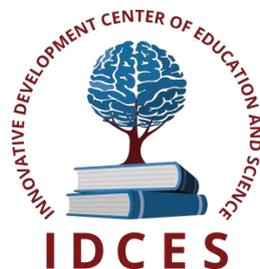


**ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**  
**INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE**



**Развитие технических наук в современном мире**

**Выпуск IV**

**Сборник научных трудов по итогам  
международной научно-практической конференции  
(11 декабря 2017 г.)**

**г. Воронеж**

**2017 г.**

УДК 62(06)  
ББК 30я43

**Развитие технических наук в современном мире.** / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 4. г. Воронеж, 2017. 111 с.

**Редакционная коллегия:**

доктор технических наук, профессор Аракелян Э.К. (г. Москва), кандидат технических наук Белоусов М.В. (г. Екатеринбург), доктор физико-математических наук, профессор Будагян И.Ф. (г. Москва), доктор технических наук Бунаков П.Ю. (г. Коломна), кандидат технических наук Валеев А.Р. (г.Уфа), доктор технических наук, профессор Высоцкий Л. И. (г. Саратов), профессор, академик МАНЭБ, заслуженный ветеран СО РАН Галкин А. Ф. (г.Санкт-Петербург), кандидат технических наук, доцент Горюнова В.В. (г. Пенза), кандидат педагогических наук Давлеткиреева Л.З. (г. Магнитогорск), доцент доктор технических наук, профессор Дадашев М.Н. (г. Москва), доктор технических наук, профессор Денисов В.Н. (г. Санкт-Петербург), кандидат технических наук Егоров А. Б. (г. Харьков), доктор технических наук, профессор Жуманиязов М.Ж. (Узбекистан, г. Ургенч), доктор технических наук, профессор, заслуженный мелиоратор РФ Заднепровский Р.П. (г. Волгоград), кандидат технических наук Иванов В.И. (г.Москва), кандидат технических наук Ключева И.В. (г. Новосибирск), кандидат технических наук, доцент Корниенко В.Т. (г. Ростов-на-Дону), кандидат технических наук, профессор Куберский С.В. (Украина, г. Алчевск), доктор технических наук, доцент Курганова Ю. А. (г. Москва), кандидат физико-математических наук Лапушкин Г.И. (г. Москва), кандидат технических наук Мостовой А.С. (г. Энгельс), доктор технических наук, профессор Мухуров Н.И. (Белоруссия, г. Минск), кандидат технических наук, доцент Никулин В.В. (г.Саранск), кандидат технических наук, профессор Охрименко О.В. (г. Вологда-Молочное), доктор технических наук, профессор Пачурин Г. В. (г. Нижний Новгород), кандидат технических наук Полонский Я.А. (г. Волгоград), кандидат технических наук Решетняк С. Н. (г. Москва), инженер, аспирант Рычков Е.Н. (Франция, г.Пуатье), доктор химических наук Хентов В.Я. (г. Новочеркасск).

В сборнике научных трудов по итогам IV Международной научно-практической конференции **«Развитие технических наук в современном мире»**, г. Воронеж, 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).

© ИЦРОН, 2017 г.  
© Коллектив авторов

## Оглавление

<b>СЕКЦИЯ №1.</b>	
<b>ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)</b> .....	7
<b>СЕКЦИЯ №2.</b>	
<b>ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)</b> .....	7
ГИБРИДНЫЕ ИНТЕГРИРОВАННЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ Бурдо Г.Б., Болотов А.Н., Испирян Н.В., Испирян С.Р. ....	7
ПРОЕКТ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЕКАНАТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ С РАЗРАБОТКОЙ МОДУЛЯ «ПРАКТИКИ» Кадыгроб А.И., Чискидов С.В. ....	11
СИСТЕМЫ ИМИТАЦИИ ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА Погонин В.А., Канавалов И.А. ....	15
ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ИЗУЧЕНИЯ КУРСОВ ПО ВЫБОРУ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ Рябовичева О.В., Чискидов С.В. ....	18
РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРИОДА ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ Савинов. И.А., Савкина А.В., Нуштаева А.В., Тихонова Н.П. ....	25
РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА Сытов Н.Е. ....	29
ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ Уласень А.Ф., Навродский А.В. ....	36
<b>СЕКЦИЯ №3.</b>	
<b>ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)</b> .....	38
<b>СЕКЦИЯ №4.</b>	
<b>МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)</b> .....	38
К ВОПРОСУ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗМЕРНЫХ РАСЧЕТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ Рогозин Г.И., Прохоров В.Г., Испирян Н.В., Испирян С.Р. ....	38
<b>СЕКЦИЯ №5.</b>	
<b>ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)</b> .....	40
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ КОТЛОАГРЕГАТА БКЗ-210-140 ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ КОТЕЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ ГЛАВНОГО КОРПУСА КИРОВСКОЙ ТЭЦ-4 Иглин П.В., Крупин Д.Ф., Лоншаков А.С. ....	40
ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ВДОЛЬТРАССОВЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ Петухова С.Ю. ....	43

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТИВОТОЧНОГО ВИХРЕВОГО ГОРЕЛОЧНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ГАЗИФИКАЦИИ ТБО Седов С.С., Пиралишвили Ш.А., Евдокимов О.А. ....	47
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ Фоменко А.С., Гладкий С.В. ....	50
РОЗНИЧНЫЙ РЫНОК ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ Фоменко А.С., Гладкий С.В. ....	52
<b>СЕКЦИЯ №6.</b> <b>ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)</b> .....	54
ИСПЫТАНИЕ ПОДАТЛИВЫХ АНКЕРОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ ШАХТ КАРАГАНДИНСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА Демин В.Ф.*, Журов В.В.*, Томилов А.Н.*, Нургалиев Ж.С.*, Немова Н.А.** .....	54
<b>СЕКЦИЯ №7.</b> <b>МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ</b> <b>И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)</b> .....	57
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ЗАКАЛКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОРОШКОВЫХ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ С НАНОРАЗМЕРНЫМИ ДОБАВКАМИ Ni И NiO Еремеева Ж.В., Тер-Ваганяцц Ю.С.....	57
ВЛИЯНИЕ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ КОВКИ НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛИСТОВОЙ СТАЛИ 10 Прудников А.Н., Прудников В.А. ....	61
<b>СЕКЦИЯ №8.</b> <b>ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00)</b> .....	63
CHALLENGES OF ORGANIZING HIGH SPEED FREIGHT TRANSPORTATION Кравченко А.А., Сухов А.А.....	63
ИСТОКИ ВОЗНИКНОВЕНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ ПУТЕЙ: ШЕЛКОВЫЙ ПУТЬ, СОЛЯНЫЙ ПУТЬ, ПУТЬ ИЗ ВАРЯГ В ГРЕКИ, ЧУМАЦКИЙ ШЛЯХ Рамазанова А.Ж. ....	64
<b>СЕКЦИЯ №9.</b> <b>АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)</b> .....	68
<b>СЕКЦИЯ №10.</b> <b>СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)</b> .....	68
РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В СТРУКТУРЕ КРУПНОГО ГОРОДА НА ПРИМЕРЕ г. РОСТОВА-НА-ДОНУ Богданова О. В., Лапунова К.А. ....	68
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ Гвоздерова Н.К., Алексева Г.Н.....	70
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОМЕНТА ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ ПО НЕЛИНЕЙНОЙ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ Ерышев В.А., Иванко М.В. ....	73

