротивлениями, получается ненаправленный граф, показанный на Рисунке 3, б.

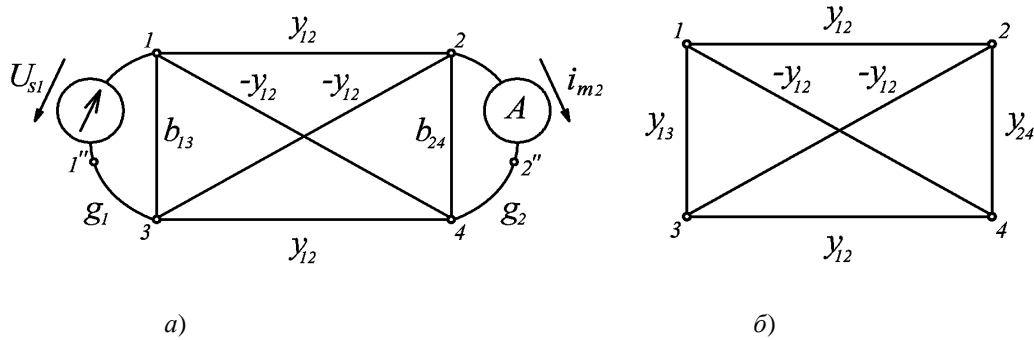


Рис.3. Исходный граф для схемы замещения трансформатора с гальванической развязкой цепей первичной и вторичной обмоток (а) и граф для расчёта его определителя (б)

Проводимости  $y_{13}$  и  $y_{24}$  определяются суммами индуктивных и активных проводимостей:

$$y_{13} = b_{13} + g_1, y_{24} = b_{24} + g_2. \quad (2.7)$$

Найдём определитель этого графа путём разложения его на пути между двумя заданными узлами [4]. Выберем узлы 2 и 4. Первый путь между ними проходит по узлам одной ветви, подключённой к этим узлам. Величина этого пути (произведение проводимостей ветвей)  $P_1 = y_{13}$ . После прохождения этого пути оказались совмещёнными узлы 1 и 3. При этом совмещённый узел стал связанным с узлом 1 двумя ветвями с проводимостями  $y_{12}$  и  $(-y_{12})$ . Их суммарная проводимость равна нулю. Аналогичный результат относится и к суммарной проводимости между совмещённым узлом и узлом 3. Таким образом, ветвь с проводимостью  $y_{24}$  оказывается изолированной от совмещённого узла. Следовательно, алгебраическое дополнение первого пути равно нулю [4],  $\Delta_1 = 0$ . Второй путь проходит последовательно через все узлы графа: 2, 4, 3 и 1. Следовательно, алгебраическое дополнение второго пути равно единице,  $\Delta_2 = 1$ . Величина этого пути:  $P_2 = y_{12} y_{24} y_{12} = y_{12}^2 y_{24}$ . Третий путь также проходит через все узлы, но в другом порядке: 2, 1, 3 и 4. Величина этого пути:  $P_3 = (-y_{12}) y_{24} (-y_{12}) = y_{12}^2 y_{24}$ . Она такая же, как и у второго пути. И алгебраическое дополнение третьего пути также равно единице,  $\Delta_3 = 1$ . Четвёртый путь проходит через три узла: 2, 1 и 4. Для него  $P_4 = y_{12} (-y_{12}) = -y_{12}^2$ . Узел, полученный при совмещении узлов 2, 1 и 4, связан с узлом 4 ветвью, в которую параллельно включены три ветви с проводимостями:  $y_{12}$ ,  $(-y_{12})$  и  $y_{24}$ . Следовательно,  $\Delta_4 = y_{24}$ . Наконец, у пятого пути, который последовательно проходит через узлы 2, 3 и 4, и величина пути и его алгебраическое дополнение такие же, как у четвёртого пути:  $P_5 = (-y_{12}) y_{12} = -y_{12}^2$ ,  $\Delta_5 = y_{24}$ .

Определитель графа находится по формуле [3, 4]:  $\Delta = \sum_{k=1}^5 P_k \Delta_k$ . Подставив в эту формулу

соответствующие величины, получаем, что определитель  $\Delta$  равен нулю. Этот результат доказывает, что предложенная схема замещения ВчТ обеспечивает гальваническую развязку обмоток трансформатора. Эта схема близка к рассмотренным в [4], но обладает более простой топологией. Известные схемы замещения разработаны для идеального трансформатора с индуктивностью рассеяния одной из обмоток, подключённой к одному из зажимов этой обмотки. В эти схемы замещения входят 10 ветвей, а в предложенную схему (Рисунок 2, б) – восемь.

В графе, показанном на рисунке 3, а, имеются два пути передачи. Первый путь проходит через узлы: 1, 2, 2', 4, 3, 1'. Величина этого пути равна  $P'_1 = y_{12} g_2 y_{12} g_1$ . Второй путь проходит через узлы: 1, 4, 2', 2, 3, 1'. Он проходит против стрелки Указывающей, принятое положительное направление тока  $i_{m2}$ , измеряемого амперметром. Поэтому принимается отрицательный знак величины этого пути  $P'_2 = -(-y_{12}) g_2 (-y_{12}) g_1 = -y_{12}^2 g_1 g_2$ . Видно, что величина второго пути равна величине первого пути, взятой с обратным знаком. Оба пути передачи проходят по всем узлам графа, поэтому их алгебраические дополнения и равны единице.

Ток  $i_{m2}$ , проходящий через амперметр, находится с помощью топологического закона передачи [3, 4]:

$$i_{m2} = u_{s1} \frac{\sum_{j=1}^2 P'_j \Delta'_j}{\Delta}. \quad (2.8)$$

Это выражение не позволяет определить ток амперметра, так как и числитель, и знаменатель этого выражения равны нулю, что свидетельствует о наличии неопределённости вида  $\frac{0}{0}$ . Если цепи первичной и

вторичной обмоток трансформатора не имеют гальванической связи, то указанное затруднение можно устранить путём искусственного введения такой связи. С этой целью при моделировании в программе Micro-Cap цепей, содержащих трансформатор, рекомендуется соединять один из зажимов первичной обмотки с одним из зажимов вторичной обмотки через дополнительный резистор, имеющий минимальную проводимость  $G_{min}$ [3]. Сопротивление этого резистора равно  $10^{12}$  Ом. Предлагается вместо указанного усложнения схемы замещения в том случае, когда цепи первичной и вторичной обмоток трансформатора не имеют гальванической связи, применять другую, значительно более простую, Т-образную схему замещения трансформатора. (Результаты нашего исследования предложенной схемы замещения трансформатора с магнитной и гальванической развязкой цепей первичной и вторичной обмоток показали, что программа Micro-Cap 10 способна работать с моделью этой системы при моделировании одиночного трансформатора, даже без введения упомянутого дополнительного резистора.)

#### Заключение

В докладе рассмотрены схемы замещения трансформатора, отличные от общепринятого классического варианта. Так, Т-образная схема позволяет моделировать трансформатор, не пересчитывая его параметры. Схема замещения трансформатора, обеспечивающая магнитную и гальваническую развязку цепей его обмоток применяется только в том случае, когда цепи первичной и вторичной обмоток дополнительно связаны каким-либо электрическим элементом или совокупностью таких элементов. В частности, появляется возможность анализировать цепи, содержащие несколько трансформаторов. При этом как первичные, так и вторичные обмотки трансформаторов можно включать параллельно или последовательно.

#### Список литературы

1. Герасимов В.А., Кувшинов Г.Е., Фложенко А.Ю., Чепурин П.И. Исследование режимов работы системы энергообеспечения автономного необитаемого подводного аппарата с бесконтактной передачей электроэнергии // Подводные исследования и робототехника. 2013. № 2. С. 24-32.
2. Электротехнический справочник: в 3 Т. Т1. Общие вопросы. Электротехнические материалы / Под общ. Ред. профессоров МЭИ. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 488 с.
3. Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap 8. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 464 с
4. Топологические методы анализа в электротехнике и автоматике: учеб. пособие для вузов // Г.Н. Герасимова, Г.Е. Кувшинов, Л.А. Наумов, В.К. Усольцев. Владивосток: Дальнаука, 2001. 232 с.
5. Дёч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа. – М.: Наука, 1965. – 288 с.

## **СЕКЦИЯ №16.**

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

#### **ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ОАО «ОРЕНБУРГСКИЙ КОМБИКОРМОВЫЙ ЗАВОД»**

**Шулаев С.В., Степанова И.А.**

ОГУ, РФ, г.Оренбург

Любая промышленность требует продуктивного использования ресурсов, качественной и количественной работы сотрудников, эффективной системы управления персоналом и тщательного контроля за каждым процессом производства. Так же одной из важнейшей составляющей развития и деятельности предприятия является экологическая безопасность. Экологическая безопасность производства - одно из важных требований современной жизни. Она играет немаловажную роль не только в уменьшении негативного воздействия на окружающую среду и человека, но и в конкурентоспособности российской промышленности на мировом рынке.

Оренбургская область занимает лидирующее место по производству растениеводческой и животноводческой продукции. По объему валовой сельхозпродукции Оренбуржье занимает 14 место по России, а по показателям валового зернового сбора - одно из первых в Приволжском федеральном округе. Около 70% всех посевных площадей области засевают зерновыми культурами. Это такие злаковые как: пшеница, рожь, ячмень и овёс, гречиха, просо, а так же соя и подсолнечник.