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОРОШКОВ Копылов В.Е. <sup>1</sup> , Павлова Е.А. <sup>2</sup> .....	75
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ Марков В.И., Петров А.Н., Рожин Д.В. ....	77
ПРИРОДНЫЙ КАМЕНЬ В АРХИТЕКТУРЕ Олейникова А.Р., Лапунова К.А. ....	80
РАЗВИТИЕ ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАК ВОЗМОЖНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ Перфильев В.В., Немченко И.О., Иляхин А.В. ....	83
НЕСТАЦИОНАРНАЯ ЗАДАЧА ТЕРМОУПРУГОСТИ Шляхин Д.А., Пичугина Л.О. ....	86
<b>СЕКЦИЯ №11.</b> <b>ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)</b> .....	88
<b>СЕКЦИЯ №12.</b> <b>ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)</b> .....	88
<b>СЕКЦИЯ №13.</b> <b>ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)</b> .....	88
ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ В СТРУКТУРЕ БЕЛКОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ БИОБЕЗОПАСНОГО МАТЕРИАЛА Самигуллина К.Р., Кашапова А.Р., Гребенщикова М.М. ....	88
<b>СЕКЦИЯ №14.</b> <b>ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)</b> .....	91
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАМЕДЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОАКУУМНЫХ ПРИБОРОВ Болотникова С. Н., Перекрестов А. П., Вавилина Н. А., Семенов С. В. ....	92
АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ АНТЕНН РАДИОРЕЛЕЙНЫХ СТАНЦИЙ Е-ДИАПАЗОНА НА ОСНОВЕ ОДНОРОДНЫХ РАДИОЛИНЗ Кочетков В. А., Солдатиков И. В., Черкасов А. Е., Леонов И. М. ....	94
ОСОБЕННОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ РАСХОДА ПРИМЕНЯЕМЫХ В ТЕПЛОУЧЕТЕ Кузовенков Л.С. ....	98
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТА ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРОПУНКТУРНОЙ ДИАГНОСТИКИ Тюрина М.М., Семенова Е.П. ....	100
<b>СЕКЦИЯ №15.</b> <b>ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)</b> .....	102
НАСТРОЙКА СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ЧАСТОТЫ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА НА СИММЕТРИЧНЫЙ ОПТИМУМ Бутаков В.М., Дудкин И.М., Самигуллин Р.Р. ....	102

<b>СЕКЦИЯ №16. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00).....</b>	<b>106</b>
<b>СЕКЦИЯ №17. ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12).....</b>	<b>106</b>
<b>СЕКЦИЯ №18. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23) .....</b>	<b>106</b>
НОРМАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И ОБЩИЕ ПОДХОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ Горячкин В.П., Салимов Р.И. ....	106
<b>СЕКЦИЯ №19. НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08).....</b>	<b>108</b>
<b>СЕКЦИЯ №20. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05) .....</b>	<b>108</b>
<b>СЕКЦИЯ №21. МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08).....</b>	<b>108</b>
<b>ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2018 ГОД.....</b>	<b>109</b>

## **СЕКЦИЯ №1.**

### **ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)**

## **СЕКЦИЯ №2.**

### **ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)**

#### **ГИБРИДНЫЕ ИНТЕГРИРОВАННЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ**

**Бурдо Г.Б., Болотов А.Н., Испирян Н.В., Испирян С.Р.**

ФГБОУ ВО Тверской государственный технический университет

**Аннотация.** Дан краткий обзор состояния вопроса в области автоматизированных систем проектирования и управления технологическими процессами. Выявлены причины невысокой эффективности указанных систем в условиях многономенклатурного машиностроительного производства. Показана актуальность предложенной концепции информационной интеграции автоматизированных систем проектирования (САПР ТП) и управления технологическими процессами (АСУТП) в многономенклатурном производстве. Исследование проведено на основе аппарата теории систем и методологии жизненного цикла изделий. Показана иерархия рассматриваемых систем. Обоснованы принципы создания интегрированных систем (принципы создания интегрированных САПР ТП-АСУТП) и входящих в неё подсистем (принципы создания САПР ТП в рамках интегрированных систем, принципы создания АСУТП в рамках интегрированных систем). Предложена методика принятия решений в гибридных системах. Рассмотрены условия реализации предлагаемых подходов к созданию рассматриваемых информационных систем.

**Ключевые слова:** многономенклатурное машиностроение, системы автоматизированного проектирования технологических процессов, автоматизированные системы управления, информационная интеграция, поддержка принятия решений.

#### 1. Введение

Известно, что за последние годы отечественное и зарубежное машиностроение затронули серьезные структурные изменения. Основная их суть состоит в том, что в настоящее время доля единичного и мелкосерийного типов машиностроительных производств (многономенклатурного машиностроительного производства, МП) составляет до 25-30 процентов в общем объеме продукции машиностроения. Это объективно связано с желанием потребителей продукции иметь товар требуемых именно им свойств, и в нужное время. Также, большинство предприятий, находящихся на прорывных направлениях машиностроения, выпускает первые образцы наукоемкой, высокотехнологичной продукции именно малыми партиями. МП характеризуется большим количеством одновременно находящихся в работе заказов, высокой динамичностью производственной ситуации в технологических подразделениях, постоянным (в течение календарного года) появлением новых контрактов по изготавливаемым изделиям с жесткими сроками завершения. К сожалению, МП, в силу его небольшого объема в прежние годы, находилось в стороне от проблематики исследований, от промышленных разработок в области автоматизированных систем проектирования технологических процессов (САПР ТП) и автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП). Данный факт обуславливает невысокую эффективность спроектированных технологий из-за дефицита времени на технологическую подготовку производства, создает проблемы при управлении технологическими процессами и, в конечном итоге, увеличивает длительность подготовки производства новой продукции и технологические циклы её изготовления.

Выход из данной ситуации представляется в информационной интеграции САПР ТП и АСУТП на основе предлагаемых принципов.

#### 2. Принципы создания интегрированных САПР ТП-АСУТП

В работах [1, 2, 3, 4] были рассмотрены теоретико-множественные модели интегрированной системы, автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и проектирования технологическими процессами (САПР ТП). Показаны виды информационных

преобразований, иерархия систем, правила отбора синтезированных решений. С целью учета особенностей многономенклатурного машиностроительного производства сформулированы принципы, определяющие создание интегрированных САПР ТП-АСУТП (ИС). Рассмотрим их.

1. Информационная интеграция должна обеспечивать минимальную инерционность производственной системы, определяемую временем реагирования на изменение производственной ситуации. Это требование вытекает из необходимости обеспечивать работу производственной системы в соответствии с принципом «точно во время» [5].

2. Интегрированная система должна обеспечивать возможность управления жизненным циклом продукции.

3. Интегрированная система должна работать в рамках системы управления качеством продукции.

4. Интегрированная система должна управляться системой управления организацией (СУО) на основе прямых и обратных информационных связей, иметь внешние информационные связи с системой конструкторской подготовки производства, управляемыми объектами являются рабочие места производственной системы.

5. Взаимодействие между САПР ТП и АСУТП должно состоять в следующем. Информация от САПР ТП (станкоемкости, маршруты прохождения деталей по рабочим местам) является входной для АСУТП. В то же время синтез этой информации выполняется с учетом сведений о фактическом состоянии в производственной системе, получаемых от АСУТП (обратная связь). Этим создаются предпосылки эффективного управления на этапе проектирования технологических процессов.

### 3. Принципы создания САПР ТП в рамках интегрированных систем

Рассматриваемые ниже принципы исходят из понимания того факта, что различие конструкторско-технологических характеристик деталей, разнообразный состав оборудования и средств технологического оснащения, непредсказуемые состояния технологических подразделений по загрузке, фактической численности рабочих, появлению новых заказов и т.п. предопределяют трактование процесса разработки технологий как недостаточно формализованную, многовариантную организационно-технологическую задачу, решаемую в условиях информационной неопределенности [4, 6].

1. Учет текущей ситуации в производственных подразделениях по загрузке оборудования.

2. Подчиненность целевой функции проектируемых технологических процессов (ТПр) целям, достигаемым фирмой при выполнении конкретного заказа.

3. Малая инерционность процессов технологической подготовки производства.

4. Создание предпосылок для проектирования эффективных ТПр.

5. Создание предпосылок для эффективного управления технологическими процессами на этапе проектирования ТПр.

6. Иерархическая организация процедур в САПР ТП.

Смысл первого принципа состоит в закреплении технологических операций за менее загруженными на настоящий момент рабочими местами.

Смысл второго принципа заключается в установлении целевой функции (ЦФ) проектируемых для данного заказа технологических процессов.

Третий принцип - малая инерционность процессов технологической подготовки производства, заключается в наличии оперативной информационной связи: а) между подразделениями, осуществляющими технологическую подготовку производства (ТПП) и системой управления технологическими процессами (данные по загрузенности оборудования); б) между подразделениями, осуществляющими ТПП и СУО (вид целевой функции заказа).

Создание предпосылок для проектирования эффективных ТПр целесообразно осуществлять при управлении процессами конструкторской подготовки производства. С этой целью должны предусматриваться мероприятия по унификации конструкций изделий, что приводит к унификации технологического проектирования. Создание предпосылок для эффективного управления технологическими процессами на этапе разработки ТПр означает подчиненность целей проектирования целям производственной системы с точки зрения сроков выполнения контрактов, и «расшивка» узких мест в технологических подразделениях (см. также принципы 2 и 3). Иерархическая организация процедур обозначает построение процесса проектирования по методу декомпозиции, что свойственно человеческому мышлению, и позволяет экспертам в естественном виде оценивать результаты.