По данным регионального министерства сельского хозяйства на ноябрь 2015 года в области намолочено и произведено около 2,2 млн зернобобовых и зерновых культур. Также, стоит заметить, что валовый сбор зерна в 2014 году составил порядка 2,5 млн. тонн. Это на 24% больше, чем в 2013 году [3].

Высокие и стабильные урожаи зерновых способствуют благоприятному развитию такой отрасли пищевой промышленности, как комбикормовое производство.

Основным и наиболее крупным производителем комбикормов в Оренбургской области является предприятие ОАО «Оренбургский комбикормовый завод». Предприятие введено в эксплуатацию в 1929 году и действует более 80 лет. Это был первый в СССР крупный комбикормовый завод с проектной мощностью 300 т/сут [2].

В ходе данной работы мы проанализировали всю экологическую документацию и экономическую деятельность предприятия.

По статистическим данным Оренбургского комбикормового завода за 2015 год объём производства составил порядка 90-100 тыс. тонн комбикорма различного вида. То есть около 7-9 тыс. тонн/месяц в соответствии с потребностями закупщиков. Из многочисленных видов комбикормов, большим спросом пользуются птице-бройлерные корма, что составляет 80% от общего объема продаж, далее по убывающей идут комбикорма для крупного и мелкого рогатого скота, свиней, а так же для рыб, лошадей, кроликов и многих других животных (Диаграмма 1).

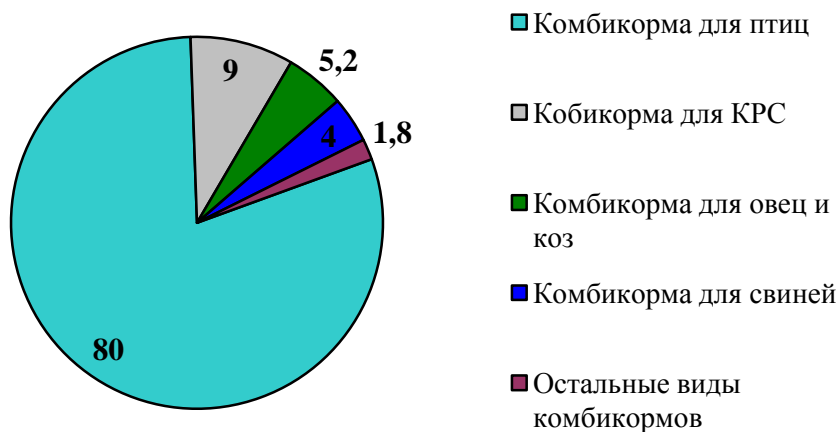


Диаграмма 1. Структура производства комбикормов на предприятии ОАО «Оренбургский комбикормовый завод» за 2015 год, %.

Детально изучены основные технико-экономические характеристики оборудования, транспортирующие механизмы, технологические процессы и схемы выработки комбикормов.

В ходе исследования технических паспортов было выявлено достаточно большое количество современного технологического оборудования, отвечающие всем требованиям экологической безопасности. Так же, стоит заметить, в 2011 году была проведена комплексная модернизация завода с установкой современной производственной линии мощностью 30 тонн/час.

Прежде всего, это оборудование обеспечивающее:

- движение сырья (нории НЦГ, винтовые конвейеры КСТ; транспортеры цепные реверсивные, оперативные бункера);
- обеспыливание процесса (фильтры-циклоны, циклоны, всасывающие рукавные фильтры, локальные фильтры, вентиляторы);
- очистку сырья (бураты, магнитные колонки, сепараторы);
- гранулирование продукта (пресс-грануляторы, питатели, смесители, кондиционер длительной выдержки);
- движение продукта (винтовые конвейеры, цепные конвейеры, нории НЦ).

Тем не менее, наряду с новым оснащением, выявлены и устаревшие модели, которые составили почти 10% от общего количества оборудования. Так, при анализе склада мучнистого сырья обнаружено большое количество цепных реверсивных транспортёров советского и югославского производства 1976 и 1973 годов выпуска. Равным образом это относится и к всасывающему рукавному фильтру марки Г4-1БФМ 1986 года выпуска. Расположение устаревших транспортёров и фильтра показаны на схеме (Рисунок 1) в красном и синем контуре соответственно.

Доля устаревшего транспортирующего оборудования на предприятии ОАО «Оренбургский комбикормовый завод» составляет порядка 25%. Это довольно высокий показатель, учитывая максимальную производительность по зерну (100 тонн/ч) и мощность транспортёров (до 22 кВт), что проявляется в высоких энергозатратах на технологические процессы производства.

Если исходить из данных департамента Оренбургской области по ценам и регулированию тарифов при подсчете затрат на электроэнергию, используемой устаревшим транспортером производительностью 100 тонн/ч и мощностью 22 кВт, то предприятие тратит на обслуживание одного такого оборудования в среднем 94321,92 руб./год. При этом современный, с аналогичной производительностью транспортер, мощностью 18 кВт будет обходиться предприятию в 77172 руб./год. Порядка 17 тыс. рублей или 18% затрат на энергообеспечение одного транспортера будет сохранено и в дальнейшем может быть использовано для улучшения продуктивности предприятия [1].



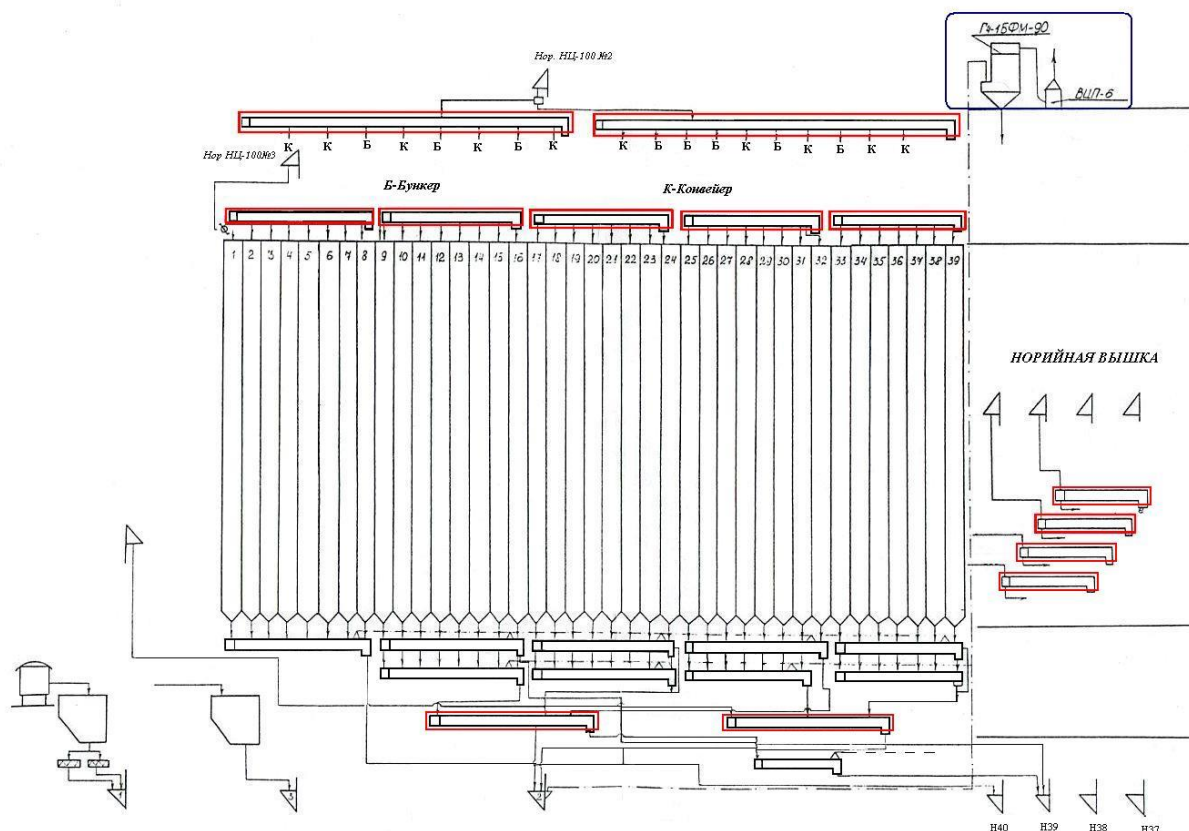


Рис.1. Технологическая схема склада мучнистого сырья ОАО «Оренбургского комбикормового завода».

Что касается тканевых фильтров Г4-1БФМ, то они имеют достаточно высокую эффективность улавливания взвешенных частиц (97-98%). Однако, они имеют значительные габариты, требуют высококвалифицированного обслуживания и, вдобавок, возникают трудности их эксплуатации в длительном периоде из-за отсутствия возможности приобретения запасных частей в связи с прекращением серийного выпуска этих фильтров. Недостатками данных аппаратов являются также подсос воздуха до 15% от полезной воздушной нагрузки, низкая скорость фильтрации и неудовлетворительная работа встряхивающего механизма рукавов, что приводит к быстрому их выходу из строя. Качество очистки пылевоздушной смеси в тканевых фильтрах зависит от применяемой ткани, исправности рукавов и плотности их крепления.

На сегодняшний день существует довольно большое количество оборудования для движения сырья и обеспыливания процессов производства, которое можно рассматривать в качестве усовершенствованного аналога устаревшим моделям, это:

- а) фильтры типа РЦИЭ (рукавно-циклонные с импульсной продувкой и электронным прибором управления) сочетающие в себе принципы работы фильтра и циклона, эффективность очистки воздуха которых достигает 99,9%;
- б) вихревые инерционные аппараты на встречных закрученных потоках с большим разнообразием в конструктивном исполнении (вихревой инерционный пылеуловитель), который предназначен для высокоэффективного улавливания мелкодисперсной пыли в выбросах от различных промышленных объектов;
- в) усовершенствованные модели фильтра шкафного типа, применяемые в различных отраслях промышленности для защиты окружающей среды от загрязнения, уменьшения потерь производимого продукта и создания нормальных условий труда в рабочих зонах в соответствии с требованиями ПДК;
- г) различные виды цепных транспортеров, с улучшенными технологическими характеристиками и в частности, такими показателями как производительность и мощность.

Закупка нового, высококачественного, экономически выгодного и менее затратного в обслуживании производственного оборудования главным образом влияет на экологическую безопасность, высокую эффективность работы, а следовательно и способствует увеличению прибыли предприятия.

Увеличение эффективности работы актуально, так как ОАО «Оренбургский комбикормовый завод» ведёт сотрудничество не только с многочисленными российскими производителями сельскохозяйственной продукции, но и с зарубежными компаниями. Так, в Казахстан поставки Оренбургского комбикорма осуществляются уже на

протяжении нескольких лет, а за последний год объём их увеличился в 2 раза - с 250 до 500 тонн с 2014 по 2015 год соответственно. Кроме того, предприятие налаживает новые партнерские и торговые связи. В ближайшей перспективе у ОАО «Оренбургского комбикормового завода» планируется выход на рынки сельского хозяйства таких областей и республик как Челябинская, Башкортостана, Татарстана, а также новые сотрудничества с рядом казахстанских организаций и предприятий.

#### Список литературы

1. Приказ департамента Оренбургской области по ценам и регулированию тарифов от 23.12.2015 года №173-э/э.
2. Проект нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для предприятия ОАО «Оренбургский комбикормовый завод». г.Оренбург 2013г.
3. Статистический ежегодник Оренбургской области. 2015г.
4. Технологический регламент производства комбикормов для сельскохозяйственной птицы ОАО «Оренбургский комбикормовый завод», 2014г.

#### 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)

#### ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕМ НА ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Мельник В.В., Карпенко М.С.

Горный институт ФГАОУ ВПО «НИТУ «МИСиС», г.Москва

В настоящее время на горнопромышленных предприятиях России сохраняется высокая доля энергозатрат в себестоимости продукции. На государственном уровне поставлена задача поэтапного повышения энергоэффективности горного производства.

Вопросы организации энергосбережения в горной отрасли приобретают все большее значение, поэтому представляется актуальной задача формирования организационного механизма управления энергосбережением, т.е. системы организационных принципов, методов и инструментов, обеспечивающих достижение эффективного управления энергопотреблением на горнопромышленных предприятиях.

Основные сдерживающие факторы совершенствования организации энергосбережения и предлагаемые пути их решения приведены в Табл.1

Таблица 1

Сдерживающие факторы совершенствования организации энергосбережения и пути их решения

Факторы	Пути решения
Высокозатратные энергообследования и программы энергосбережения	Формирование программы энергосбережения на основе комплексного подхода и оптимизации затрат
Большая роль человеческого фактора и мотивации при реализации проектов энергосбережения	Оценка уровня и управление мотивацией на основе концепции человеческого капитала
Высокая степень рисков при реализации энергосберегающих проектов	Учёт и оценка степени рисков энергосбережения

Отсутствие эффективной системы организации энергосбережения	Применение проектно-процессного подхода на основе идентификации процессов энергосбережения и их интеграции в системе бизнес-процессов предприятия
---	---

Предлагается методика формирования программ энергосбережения, включающая [1]:

- оптимизацию затрат на проведение энергетических обследований и реализацию мероприятий по энергосбережению, разработку обобщенного алгоритма и частных случаев моделей и алгоритмов оптимизации;
- комплексный перечень факторов, в том числе учитывающих специфику энергосберегающих мероприятий на горных предприятиях, в частности, их разделение на организационные, специальные и сопутствующие, последовательность выполнения, факторы риска и другие.

Расчётный экономический эффект достигается как за счёт снижения затрат путем оптимизации программы энергосбережения, так и за счёт создания эффективного организационного механизма для формирования программ.

Одним из ключевых организационных аспектов энергосбережения является мотивация персонала. С целью повышения эффективности и комплексного решения задачи мотивации предлагается использование методов концепции человеческого капитала, которые представляют широкий спектр инструментов в области управления и мотивации персонала. Также были обоснованы факторы человеческого капитала с позиций улучшения организации энергосбережения.

Проведенные исследования методом экспертных оценок степени влияния факторов человеческого капитала на уровень мотивации энергосбережения для различных категорий персонала горного предприятия показали, что наиболее высокие оценки в среднем по всем факторам у энергоменеджеров, поскольку именно они теснее всех связаны с реализацией программы энергосбережения. Также высокие оценки у руководства, менеджеров подразделений и ключевого персонала, эти категории персонала оказывают наибольшее влияние на энергопотребление и энергосбережение.

Первостепенное значение приобретает поддержка руководством (собственниками предприятия) политики энергосбережения (фактор влияния на энергосбережение).

Данные результаты могут быть использованы для совершенствования кадровой политики путём учёта факторов мотивации энергосбережения при управлении персоналом на горнопромышленных предприятиях.

Организационный механизм управления энергосбережением на горном предприятии целесообразно разрабатывать на основе сочетания проектного и процессного подходов, используя подпроцессы энергосбережения и сформулированные требования к их описанию (Рисунок 1).

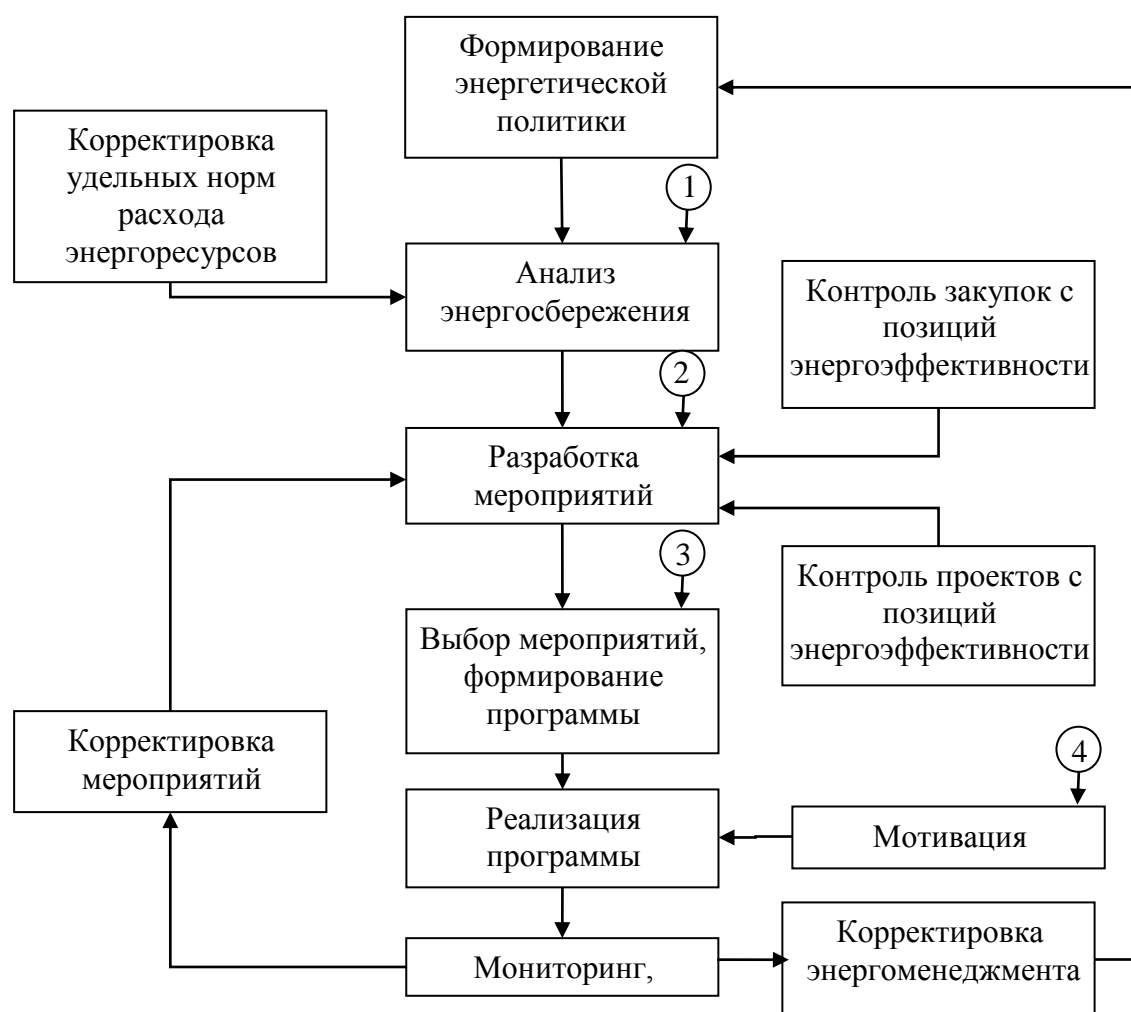


Рис.1. Схема организационного механизма управления энергосбережением на горнопромышленном предприятии