### 4. Принципы создания АСУТП в рамках интегрированных систем

Учитывая современные тенденции развития машиностроительного производства [7, 8] составляющими которых являются: всеобщий контроль (TQC) или всеобщий менеджмент на основе качества (TQM); всеобщий уход за оборудованием (TPM) и производственная система «точно вовремя» (JIT). Эти три составляющие обеспечивают создание в организации «бережливого производства», обеспечивающего изготовления продукции в заданные СУО сроки и минимальными затратами незавершенного производства. Система JIT во многом определяется работой АСУТП, которая должна осуществлять принятие решений, направленных на сокращение общего цикла выпуска изделий.

Выдерживание принципов должно обеспечить смысловое единство процессов планирования и управления процедурам, реализуемым в АСУТП.

1-й принцип создания АСУТП - принцип системного единства и взаимосвязи. Это предполагает рассмотрение всех агентов АСУТП по отдельности, и позволяет выделить АСУТП, как самостоятельное образование, сохраняющее свойства целостности.

2-й принцип создания АСУТП - соответствие иерархии планов и точности управления точности планов организации. С точки зрения системного подхода принцип точности означает, что точность планов должна увеличиваться по мере их детализации.

3-й принцип создания АСУТП - непрерывность управления за счет наличия обратной связи от СУО и технологических подразделений (ТП), и оперативность за счет наличия элементов ИИ. Принятие управленческих решений должно осуществляться с минимально допустимой инерционностью.

4-й принцип создания АСУТП - обеспечение резервов в планах. Для реализации в календарных планах, разработанных АСУТП, должны быть заложены резервы, а алгоритмы расчетов должны включать оценку ситуации в ТП. Это предполагает наличие в АСУТП агента объемного планирования (ОП), закладывающего в календарные планы (КП) запас мощностей ТП. При определении резервов следует иметь в виду, что они не могут быть слишком большими, иначе планы окажутся неточными, а слишком малые резервы повлекут частые изменения в планах организации в целом, что размывает ориентиры в деятельности фирмы.

5-й принцип создания – АСУТП должна предусматривать диалоговый, гибридный режим, означающий вовлечение человека в процесс управления и получение дополнительных ресурсов управления.

6-й принцип создания АСУТП – комплексности, т.е. учёт важнейших факторов, влияющих на решение задачи управления в их взаимосвязи, и оценка взаимовлияния принимаемых решений. Это предполагает задачу управления ТПр рассматривать более широко, начиная от создания предпосылок эффективной работы АСУТП путем соблюдения ряда принципов при создании технологических подразделений, временной координации процессов подготовки запуска в производство, и реализации элементов управления с помощью САПР ТП.

#### 5. Условия реализации предлагаемых подходов к созданию ИС

Внедрение новых способов управления ПС невозможно без выполнения ряда условий, способствующих успешной реализации проекта.

##### 1. Очередность работ.

А. В первую очередь целесообразно выполнять работы, связанные с конструкторско-технологической унификацией, силами работников конструкторских и технологических служб.

Б. Параллельно можно выполнять мероприятия по балансированию производственных мощностей.

Надо понимать, что указанные работы (А и Б) должны носить постоянный характер.

В. Разработка механизмов управления технологической подготовкой производства с целью сокращения цикла работы производственной системы за счет параллельного выполнения работ на стыке этапов: а) конструкторская подготовка - технологическая подготовка производства, и б) технологическая подготовка производства - организационно - управленческая подготовка производства.

Г. Внедрение концепции организационно-технологического проектирования технологических процессов. Основная трудность, как ни странно, в её реализации - приучить руководство производственной системы предприятия четко и конкретно формулировать целеуказание при выполнении заказа, из которого вытекает целевая функция при проектировании ТПр.

Вторая трудность - необходимость систематического мониторинга загрузки оборудования, что прибавляет работы диспетчерским службам.

2. Кадровая подготовка цехового управленческого персонала, особенно линейных мастеров и руководителей диспетчерских служб. В МП роль этого звена весьма высока, поэтому и несоизмеримо возрастают и требования к их квалификации. Они должны уметь вырабатывать управленческие решения.

Основная задача кадровой подготовки - научить управлению технологическими циклами и производственными мощностями, так как на практике нет подходящих для этих целей (для МП) цеховых управленческих автоматизированных систем класса «Scada».

3. Кадровая подготовка работников технологических служб, задача которой - научить их разрабатывать (перерабатывать) технологии в соответствии с целевой функцией, а не основе интуиции, а также обучить основам производственного управления.

4. Поэтапное внедрение информационно интегрированных автоматизированных систем проектирования технологических процессов, разработки управляющих программ для станков с ЧПУ и управления технологическими процессами, что значительно повысит оперативность решений. Для небольших предприятий, цехов (до 100-150 основных рабочих) принципиально возможна разработка специальных компактных систем [9].

5. Готовность руководства предприятия вкладывать средства не только на развитие производственных мощностей, в техническое перевооружение, но и в повышение квалификации работников.

6. Ну и последняя, но возможно, самая сложная задача - выработать понимание чувства коллективной ответственности за результат у всех участников процесса изготовления заказа: конструкторов, технологов, цехового управленческого персонала, производственных рабочих. Здесь, как показывает опыт, не обойтись без формирования соответствующей корпоративной культуры и использования методов стимулирования деятельности работников, именно стимулов, а не анти - стимулов (наказаний).

#### Заключение

Предложенные подходы прошли опытную апробацию и поэтапное внедрение на одном из предприятий приборостроения г. Твери и показали свою состоятельность. В работе умышленно не затрагивались вопросы, скажем, комплексного процессного управления деятельностью предприятия, оптимизации функциональной структуры служб и подразделений предприятия, внедрение систем менеджмента качества, координации работы с подрядными организациями и т.п. Указанные задачи весьма серьезно затрагивают не только подразделения среднего звена, но и деятельность высшего руководства предприятий, фирм, их решение часто вызывает протест и отторжение у работников. Поэтому их действенная реализация, как правило, трудна, зависит во многом от воли руководителя, и является темой отдельного разговора.

#### **Список литературы**

1. Бурдо, Г.Б. Теоретические основы комплексной автоматизированной системы проектирования и управления технологическими процессами в многономенклатурном производстве/ Г.Б. Бурдо, Б.В. Палюх// Вестник Самарского государственного технического университета. Серия технические науки. Самара: СГТУ, 2010. №4(127). С.44-54.
2. Бурдо, Г.Б. Системы управления технологическими процессами в машиностроении: подходы к созданию интеллектуальных систем управления. Монография./ Г.Б. Бурдо, Б.В. Палюх, Н.А. Семенов Palmarium Academic Publishing, Saarbruchen, Deutschland, 2012. 287 p.
3. Бурдо, Г.Б. Автоматизированная система управления технологическими процессами в многономенклатурных производствах/ Г.Б. Бурдо, Н.А. Семенов, А.А. Исаев// Программные продукты и системы. 2012. №1(97). С.80-83.
4. Burdo, G. V. Improving the Technological Preparations for Manufacturing Production/ G. V. Burdo// Russian Engineering Research. 2017. Vol. 37. N 1, pp. 49–56.
5. Вумек, Джеймс П. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании/ Джеймс П. Вумек, Даниел Т. Джонс. М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. 473 с.
6. Капустин, Н.М. Автоматизированная система проектирования технологических процессов / Н.М. Капустин М.: Машиностроение, 1979. 287 с.
7. Shigeo Shingo. Kaizen and The Art of Creative Thinking/ Shigeo Shingo// Enna Product Corporation and PCS Inc. 2007.

8. Womack, James P. Lean Thinking (Second Edition)/ James P. Womack, Daniel T. Jones// New York: Free Press. 2003.
9. Бурдо, Г.Б. Основы построения САПР ТП в многономенклатурном машиностроительном производстве: учебник/ Г.Б. Бурдо, С.Н. Григорьев, В.Г. Митрофанов и др. Старый Оскол: ТНТ, 2013. 280 с.

## ПРОЕКТ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЕКАНАТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ С РАЗРАБОТКОЙ МОДУЛЯ «ПРАКТИКИ»

**Кадыгроб А.И., Чискидов С.В.**

ГАОУ ВО Московский городской педагогический университет, г. Москва

Аннотация: обоснована актуальность исследования, а также сформулированы основные проблемы процесса организации эффективного учета и контроля проведения практик среди обучающихся. Разработана функциональная модель деятельности сотрудников деканата инженерного факультета АГЗ МЧС России по организации и проведению различных видов практик с обучающимися. Разработана модель базы данных, обеспечивающая работу программного модуля.