Методическое обеспечение для формирования организационного механизма управления энергосбережением на горнопромышленных предприятиях включает:

- перечень подпроцессов энергосберегающего производства, учитывающих специфику горного производства и положения Международного стандарта ИСО 50001 «Энергетический менеджмент» (Табл.2) и требования к их описанию;

Таблица. 2

Соответствие подпроцессов энергосбережения элементам стандарта ИСО 50001 «Энергетический менеджмент»

Элементы Международного стандарта ИСО 50001	Подпроцессы энергосбережения на горнопромышленных предприятиях, учитывающие элементы ИСО 50001
Энергетическая политика	Формирование энергетической политики
Планирование	Анализ энергопотребления и энергосбережения. Разработка энергосберегающих мероприятий. Выбор и планирование энергосберегающих мероприятий Контроль закупки оборудования Контроль проектных работ

Внедрение и эксплуатация	Реализация энергосберегающих мероприятий Мотивация и культура энергопотребления
Проверка и корректирующие действия	Контроль и мониторинг выполнения плана энергосбережения Корректировка удельных норм расхода энергоресурсов Корректировка мероприятий Корректировка энергоменеджмента
Контроль и измерения	Анализ энергопотребления и энергосбережения. Контроль и мониторинг выполнения плана энергосбережения Контроль закупки оборудования Контроль проектных работ
Корректирующие и предупреждающие действия	Корректировка удельных норм расхода энергоресурсов Корректировка мероприятий Корректировка энергоменеджмента
Внутренний аудит	Корректировка энергоменеджмента
Анализ менеджмента	Формирование энергетической политики Корректировка энергоменеджмента

- схему системы организации энергосбережения на горнопромышленных предприятиях, выполненную в графической нотации методологии функционального моделирования IDEF0;

- схемы подпроцессов энергосбережения;

- схему взаимодействия подпроцессов энергосбережения с основными производственными процессами предприятия.

Специфики горного производства учитывается следующим образом:

- процессы планирования, реализации и контроля энергосберегающих мероприятий на горном предприятии непосредственно связаны, как правило, с процессом производства;

- процессы контроля закупок, проектов и корректировкой удельных норм непосредственно связаны разработкой проектов технического перевооружения, реконструкции, нового строительства с учётом энергоэффективности и применения соответствующего оборудования, материалов и технологий, а также с нормированием энергопотребления на производстве, которое является ключевым вопросом энергосбережения.

Схему управления энергосбережением на горнопромышленном предприятии дополняют подпроцессы, позволяющие повысить его эффективность (см. Рисунок 1):

1. Подпроцесс оптимизации затрат на проведение энергообследований.

2. Подпроцесс технико-экономических обоснований энергосберегающих мероприятий с учетом фактора риска.

3. Подпроцесс оптимизации затрат на реализацию программы энергосбережения.

4. Подпроцесс оценки уровня мотивации энергосбережения.

Предложенные рекомендации позволяют повысить эффективность системы организации энергосбережения за счет совершенствования элементов проектов и процессов, структуры управления и использования лучших практик реализации стандарта ИСО 50001 «Энергетический менеджмент».

#### Список литературы

1. Рожков А.А., Карпенко М.С. Управление энергосбережением на углепромышленных предприятиях на основе проектно-процессного подхода. // Уголь, 2015. - №10. С. 54-59.

# ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ИНЖИНИРИНГА ТРЕБОВАНИЙ К АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ СИСТЕМАМ

**Зимина Е.Ю.**

НИУ ВШЭ, РФ, г.Москва

Аннотация.

В работе рассматриваются основные принципы инжиниринга требований к ответственным автоматизированным системам соответственно международному стандарту инжиниринга требований [1].

Введение.

Основные принципы инжиниринга требований определены в стандарте ISO 29148 [1]. Руководствуясь положениями указанного стандарта можно организовать работу с требованиями к автоматизированным системам и их программному обеспечению на протяжении всего жизненного цикла.

Под жизненным циклом системы понимается период от формирования замысла (концепции) до снятия с эксплуатации данной системы. Под требованием к автоматизированной системе понимается утверждение, которое идентифицирует эксплуатационные и функциональные параметры, характеристики или ограничения проектирования продукта или процесса, которое однозначно, проверяемо и измеримо. Требования необходимы для приемки продукта или процесса потребителем.

Требования делятся на функциональные и нефункциональные. Под функциональными требованиями понимаются требования к функциям системы в целом. В свою очередь нефункциональные требования содержат в себе спецификации, которые непосредственно не относятся к функциям, выполняемым системой, но имеют значение для эксплуатации и сопровождения данной автоматизированной системы.

В настоящей работе рассматривается применение основных принципов инжиниринга требований в жизненном цикле разработки программного обеспечения АС представленном в виде V-модели.

Целью данного исследования была поставлена выработка методических подходов применения положений инжиниринга требований на различных стадиях жизненного цикла автоматизированных систем, описанных V-моделью.

На основе поставленной цели были выделены следующие задачи:

- Изучение процесса формирования требований к разрабатываемой системе соответственно ISO/IEC/IEEE 29148:2011;
- Выработка типовых решений к процессам инжиниринга требований к автоматизированным системам;
- Определение процессов инжиниринга требований на различных стадиях жизненного цикла автоматизированных систем, описанных V-моделью.

Решение.

На Рисунке 1 наглядно показан процесс возникновения требований к разрабатываемой системе. Первоначально требования зарождаются во внешней среде организации, далее они формируются уже на следующем этапе стейкхолдерами, функциональными заказчиками (stakeholders). И только на уровне бизнес-операций формируется конечный вид требований к автоматизированной системе.

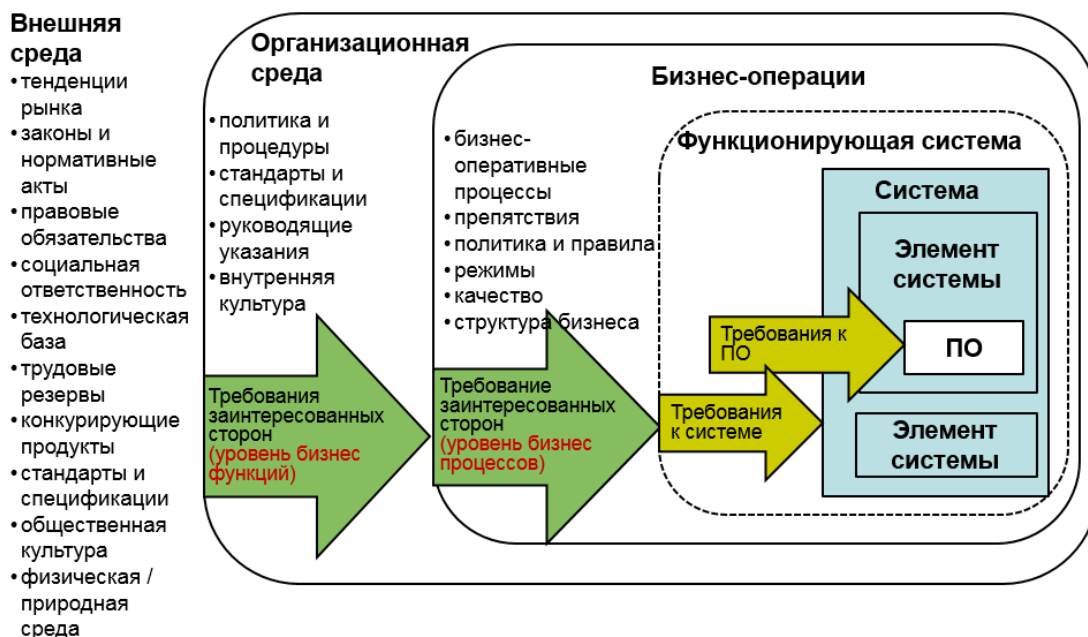


Рис.1. Схема соответствия областей системы и соответствующих им требований.

Следующим этапом работы является определение типизации требований к автоматизированным системам. На Рисунке 2 представлена схема уровней требований и соответствующих им зон ответственностей.

<b>Уровень 1</b>	<b>Требования к бизнес-процессу</b>	<b>Зона ответственности Функционального Заказчика</b>
<b>Уровень 2</b>	<b>Требования к автоматизации бизнес-процесса</b>	<b>Зона ответственности Заказчика</b>
<b>Уровень 3</b>	<b>Требования к реализации и контролю качества ППО АС</b>	<b>Зона ответственности Службы сопровождения</b>

Рис.2. Уровни требований.

Далее в данной работе рассматривается соотнесение этапов разработки программного обеспечения автоматизированной системы и функциональных и нефункциональных требований, которые представлены на Рисунке 3 [2]. Под функциональными требованиями понимаются требования к функциям системы в целом. Нефункциональные требования содержат в себе спецификации, которые непосредственно не относятся к функциям, выполняемым системой, но имеют значение для эксплуатации и сопровождения данной автоматизированной системы.

Далее было проведено сравнение моделей разработки программного обеспечение, которое представлено на Рисунке 3.

	Итеративная	Спиральная	Каскадная	V-модель	Agile
Совместимость с большими проектами	+	+	+	+	-
Совместимость с малыми проектами	+	-	+	+	+
Наличие обратных связей между этапами	+	+	-	-	-
Быстрое получение результата	-	+	-	-	+
Четкие стадии	+	-	+	+	+
Минимальность рисков	-	+	-	+	-

Рис.3. Сравнение моделей разработки программного обеспечения.

Изучив описания различных моделей разработки были выделены следующие критерии сравнения:

1. Совместимость с большими и малыми проектами;
2. Наличие обратных связей между этапами;
3. Быстрое получение результата;
4. Четкие стадии;
5. И минимальность рисков.

Наиболее значимыми критериями выбора были выделены совместимость с большими и малыми проектами, а также минимальность рисков. Проанализировав полученную таблицу, была выбрана V-модель разработки программного обеспечения, так как, имея ряд незначительных недостатков, она является наиболее перспективной и подходящей для разработки автоматизированных систем.

Заключительным этапом данной работы является создание проецирования международного стандарта инжиниринга требований ISO 29148 на V-модель жизненного цикла, что и является результатом проделанного исследования.

На Рисунке 4 представлена доработанная V-модель, в которой были выделены зоны ответственности на каждом этапе разработки. Так же были вынесены соотношения левой части модели и правой с соответствующими им видами тестов.



Рис.4. V-модель.



Заключение.

В результате проделанной работы были выработаны методические подходы применения положений инжиниринга требований на различных стадиях жизненного цикла автоматизированных систем, описанных V-моделью.

#### Список литературы

1. ISO/IEC/IEEE 29148:2011. System and software engineering. Life cycle processes. Requirements engineering.
2. ISO/IEC/IEEE 15288:2015. Systems and software engineering. System life cycle processes.
3. ГОСТ 34.601-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. Москва: Изд-во стандартов, 1992.
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12.207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. Москва: Изд-во стандартов, 2012.
5. ГОСТ 34.603-92. Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем. Москва: Изд-во стандартов, 1993.

### СЕКЦИЯ №19.

#### НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)

### СЕКЦИЯ №20.

#### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)

#### ОПТИМИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОМПАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПА ЗАХМАНА И ПУТЕМ ПОСТРОЕНИЯ ЕЕ АРХИТЕКТУРЫ

<sup>1</sup>Беляева М.А., <sup>2</sup>Таненкова А.А., <sup>2</sup>Игнатъева Е.В.

<sup>1</sup>Доктор технических наук, профессор Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова

<sup>2</sup>Студенты 3 курса бакалавриата по направлению подготовки «Прикладная информатика»

Государственный Университет Управления

Цель работы.

Целью данной работы является построение архитектуры предприятия на примере транспортной компании “ТрансКонтейнер”, с использованием методологии “модель Захмана”, а также на ее основе и полученных результатов разработки рекомендаций по оптимизации функционирования компании

Для достижения цели был поставлен и решен ряд задач.

На базе разработанных методологий построения архитектуры предприятия (а именно, методология Захмана) авторами была проанализирована архитектура выбранной компании, на основе чего были предложены методы оптимизации деятельности компании, которые заключаются в уменьшении затрат и повышении эффективности и прибыли.

Транспортная компания “ТрансКонтейнер” работает на рынке услуг по грузоперевозкам вот уже целых 14 лет.

Для построения АП существует ряд методологий, имеющих свои преимущества и недостатки. В рамках данной работы будет рассмотрена Модель Захмана, которая представляется в виде таблицы, имеющей пять строк и шесть столбцов.

Первый уровень представляет контекст модели. На данной строке демонстрируется планирование бизнеса в целом (бизнес-модель).

Второй уровень необходим для определения ключевых и вспомогательных бизнес-процессов.

На третьем уровне бизнес-процессы описаны в терминах информационных систем, включая различные типы данных, правила их преобразования и обработки для выполнения определенных на уровне 2 бизнес-функций.

Четвертый уровень осуществляет привязку данных и операций над ними к выбранным технологиям реализации (выбор конкретной СУБД, или средств работы с неструктурированными данными, или объектно-ориентированной среды).

Пятый уровень характеризует детальную реализацию системы, включая конкретные модели оборудования, топологию сети, производителя и версию СУБД, средства разработки и собственно готовый программный код.

В соответствии с моделью Захмана на контекстном и концептуальном уровнях рассмотрения структуры компании, была получена следующая информация.

На Рисунке 1 представлен календарный план, выполненный в программе Microsoft Project 2010, в которой указаны названия задачи, сроки реализации, стоимости и даты выполнения (приведённой для примера), а также наименований человеческих ресурсов, задействованных в выполнении той или иной задачи, в программе представлена диаграмма Ганта, иллюстрирующая бизнес-процессы на временном отрезке. В результате анализа выявлено: в среднем весь процесс перевозки груза (от приема заявки до отчета о доставке) занимает 10 дней.

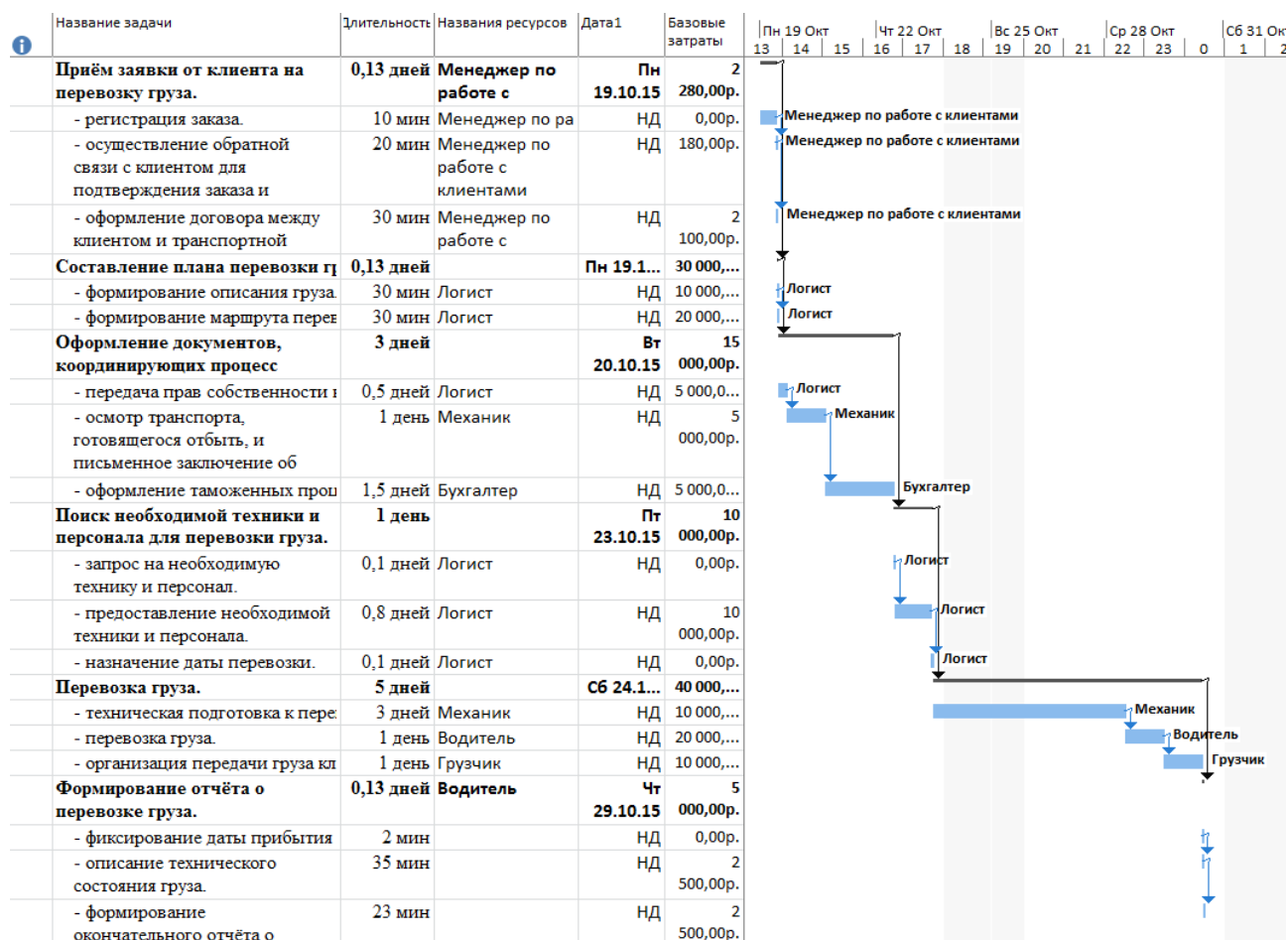


Рис.1. Календарный план в программе Microsoft Project 2010.

Были построены диаграммы с целью визуализации бизнес-процессов, происходящих в компании с использованием инструментальной среды Aris Express.