Ключевые слова: практика, образовательная организация, функциональная модель, база данных, информационная система.

Одной из проблем современной образовательной организации высшего образования является организация эффективного учета и контроля проведения практик среди обучающихся. Большое количество мест проведения практик и множество отрабатываемых установочных и отчетных документов с одной стороны, и разнообразие видов и продолжительности практик для обучающихся с другой стороны, требует формирования новых подходов к организации автоматизированного учета процессов организации и контроля проведения практик в вузе [1].

Практика обучающихся в образовательных организациях высшего образования (ОО ВО) является составной частью основной образовательной программы высшего образования. Основными видами практики обучающихся ОО ВО являются: учебная и производственная, включая преддипломную практику. Решение должностными лицами ОО ВО задач по организации и контролю проведения практик происходит по схеме, представленной на рис. 1.

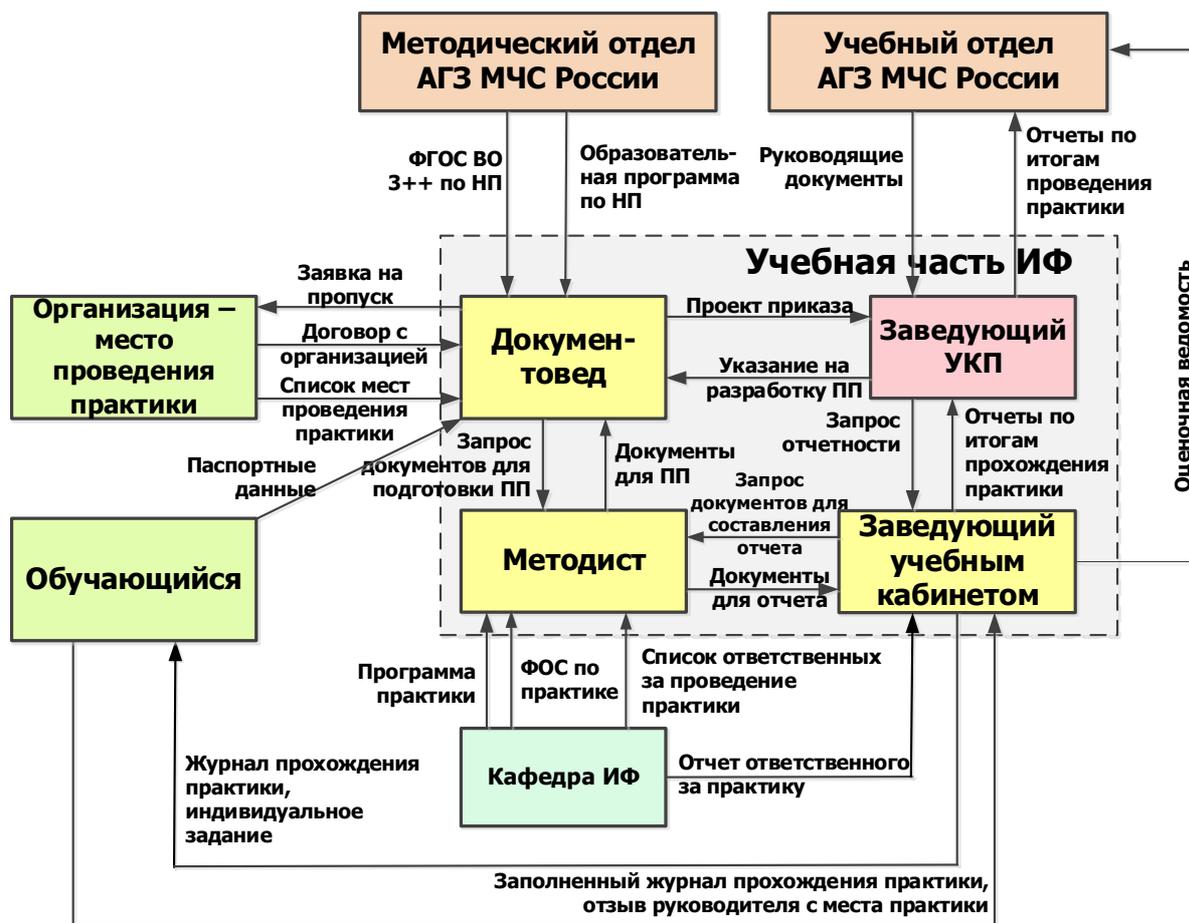


Рис. 1. Схема взаимодействия структурных подразделений инженерного факультета при организации и контроле за проведением практик обучающихся

Основным сотрудником в учебной части инженерного факультета (ИФ), отвечающим за проведение практик студентов, является заведующий учебно-консультационным пунктом (УКП). Учебный отдел предоставляет руководящие документы заведующему УКП. Он дает указание документоведу факультета на разработку проекта приказа (ПП). Тот, в свою очередь, делает запрос документов для подготовки ПП у методиста факультета и взаимодействует с организацией, предоставляющей место проведения практики, для оформления заявки на пропуск и определения списка мест прохождения практики. Так же документоведу поступает федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки (ФГОС ВО 3++ по НП) и образовательная программа от методического отдела. Обучающийся должен предоставить паспортные данные документоведу для заключения договора с организацией. От выпускающей кафедры ИФ методисту поступает программа практики, фонд оценочных средств (ФОС) по практике и список ответственных за проведение практики. Затем заведующий учебным кабинетом собирает с обучающихся заполненные журналы прохождения практики и отзывы руководителей практики, от методиста получает документы для составления отчета прохождения практики и готовый отчет предоставляет заведующему УКП, который на основе данного отчета составляет отчет проведения практики и передает его в учебный отдел. Так же итогом процесса проведения практики является оценочная ведомость, которая предоставляется учебному отделу заведующим учебным кабинетом.

В настоящее время все процессы, связанные с организацией и контролем проведения практик с обучающимися инженерного факультета не автоматизированы.

Таким образом, актуальность темы исследования заключается в том, что в УКП и выпускающих кафедрах ИФ АГЗ МЧС России задача автоматизированного учета и контроля проведения практики обучающихся полностью не решена. Сотрудники УКП и кафедр вынуждены тратить много времени на поиск необходимой оперативной информации о местах и результатах прохождения практик, ее обработку и консолидацию, что значительно снижает эффективность их работы [2].

Целью работы является разработка проекта информационной системы (ИС) учета и контроля проведения практик среди обучающихся на примере инженерного факультета АГЗ МЧС России.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: проведено исследование ИФ АГЗ МЧС России в части решения задачи учета и контроля проведения практик; разработана модель существующих процессов по учету и контролю проведения практик; сформулированы требования к разрабатываемой ИС учета и контроля проведения практик; проведен анализ существующих ИС, решающих задачи автоматизированного учета практик; разработана функциональная модель деятельности должностных лиц по учету и контролю проведения практик; разработан проект базы данных ИС учета и контроля проведения практик. Далее приведены основные результаты проектирования ИС.

Функциональная модель деятельности должностных лиц по учету и контролю проведения практик была разработана в среде инструментального средства СА ERWin Process Modeler с использованием стандартных нотаций IDEF0 и IDEF3 [3].

На рис. 2 представлена контекстная диаграмма верхнего уровня, отражающая деятельность сотрудников подразделений АГЗ МЧС России по организации и проведению практик обучающихся.