Бизнес-цели и стратегии компании (Рисунок 2): Миссия - эффективно содействовать бизнесу клиентов: быстро, надежно и комплексно решая их задачи по логистике и доставке грузов в контейнерах.

Стратегическая цель: рост капитализации компании за счет увеличения масштабов и эффективности бизнеса, получение прибыли [1, 2, 3].

Компания стремится использовать свои конкурентные преимущества для сохранения лидерских позиций на рынке, роста бизнеса и повышения его эффективности, а также дальнейшего развития услуг с высокой добавленной стоимостью.

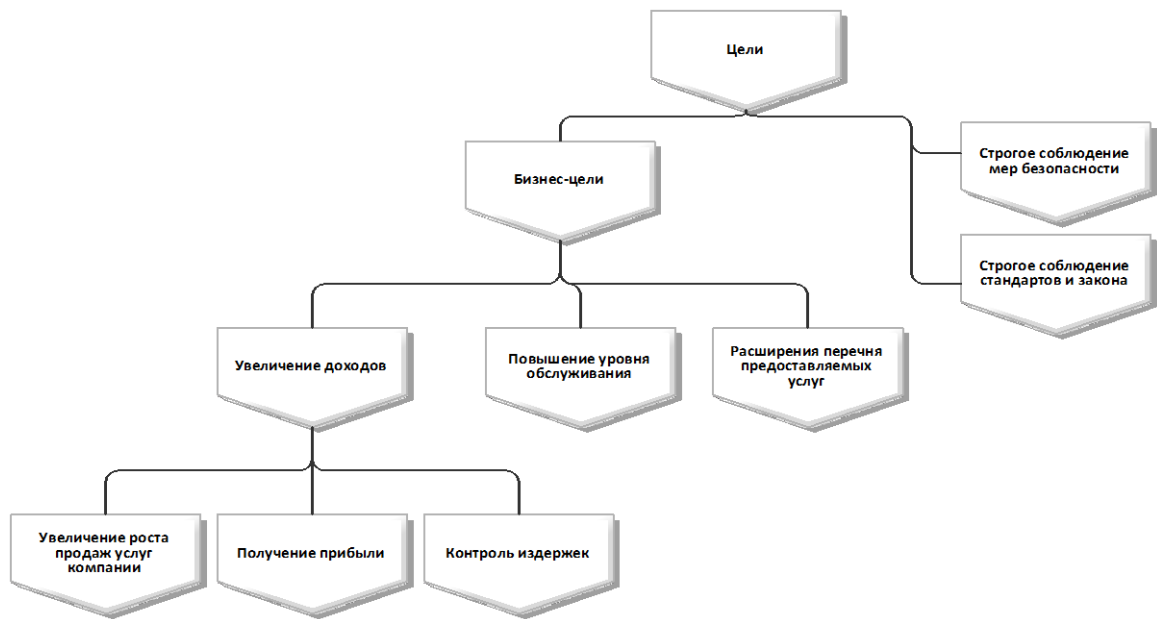


Рис.2. Диаграмма “Дерево целей”

В частности, была построена событийная цепочка, демонстрирующая все бизнес-процессы, происходящие в компании, их порядок, исполнителей и последовательность событий, ведущую за собой ряд определённых действий/операций. На Рисунке 3 представлена декомпозиция функции «Реализация заказа», а на Рисунке 4 детально описан бизнес-процесс.

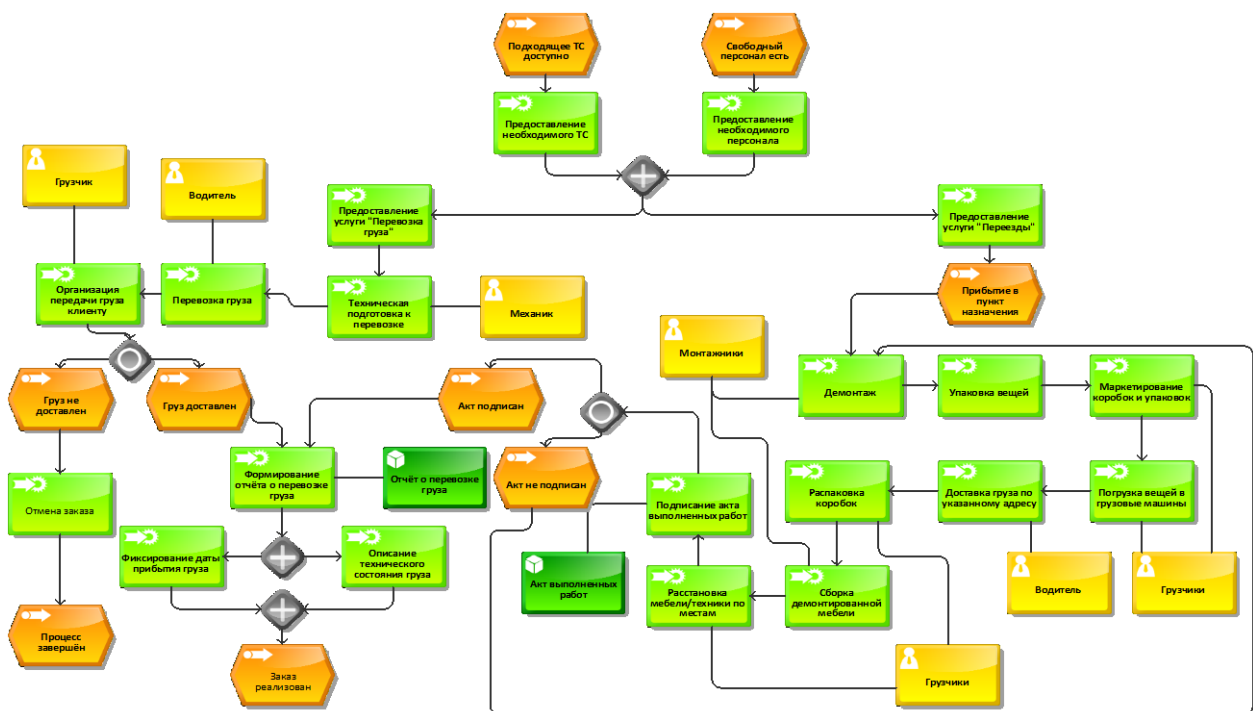


Рис.3. Диаграмма “Декомпозиция функции “Реализация заказа””

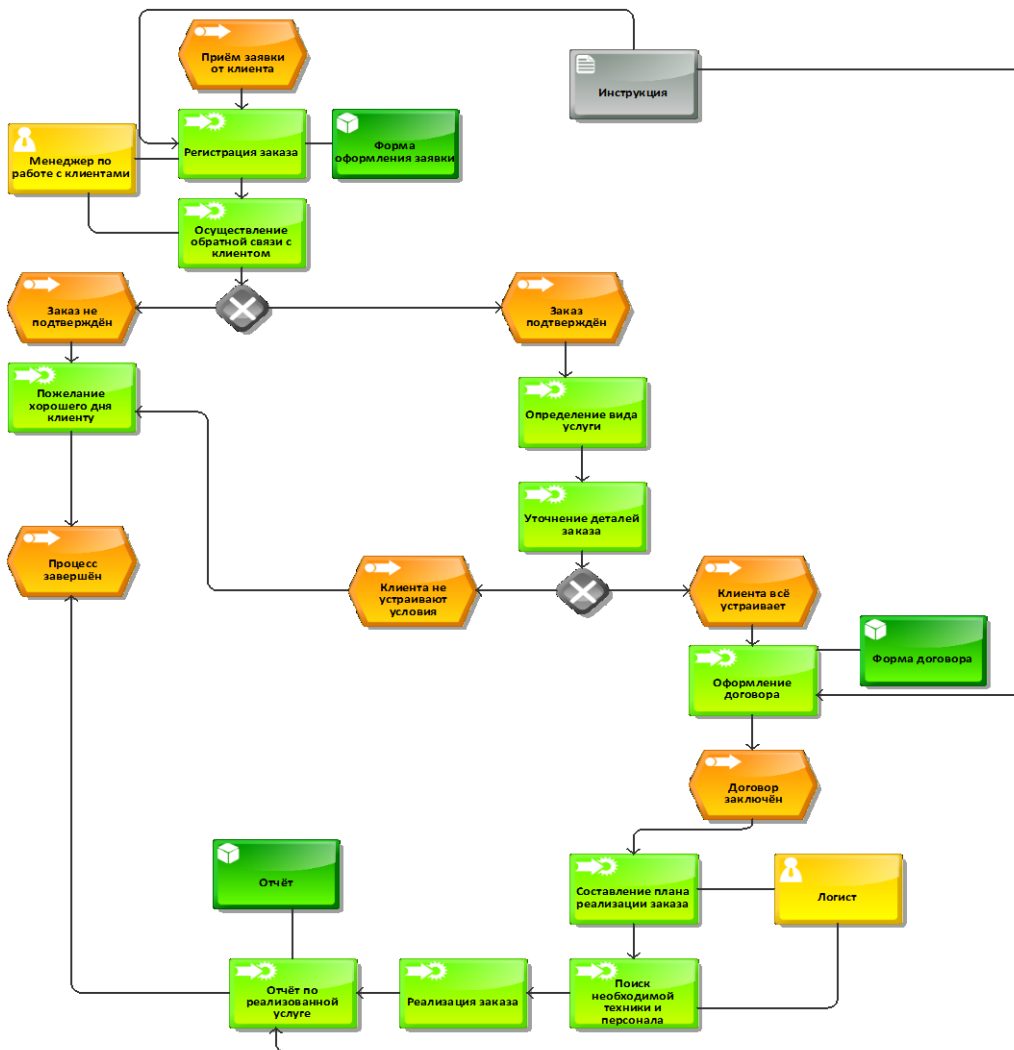


Рис.4. Диаграмма “Событийная цепочка БП “Реализация заказа””

Были разработаны “Цепочка добавленной стоимости” (Рисунок 5), созданная на основе календарного плана и «Дерево услуг» (Рисунок 6)



Рис.5. Диаграмма “Цепочка добавленной стоимости”

На последних уровнях согласно методологии Захмана, архитектором было выявлено, что наиболее оптимальным решением для высвобождения человеческих ресурсов, а соответственно, сокращения затрат и получения большей прибыли, является применение информационных систем [1,2,3].