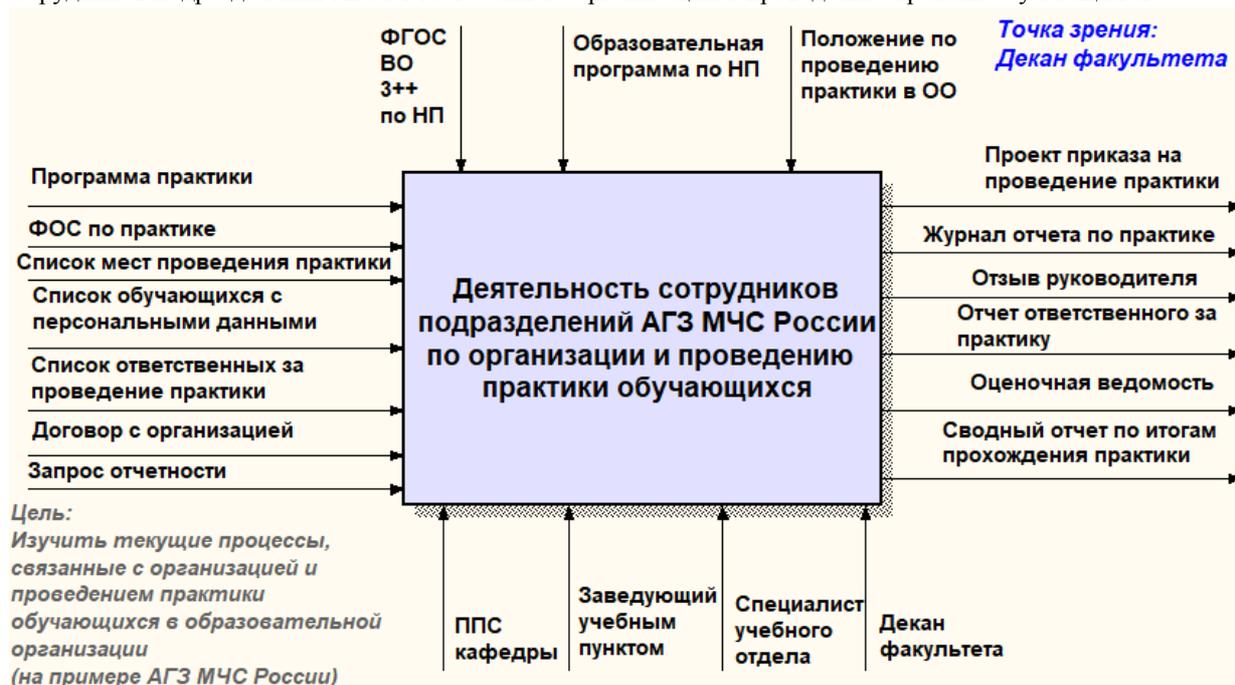


Рис. 2. Контекстная диаграмма верхнего уровня

Данная диаграмма отражает перечень входных документов и информационных потоков, а также руководящих документов, регламентирующих работу должностных лиц инженерного факультета по организации и контролю проведения практик. Перечень формируемых в результате выходных документов и отчетов показаны справа в виде выходящих из прямоугольного блока стрелок (интерфейсных дуг).

Декомпозиция этой диаграммы была выполнена в соответствии со стандартом IDEF0 и включила в себя следующие подсистемы:

- «Подготовить проект приказа на проведение практики»;
- «Разработать документы для организации проведения практики»;
- «Провести практику обучающихся»;
- «Оценить качество прохождения практики обучающимися»;
- «Сформировать отчеты по результатам прохождения практики».

Для связи указанных подсистем использовались внутренние интерфейсные дуги (стрелки): «Проект приказа на проведения практики», «Индивидуальное задание на практику», «Журнал отчета по практике», «Отзыв руководителя», «Отчет ответственного за практику», а также «Оценочная ведомость».

Контекстная диаграмма блока «Деятельность сотрудников подразделений АГЗ МЧС России по организации и проведению практики обучающихся» (уровня А0) показана на рис. 3.

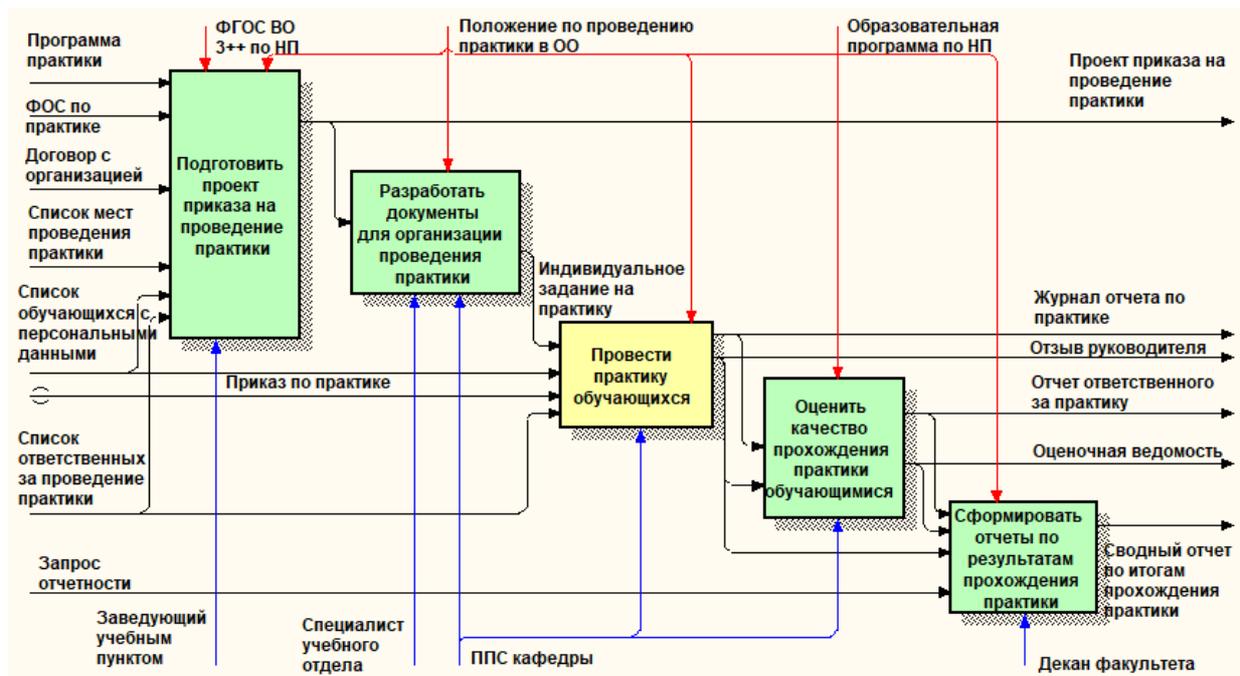


Рис. 3. Контекстная диаграмма уровня А0

Аналогичным образом были разработаны диаграммы декомпозиции каждого из представленных на рис. 3 прямоугольных блоков (работ).

На рис 4. представлена декомпозиция центрального блока «Провести практику обучающихся», выполненная в соответствии со стандартом IDEF3.

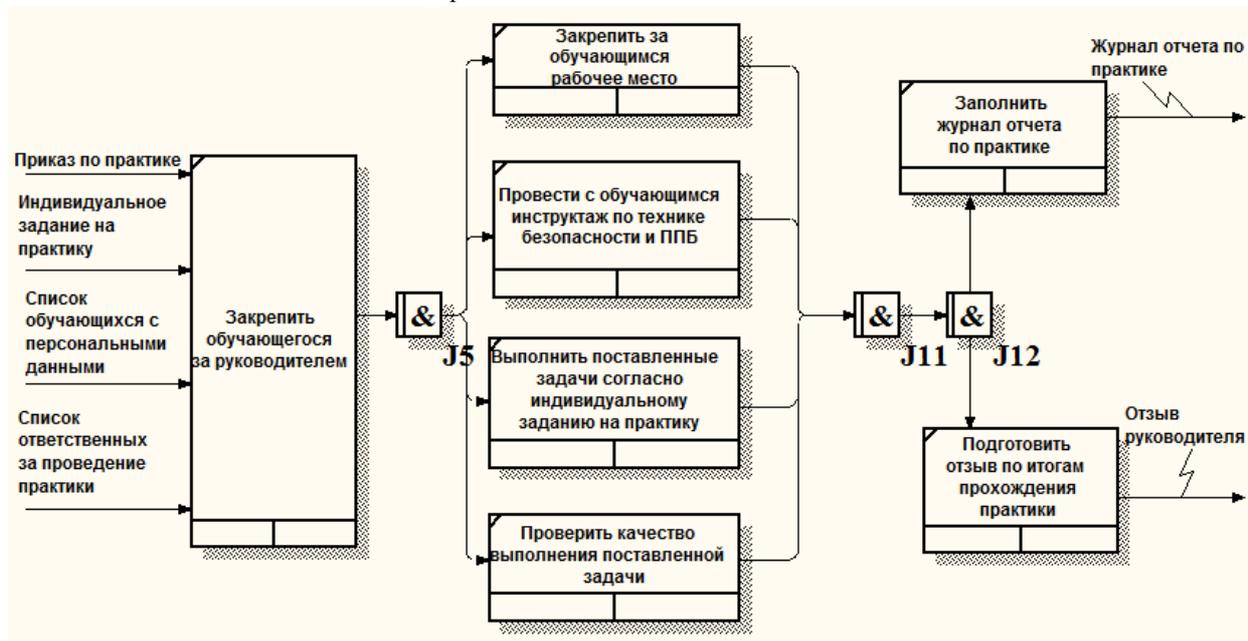


Рис. 4. Диаграмма декомпозиции блока «Провести практику обучающихся»

Разработанная модель явилась основой для разработки модели базы данных ИС учета и контроля проведения практик. Данная модель была разработана в среде инструментального средства CA ERWin Data Modeler в стандартной нотации IDEF1X [4]. На рис 5. представлена полная атрибутивная модель базы данных разрабатываемой ИС.

Разработанные модели лягут в основу создания прототипа ИС, автоматизирующей процесс учета и контроля за проведением практик с обучающимися инженерного факультета АГЗ МЧС России.

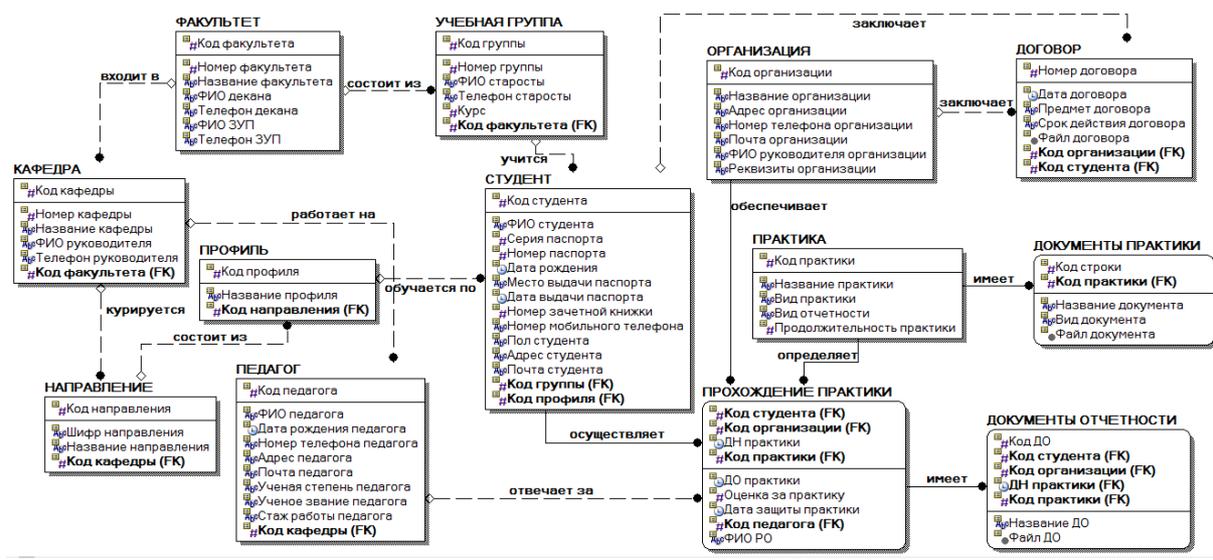


Рис. 5. Полная атрибутивная модель базы данных разрабатываемой ИС

**Список литературы**

1. Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н. Повышение эффективности управления информационными потоками в образовательном комплексе // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2016. № 57. С. 82-87.
2. Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н. Алгоритм работы с модулем «учебная деятельность» управленческой информационной системы для образовательного комплекса // В сборнике: Исследование различных направлений современной науки VIII Международная научно-практическая конференция. 2016. С. 917-924.
3. Prokhorov E.I., Ponomareva L.A., Permyakov E.A., Kumskov M.I. Fuzzy classification and fast rules for refusal in the QSAR problem // Pattern Recognition and Image Analysis (Advances in Mathematical Theory and Applications). 2011. Т. 21. № 3. С. 542-544.
4. Федин Ф.О. Возможности аналитических модулей в информационных системах образовательных учреждений // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Естественные науки. 2013. № 1. С. 119.

**СИСТЕМЫ ИМИТАЦИИ ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

**Погонин В.А., Канавалов И.А.**

ФГБОУ ВО Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов

Развитие технологии защиты людей от ингаляционных поражений в чрезвычайных ситуациях, а также разработка новых и совершенствование существующих средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗ) невозможны без проведения испытаний средств защиты в реальных условиях. Оценивать и испытывать СИЗ возможно двумя способами: испытывать с привлечением добровольцев; испытывать с применением систем имитации дыхания человека – установок Искусственные легкие (ИЛ).

Поскольку проведение испытаний СИЗ на людях-добровольцах в силу ряда причин возможно лишь в ограниченном объеме, применение установок ИЛ позволяет, получить данные об особенностях поведения СИЗ, во всех интересующих исследователей условиях, а также уменьшить, а то и исключить испытания СИЗ на людях. Испытания с привлечением добровольцев являются малоэффективными, дорогостоящими и не достаточно объективными. В целом, воспроизводство параметров внешнего дыхания при помощи систем имитации дыхания человека является крайне важным для выполнения задач по сертификации. Российские стандарты на СИЗ и их элементы, соответствующие Европейским стандартам требуют переоснащения, сертификационных испытательных центров и лабораторий, осуществляющих контроль за продукцией. Это определяет актуальность разработки эффективных системы управления ИЛ на основе использования

методов математического моделирования. В настоящее время испытание СИЗ, например изолирующего типа (ИДА), осуществляется согласно ГОСТ 12.4.220-2001.

По данной методике на установке ИЛ, определяются следующие качественные показатели регенеративных патронов СИЗ: время защитного действия (ВЗД); объемная доли диоксида углерода, средняя объемная доля диоксида углерода и объемная доля кислорода; температура газовой дыхательной смеси на входе; сопротивление дыханию на входе и выдохе.

Технология испытаний на установке ИЛ состоит в том, что установка создает пульсирующий поток газовой дыхательной смеси (ГДС), имитирующий дыхание человека. Выделение человеком диоксида углерода имитируется подачей из баллона, частота дыхания - числом пульсаций насоса, глубина дыхания - объемом одной пульсации. К выходному патрубку установки подсоединяют дыхательный аппарат и определяют его характеристики при заданном режиме испытаний (легочная вентиляция, частота дыхания, глубина дыхания, объемная подача диоксида углерода, влажность и температура выдыхаемой ГДС). В этой связи, адекватность условий дыхания на установке ИЛ и параметров дыхания человека напрямую определяют качество испытаний ИДА на установке ИЛ.

Отметим, что если параметры, легочная вентиляция, глубина и частота дыхания, объемная подача диоксида углерода существующие установки ИЛ имитируют с очень высоким приближением к таким же параметрам дыхания человека, то адекватная имитация потребления кислорода, дыхательного коэффициента и формы дыхательной кривой является технически сложной задачей. Существуют две основных схемы построения установки ИЛ, которые отличаются способами имитации потребления кислорода: 1) по объему, 2) по объему и массе.

В 1-й схеме потребление кислорода имитируется путем отсоса из установки ИЛ (сброса в атмосферу) определенного объема ГДС, причем величина отсоса не изменяется в ходе испытаний.

Во 2-й схеме потребление кислорода имитируется путем отсоса рассчитываемого объема ГДС с одновременной подачей азота и диоксида углерода в тех количествах, которые удаляются при отсосе. Дополнительная подача азота и диоксида углерода осуществляется через специальные системы, управляемые с помощью программного обеспечения на основе уравнения материальных балансов газов.

Основными задачами системы управления установкой ИЛ при воспроизводстве дыхания человека является реализация заданных величин легочной вентиляции (пневмотахограммы дыхания) и состава ГДС. Так же необходимо осуществлять контроль величин давления, температуры, расхода и концентрации газов для расчета необходимого количества подаваемых в установку CO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>, а также удаляемой из установки ГДС.

Используемые в настоящее время системы управления испытательными установками ИЛ не позволяют недостаточно точно имитировать дыхание человека. Здесь сказывается такой недостаток установок ИЛ как отсутствие в них полной (по массе и объему) имитации потребления кислорода человеком при различных режимах дыхания и возможности изменения значения дыхательного коэффициента. Так же системы управления действующими установками ИЛ не позволяют контролировать влажность ГДС на выходе из дыхательного аппарата, что не дает достоверно оценивать значение одного из основных параметров качества ИДА – температуру выдыхаемой ГДС, так как допустимые температуры ГДС существенно отличаются для различных значений влажности. Кроме того, во многих установках ИЛ управление параметрами дыхания реализуется только вручную оператором (установки Reimers MBMS, US Bureau of Mine (США), установка НПО «Респиратор» (Украина) .