Поскольку построение маршрутов грузоперевозок в компании происходит вручную, то первым шагом на пути к оптимизации деятельности компании служит применение географической ИС ОПТИМУМ ГИС.

Данная система призвана обеспечить более эффективную работу персонала. Это возможно за счет оптимизации маршрутов (учет цикличности посещений, графика работы клиента, новых объектов и зон посещения). Организация автоматического контроля за посещением объектов позволяет производить мониторинг реального движения выездного персонала.

По мнению архитектора, еще одним шагом к повышению эффективности работы «ТрансКонтейнер» служит расширение функционала уже существующих систем. Автоматизировав основные бизнес-процессы с помощью продукта компании 1С-Предприятие (а именно, "1С-Логистика: Управление перевозками"), можно добиться повышения рентабельности логистических операций.

После внедрения системы некоторые проблемы, с которыми сталкивалась компания в период деятельности на рынке, будут решены. Например, увеличенный пробег транспорта можно сократить посредством ввода алгоритмов оптимальной маршрутизации.

При интеграции этой системы с географической информационной системой ОПТИМУМ ГИС можно достичь наилучших результатов в борьбе за снижение затрат и увеличения прибыли.

**Заключение и выводы.**

В связи с ростом конкуренции перед компаниями стоят задачи поддержания конкурентоспособности на должном уровне. Для этого необходимо найти новые способы повышения эффективности и качества работы одновременно со снижением затрат.

Эту задачу можно решить путем построения архитектуры предприятия, выявить узкие места, проанализировать и принимать оптимальные управленческие решения во всех функциях компании и на всех уровнях, начиная от стратегического и заканчивая операционного уровня [2].

На основе глубокого анализа модели Захмана руководство получит ряд рекомендаций по снижению затрат и увеличению прибыли, при грамотном применении информационных систем компания повысит экономические показатели, тем самым сможет занять лидирующее положение как на отечественном рынке, так и выйти на международный уровень.

#### **Список литературы**

1. Беляева М.А. Моделирование систем. М.МГУП. в двух частях. 2012.
2. Беляева М.А. Системный анализ технологий и бизнес-процессов мясного производства М., «Пищевая промышленность», 2013, № 7.
3. Беляева М.А. Формирование мультимодельной системы для принятия оптимальных управленческих решений на предприятии: Тверь, «Программные продукты и системы», 2014. – № 2 (106), С. 181-187

## **РАБОТА И РАЗВИТИЕ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Альбекова З.М., Калашник Н.А., Кирпиченко В.А., Шадыев Б.М., Калиматов З.**

Северо-Кавказский федеральный университет, г.Ставрополь

В этой статье рассмотрены основные сложности, связанные с работой в области информационных технологий. Основное внимание уделено развитию информационных технологий, работе в этой сфере.

Ключевые слова: работа, сфера информационных технологий, развитие, проблемы внедрения.

С быстрым развитием IT-технологий на рынке появилась вполне объясняемая потребность в людях, специализирующихся на работе с информационными технологиями, таких как: системные администраторы, программисты, веб-дизайнеры и т.д., обслуживающие компьютерный мир. Люди таких профессий пользуются огромным спросом на рынке труда. Чтобы работать в сфере IT, как минимум, нужно:

- развитое логическое мышление;
- математическая подготовка;
- знание универсального языка компьютерного сообщества - английского
- знание компьютера и умение работать с ним;

В основном, практически всем научным достижениям в наше время мы обязаны коммерческому интересу. Изменились отношения между наукой и природой, природой и техникой.

Информационные технологии оказывают значительное влияние на все сферы. В наше время уже невозможно представить себе работу современных организаций без помощи компьютера, новых технологий и глобальной сети.

Ещё в начале 90-х гг. было отмечено, что конкурентная среда становится более динамичной, нарастает необходимость контроля над изменчивостью среды управления и маркетинга. Конкурентная среда становится всё масштабнее, появляются порой даже завышенные требования к обработке информации, необходимость «расфасовывать» информацию и работать над её качеством, это объясняет растущую необходимость внедрения новейших технологий и их развития. Для этого, многие компании вынуждены прибегать к помощи современных специалистов.

В информационной экономике происходит интеграция профессиональной и информационной деятельности, а также коренное изменение профессионального стиля. Ранее выдвигалась задача, и затем шло ее решение в течение длительного времени. Постановка задачи в режиме диалога и ее немедленное информационное обеспечение позволяет значительно сократить время, затраченное на решение задачи. Но самое главное – проявление обратной связи.

Реализация продукции в современной экономике также в значительной степени основывается на предоставлении и получении информации. Знания потребителя (заказчика), который умеет правильно использовать информационные технологии, добывая из них полезную информацию, не уступают, а иногда превосходят знания фирмы, предлагающей товар или услугу. Традиционная роль работника в торговой сфере, до сих пор ориентированная на предоставление покупателю новых идей, демонстрацию новых видов товаров и услуг, новых концепций и информации может уже в ближайшее время радикально измениться [1].

Чем более качественной информацией обладает человек в наше время, тем более широкий диапазон возможностей ему открывается, расширяя его перспективы, давая ему больше преимуществ, чем когда-либо. Для современного мира информация является ещё и экономическим ресурсом, без которого не увеличить своё состояние в современных реалиях.

Выгоды во владении современными информационными технологиями самые различные: успешное управление, метаморфоз и апгрейд процессов, разработка стратегий и т.д. тем не менее, не смотря на все положительные стороны, некоторые компании даже в наше время находят минусы во внедрении информационных технологий, объясняя это сложностью данного процесса и всеми вытекающими из этого. В связи с этим нужно думать не только о воплощении этой задачи, но ещё и о том, что не во всех организациях и предприятиях представляется такая возможность.

В век информационных технологий для наиболее крупных компаний не имеет значения разработка чего-то принципиально нового с целью производства фурора на рынке, а лишь создание чего-то, что даст начало новой отрасли промышленности. В этом случае, и только, компания сможет полагаться на снижение степени риска и приемлемый уровень издержек производства. Изменения в сферах, связанных с информационными технологиями и предпринимательством пророчат нам кардинальные изменения в жизни человечества в целом [4].

Целями государственной политики в области информационных технологий и связи являются повышение качества жизни граждан, развитие информационного общества, совершенствование системы государственного управления, обеспечение конкурентоспособности продукции и услуг в сфере информационных и телекоммуникационных технологий, совершенствование и популяризация услуг, доступных для населения в электронном виде.

Для максимально быстрого развития отрасли информационно-коммуникационных технологий приоритетной задачей является привлечение инвестиций. Одним из механизмов привлечения финансирования крупных проектов является подписание соглашений с крупными предприятиями федерального уровня о намерениях в сфере развития услуг связи и ИТ-технологий. Соглашения заключаются на долгосрочный период и отражают количественные показатели инвестиций. Другим вариантом привлечения инвестиций является создание ИТ-парка с последующим привлечением производителей программного обеспечения для открытия своих представительств и отделений на мощностях ИТ-парка и привлечения к их работе специалистов подготовленных учебными заведениями.

Помимо прямых инвестиций в область информационно-коммуникационных технологий необходимо задействовать механизм привлечения венчурного капитала для финансирования стартапов разработанных ИТ-компаниями. Для выполнения этой задачи необходимо будет максимально полно представлять новые и существующие проекты ИТ-компаний на всевозможных форумах.

### Список литературы

1. Информационные системы в экономике: Учебник / Под ред. Балдин К.В., Уткин В.Б. – Дашков и К - 2015 год;
2. Информационные технологии: учебное пособие / Под ред. Исаев Г.Н. Омега - Л - 2012 год;
3. Информационные системы и технологии. Экономика. Управление. Бизнес: учебное пособие / Под ред. Давыдова Т.Ю., Шелобаев С.И., Арсеньев Ю.Н. –Юнити-Дана - 2012 год;
4. Информационные технологии в профессиональной деятельности: учебное пособие / Под ред. Седышев В.В. - Изд-во УМЦ ЖДТ (Маршрут) - 2013 год.

## РАЗВИТИЕ МЕТОДА МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИС

Кириленко Д.А., Кириленко А.М.