Система управления, реализованная в установке S2000, позволяет имитировать дыхание с наибольшим приближением к реальным процессам. Установка позволяет воспроизводить циклы дыхания всех типов (синусоидальные, прямоугольные или реальные). В установке контролируются величины давления, температуры, расхода, легочной вентиляции и состав газов для дыхания, которые также регистрируются на экране монитора компьютера и выводятся на печать в виде протокола. Так как дыхательные движения полностью определены математическим обеспечением системы управления установкой S2000, с ее помощью можно получать последовательность реальных дыхательных движений, полностью совпадающих с действиями субъекта. Одновременно при воспроизводстве реальных дыхательных движений, программное обеспечение системы управления вычисляет в каждый момент характеристики дыхания (частоту, объемный поток, сопротивление дыханию и др.), чтобы затем подавать диоксид углерода и имитировать потребление кислорода в соответствии с заранее установленной величиной дыхательного эквивалента (отношение).

Недостатками системы управления установкой S2000 следует считать невозможность имитации процессов дыхания с отличным от единицы дыхательным коэффициентом, невозможность определения влажности вдыхаемой ГДС. Система управления данной установкой позволяет реализовывать величину дыхательного коэффициента отличного от единицы. Использование модулей аналогового ввода-вывода ОВЕН (МВА, МВУ) позволяют осуществлять контроль температуры ГДС, концентрации CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub>, а так же управлять расходами подаваемых в установку газов и частотой дыхания. Кроме того реализована связь приборов с управляющим компьютером.

Недостатками данной реализации установки ИЛ являются: относительно низкое быстродействие модулей ввода-вывода, использование для управления электродвигателем привода насоса частотного преобразователя, а, следовательно, не возможность реализации различных пневмотахограмм дыхания (только синусоидальные). Возможным вариантом устранения данных недостатков является внедрение современной автоматизированной системы управления установкой ИЛ, построенной на базе быстродействующих микропроцессорных контроллеров и средств сбора информации, а так же разработка и использование в составе АСУ ТП эффективного математического, программного обеспечения, позволяющего точно имитировать дыхание человека.

Средства локальной автоматизации в таких АСУ ТП могут обеспечить только нижний уровень подобных систем. Для решения задач оптимального управления процессом, необходимо применение многоуровневых АСУ ТП.

АСУ ТП должна осуществлять информационную, информационно - вычислительную и управляющую функции. Каждая из этих функций включает ряд задач. В их число входят и комплекс задач обеспечения общесистемных функций (организация вызовов задач в заданных последовательности и времени; обслуживание и обеспечение сохранности базы данных; организация обмена информацией между задачами). Архитектура современной АСУ ТП (рис. 1) включает несколько уровней.

Уровень 0 характеризуется тем, что аналоговый интерфейс заменяется сетевой технологией, объединяющей контроллеры, датчики, исполнительные механизмы в единую цифровую промышленную сеть (Fieldbus). Это позволяет заменить на один кабель значительное количество проводных линий связи датчиков, исполнительных механизмов, модулей ввода-вывода контроллеров. Еще одним достоинством такой технологии является возможность передачи электропитания приборам уровня 0. Кроме этого, многие устройства уровня 0 в данной архитектуре АСУ ТП обладают возможностями реализации таких интеллектуальных функций как функции самонастройки и самодиагностики, что упрощает обслуживание технических средств, делает систему более распределенной.

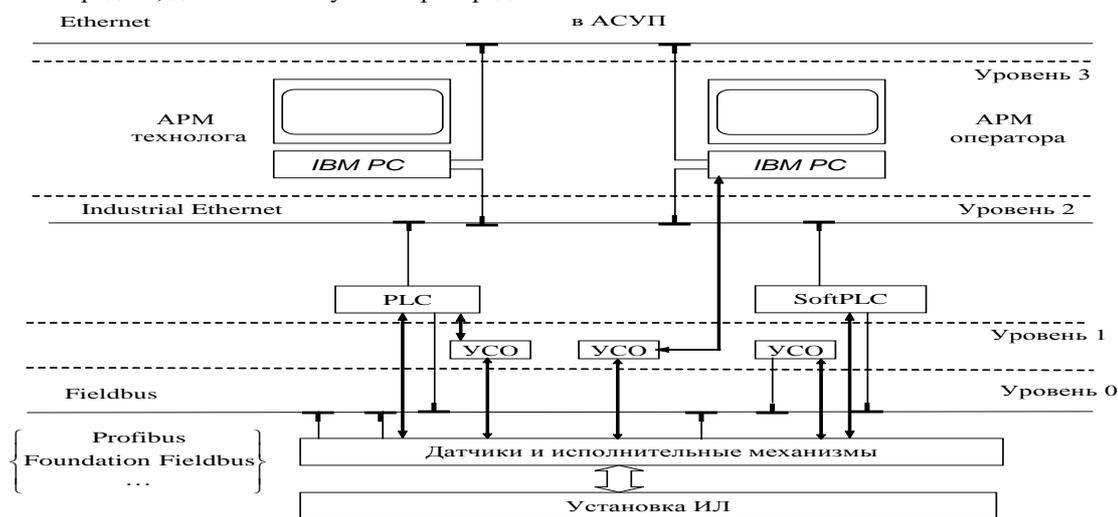


Рисунок 1 Архитектура АСУ ТП

На уровне 1 расположены устройства связи с объектом (VCO), которые располагаются вблизи с объектом управления и реализуют функции преобразования, приема и выдачи на объект группы сигналов, а также имеют связь с Fieldbus и работают под управлением устройств верхних уровней. VCO позволяют уменьшить затраты на монтаж и кабельную продукцию.

На уровне 2 используются программируемые логические контроллеры PLC (Programmable Logic Control-lers). Для программирования которых в настоящее время наиболее часто используются языки

программирования стандарта IEC 1131-3. Связь между PLC и станциями управления верхнего уровня реализуется по сети Ethernet в ее обычном или промышленном варианте (Industrial Ethernet).

На уровне 3 располагаются станции оператора в виде промышленных компьютеров или компьютеров в обычном исполнении, которые реализуют принцип безщитовой автоматики и обеспечивают диспетчеризацию технологического процесса. В настоящее время наиболее универсальным и популярным механизмом взаимодействия программного обеспечения АСУ ТП признан стандарт OPC (OLE for Process Control), который основан на объектной модели COM/DCOM фирмы Microsoft .

Для решения задач диспетчеризации технологического процесса наиболее распространение получили пакеты программ визуализации измерительной информации на дисплейных пультах операторов - SCADA - программы, которые составляют основу программного обеспечения уровня 3. Эти пакеты позволяют создавать программное обеспечение верхнего уровня, реализуемых на различных видах персональных компьютеров и рабочих станций. Открытость многих SCADA - программ позволяют реализовывать пульта операторов с помощью одной определенной открытой SCADA-программы независимо от типа программных и контроллерных средств систем автоматизации.

### Список литературы

1. Демиденко Н.Д. Оптимальное управление химико-технологическими объектами с распределенными параметрами // Методы кибернетики химико-технологических процессов./ Н.Д. Демиденко., А.М. Авдеев., В.П Карлов., Е.В Садовская - М.. 1984. С. 185—186.
2. Гудков С. В. Изолирующие дыхательные аппараты и основы их проектирования: учебное пособие для студ. спец.: 280100 / С. В. Гудков, С. И. Дворецкий, С. Б. Путин, В. П. Таров. - М.: Машиностроение, 2008. - 188 с.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ИЗУЧЕНИЯ КУРСОВ ПО ВЫБОРУ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**Рябовичева О.В., Чискидов С.В.**

ГАОУ ВО Московский городской педагогический университет, г. Москва

Аннотация: В статье приводятся результаты исследования, выполненного в целях проектирования компьютерной обучающей системы (КОС) поддержки изучения курсов по выбору (ПИКВ) в рамках образовательной программы по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии», реализуемой в Московском городском педагогическом университете.

Ключевые слова: функциональная модель, компьютерная обучающая система, курсы по выбору, профессиональные компетенции.

Под КОС мы понимаем специально разработанные программные модули, которые применяются в образовательном процессе и предназначены для управления познавательной деятельностью обучающегося, формирования и совершенствования его профессиональных компетенций [1].

В поисках новой организации современного высшего образования ведущим принципом реализации любой образовательной и учебной программы в условиях выбора принято самоопределение студента. Обусловлено это тем, что профессиональная подготовка будущего специалиста в рамках предлагаемой концепции рассматривается как процесс становления субъекта обучения и научно-исследовательской деятельности, общения и профессионально-личностного саморазвития [2]:

- как в настоящем — в отношении себя и своей образовательной деятельности в вузе;
- так и в будущем — на этапе выбора образа жизни после окончания образовательной организации высшего образования и карьерного роста в определенной сфере профессиональной деятельности.