46 ЦНИИ, РФ, г.Москва

В настоящее время во всем мире резко повысилось внимание к проблеме информационной безопасности. Требования к уровню защиты информационной системы определяется видом воздействия противника, его глубиной и интенсивностью.

В [2] приведено достаточно полное обоснование актуальности разработки метода математического анализа вероятностных характеристик элементов систем обеспечения информационной безопасности, в том числе для СИС.

Такой метод был предложен и описан нами ранее. Он позволяет оценить по известным характеристикам возмущающих факторов (ВФ) на входе элементов системы защиты (СЗ) и заданным параметрам элементов СЗ характеристики ВФ, прошедших через элемент СЗ, что позволит качественно оценить уровень защищенности СИС. Целью метода является постановка и решение основной задачи определения характеристик потока воздействий ВФ, прошедших через элемент СЗ. При этом, эволюция элемента СЗ описывается некоторым случайным процессом  $\xi(t)$  с фазовым пространством  $E$ .

На практике может представлять интерес распределение момента первого пропуска внешнего воздействия в стационарном случае. И в развитие указанного выше метода предлагается вариант поиска данного показателя.

Тогда  $P_0 = \frac{\lambda_p}{\lambda_p + \mu}$ ;  $P_1 = \frac{\lambda_p}{\lambda_p + \mu}$  и соответствующие распределения и математические ожидания вычисляются по формулам:

$$\bar{\Phi}(t) = \sum_{i=0}^1 p_i \bar{\Phi}_i(t); \quad M(t) = \sum_{i=0}^1 p_i M_i \quad (1)$$

Так как моменты пропуска ВФ являются марковскими, поток этих моментов является потоком восстановления с запаздыванием, у которого распределение первого интервала определяется равенством  $\bar{\Psi}_1(t) = 1 - \bar{\Phi}(t)$  в зависимости от начального распределения  $(P_0, P_1)$ , а распределение последующих интервалов определяется равенством  $\Psi(t) = 1 - \bar{\Phi}_0(t)$ , так как в этом случае начальные условия имеют вид  $P_0 = 1, P_1 = 0$ .

Прикладное значение имеет решение оптимизационной задачи. Пусть элемент СЗ имеет время безотказной работы  $\xi$  и  $F(x) = P(\xi < x)$ . При  $t = 0$ , когда элемент работоспособен, назначаем проведение плановой предупредительной профилактики через время  $\eta$ ,  $G(x) = P(\eta < x)$ . Если  $\xi > \eta$ , то в момент  $\eta$  начинается плановая предупредительная профилактика, которая длится случайное время  $\gamma_1$ ,  $F_1(x) = P(\gamma_1 < x)$  и которая обновляет элемент. Если  $\xi \leq \eta$ , то в момент  $\xi$  начинается «аварийное» восстановление работоспособности, которое длится случайное время  $\gamma_2$ ,  $F_2(x) = P(\gamma_2 < x)$  и которое также полностью обновляет элемент или всю систему в целом.

В момент окончания любого восстановления, когда по определению элемент СЗ работоспособен, весь процесс повторяется независимо от прошлого.

Полумарковский процесс  $\xi(t)$  принимает три состояния  $E = \{0,1,2\}$ . Марковские моменты – это моменты начала и окончания восстановления работоспособности элемента СЗ. Положим  $\xi(t) = 0$ , если в момент  $t$  элемент работоспособен;  $\xi(t) = 1$ , если в момент  $t$  проводится плановая предупредительная профилактика;  $\xi(t) = 2$ , если в момент  $t$  проводится «аварийное» восстановление работоспособности элемента СЗ.

Полагаем  $E_0 = \{1,2\}, E_1 = \{0\}$ , то есть ВФ могут пройти через элемент, если в элементе СЗ проводится какое-либо восстановление, и не проходит, если элемент СЗ работоспособен.

Тогда элементы полумарковской матрицы имеют вид:

$$\begin{aligned} Q_{01}(t) &= P(\xi > \eta, \eta < 1) = \int_0^t \bar{F}(x) dG(x), \\ Q_{02}(t) &= P(\xi < \eta, \xi < 1) = \int_0^t \bar{G}(x) dF(x), \\ Q_{10}(t) &= P(\gamma_1 < 1) = \bar{F}_1(t), \quad Q_{20}(t) = P(\gamma_2 < 1) = \bar{F}_2(t), \\ Q_{00}(t) &= Q_{11}(t) = Q_{22}(t) = Q_{12}(t) = Q_{21}(t) = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Подставляя (2) в систему линейных алгебраических уравнений, представленную ранее, получаем систему алгебраических уравнений относительно  $M_i, i = 0, 1, 2$ :

Ее решение выражается дробно-линейным функционалом относительно распределения  $G(x)$ :

$$M_0(G) = \frac{\int_0^\infty \bar{G}(x)\bar{F}(x) dx + \int_0^\infty e^{-\gamma^*x}\bar{F}_1(x) dx \int_0^\infty \bar{F}(x)dG(x) + \int_0^\infty e^{-\gamma^*x}\bar{F}_2(x) dx \int_0^\infty \bar{G}(x)dF(x)}{1 - \int_0^\infty e^{-\gamma^*x}\bar{F}_1(x) dx \int_0^\infty \bar{F}(x)dG(x) - \int_0^\infty e^{-\gamma^*x}\bar{F}_2(x) dx \int_0^\infty \bar{G}(x)dF(x)}. \quad (3)$$

Экстремум дробно-линейного функционала можно искать в классе вырожденных функций распределения:

$$G(x) = \begin{cases} 0, & x \leq z, \\ 1, & x > z. \end{cases} \quad (4)$$

Тогда, подставляя в (3) распределение (4), получаем функцию от  $z > 0$ :

$$M_0(z) = \frac{1}{\lambda} + \frac{\int_0^\infty \bar{F}(x) dx}{F(z) \int_0^\infty e^{-\gamma^*x}d(F_1(x)-F_2(x)) + \int_0^\infty (1-e^{-\gamma^*x})dF_1(x)}, \quad (5)$$

которую необходимо исследовать на максимум по  $z \leq 0$ .

Если предположить существование производной у распределения  $F(z)$  и, продифференцировав функцию (5), положить ее производную равной нулю, то получим уравнение:

$$\frac{1 - \int_0^\infty e^{-\gamma^*x}dF_1(x)}{\int_0^\infty e^{-\gamma^*x}d(F_1(x)-F_2(x))} = \gamma(z) * \int_0^z \bar{F}(x)dx - F(z), \quad (6)$$

где  $\gamma(x) = \frac{F'(x)}{\bar{F}(x)}$  – интенсивность отказов.

Корень  $z_0$  уравнения (6), для которого достигается абсолютный максимум (5) определяет детерминированное значение периода, через который следует назначать проведение плановых предупредительных профилактик элемента СЗ. В этом случае будет максимизировано значение математического ожидания времени до первого пропуска ВФ. Само значение можно получить вычислением  $M_0(z_0)$  по формуле (5).

Использование разработанного метода дает возможность анализировать процесс функционирования сложных по своей структуре СЗ. Полученные результаты могут быть использованы при анализе и выработке решений на применение СЗ в составе СИС, реализации комплекса мероприятий по оптимизации системы защиты, а также на статистической основе определения оптимального времени между плановыми регламентными работами по поддержанию СИС и ее элементов в работоспособном состоянии.

#### Список литературы

1. Е. Вентцель, Л. Овчаров Теория случайных процессов и ее инженерные приложения – М.: «Высшая школа», 2000 г.
2. Кириленко Д.А. Обоснование актуальности разработки метода математического анализа вероятностных характеристик элементов систем обеспечения информационной безопасности - Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика», ФГБОУ ВО «ВГЛУ», 2015 г. № 7 часть 4 (18-4).

#### СЕКЦИЯ №21.

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



## ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2016 ГОД

### Январь 2016г.

III 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 2016г.

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

### Февраль 2016г.

III 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 2016г.

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

### Март 2016г.

III 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 2016г.

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

### Апрель 2016г.

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

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2016г.

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

### Май 2016г.

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

Прием статей для публикации: до 1 мая 2016г.

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

### Июнь 2016г.

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

Прием статей для публикации: до 1 июня 2016г.

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

### Июль 2016г.

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

Прием статей для публикации: до 1 июля 2016г.

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

### Август 2016г.

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

Прием статей для публикации: до 1 августа 2016г.

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

### Сентябрь 2016г.

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

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2016г.

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

### Октябрь 2016г.

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

Прием статей для публикации: до 1 октября 2016г.

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

**Ноябрь 2016г.**

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

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2016г.

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

**Декабрь 2016г.**

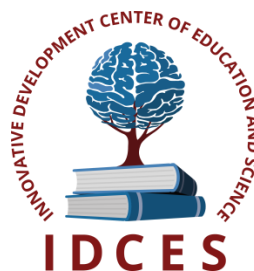
III Международная научно-практическая конференция «**Развитие технических наук в современном мире**»,  
**г.Воронеж**

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 января 2017г.

**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**



**Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и  
новые решения**

**Выпуск III**

**Сборник научных трудов по итогам  
международной научно-практической конференции  
(10 марта 2016г.)**

**г. Екатеринбург  
2016 г.**

Печатается в авторской редакции  
Компьютерная верстка авторская

Подписано в печать 09.03.2016.  
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 13,8.  
Тираж 250 экз. Заказ № 37.

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