Обновляющаяся система высшего образования (ВО) в рамках реализации ФГОС ВО 3++ поставила перед профессорско-преподавательским составом ряда новых задач, связанных с организацией процесса обучения по учебным дисциплинам в условиях выбора, а также его учебно-методическим обеспечением и педагогическим сопровождением студентов. Преподаватели образовательных организаций высшего образования должны знать и понимать специфику выбора, владеть методами и технологиями регулирования процессов выбора образовательного маршрута, выбора способов освоения учебной программы, выбора

форм педагогического взаимодействия через разные виды и способы коммуникации со студентами до начала учебных занятий и непосредственно в учебном процессе, организуя его педагогическое сопровождение. Отсюда важность понимания механизма включения студентов в ситуацию выбора и специфики технологий выбора в процессе педагогического сопровождения студентов [3].

В целях решения одного из аспектов проблемы авторами было выполнено проектирование КОС ПИКВ (на примере кафедры прикладной информатики ГАОУ ВО МГПУ, осуществляющей образовательную деятельность по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии»).

Контекстная диаграмма верхнего уровня, отражающая деятельность педагогических работников кафедры прикладной информатики по поддержке процесса обучения курсам по выбору в ИМИиЕН ГАОУ ВО МГПУ, показана на рисунке 1.

Для построения модели использовалось инструментальное средство СА ERwin Process Modeler (BRwin) фирмы Computer Associates [4].

Детализирующая контекстная диаграмма уровня А0 представлена на рисунке 2.

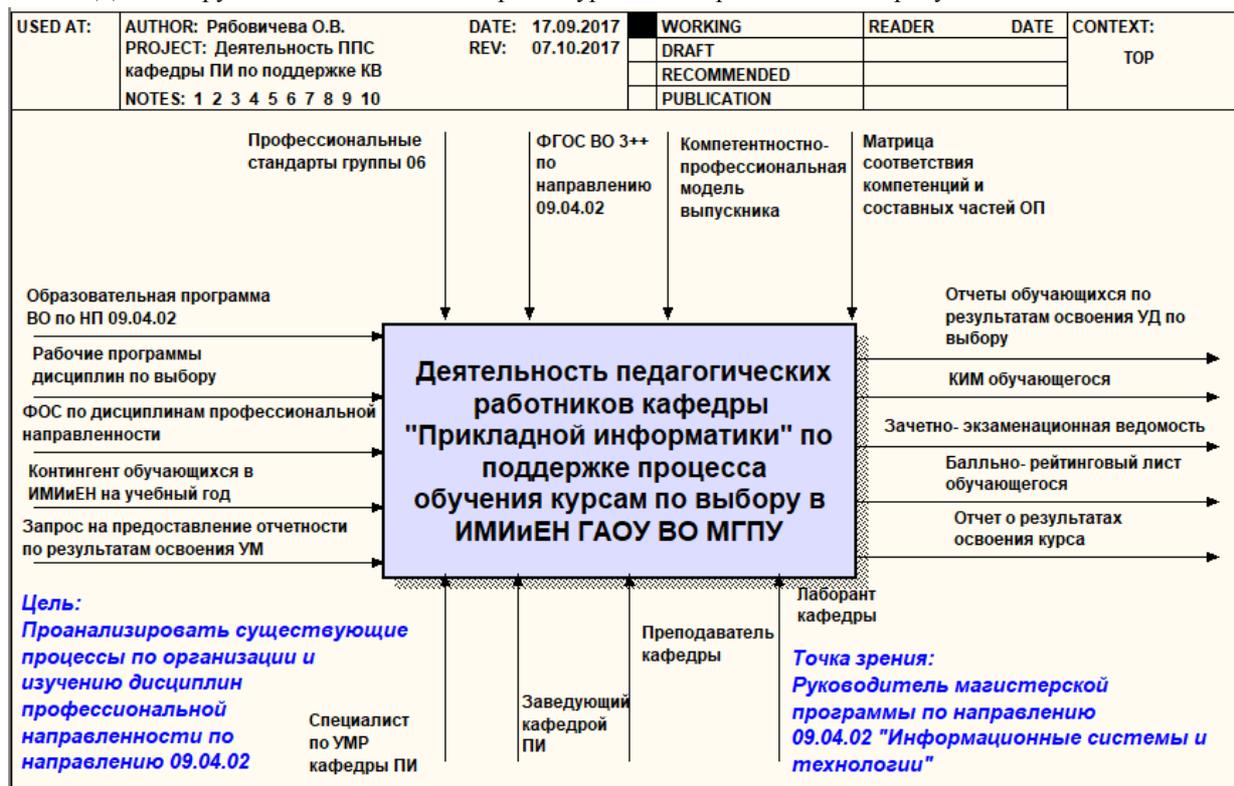


Рис.1. Контекстная диаграмма верхнего уровня

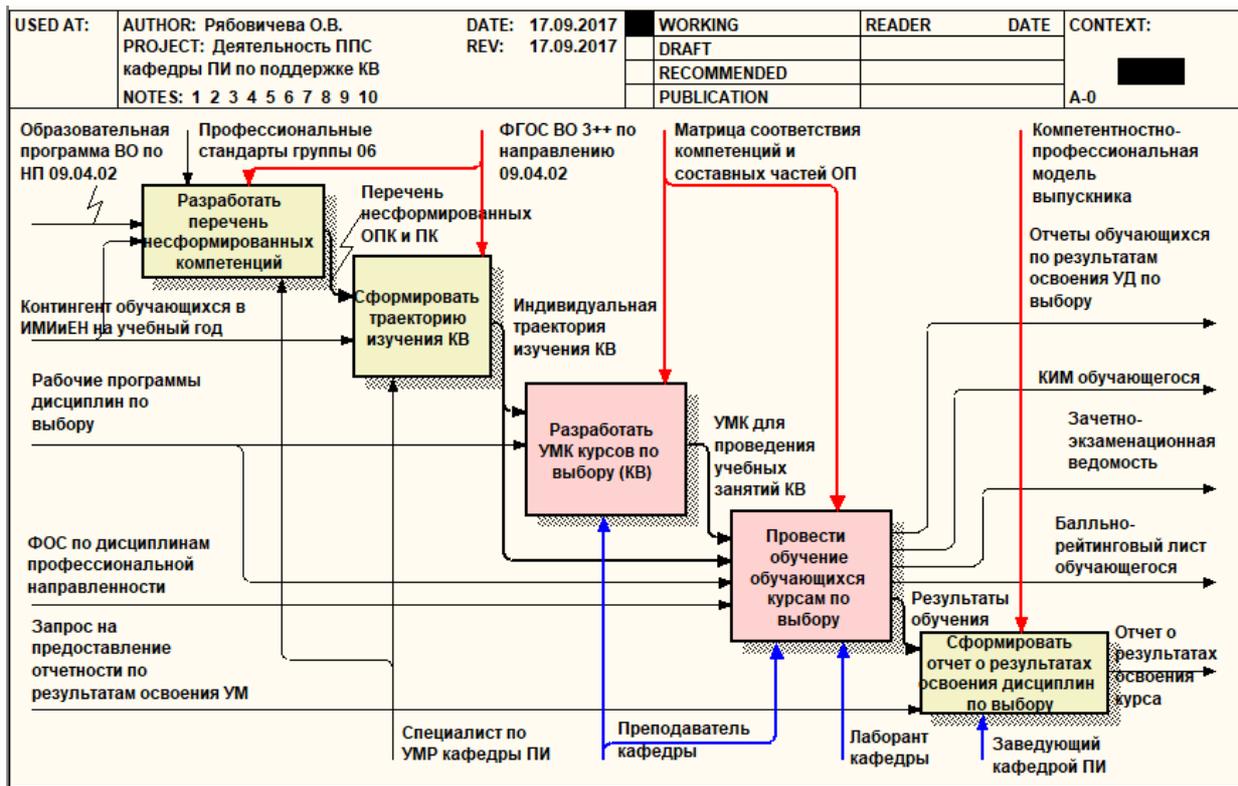


Рис. 2. Контекстная диаграмма уровня А0

Основными процессами, которые описывают деятельность педагогических работников кафедры «Прикладной информатики» по поддержке процесса обучения курсам по выбору являются:

- разработать перечень несформированных компетенций;
- сформировать траекторию изучения курсов по выбору (КВ);
- разработать учебно-методические комплексы (УМК) курсов по выбору;
- провести обучение обучающихся курсам по выбору;
- сформировать отчет о результатах освоения дисциплин по выбору.

Далее была разработана диаграмма описания последовательности этапов работ процесса «Разработать перечень несформированных компетенций». Диаграмма декомпозиции была разработана в соответствии со стандартом IDEF3 [5], она представлена на рисунке 3.

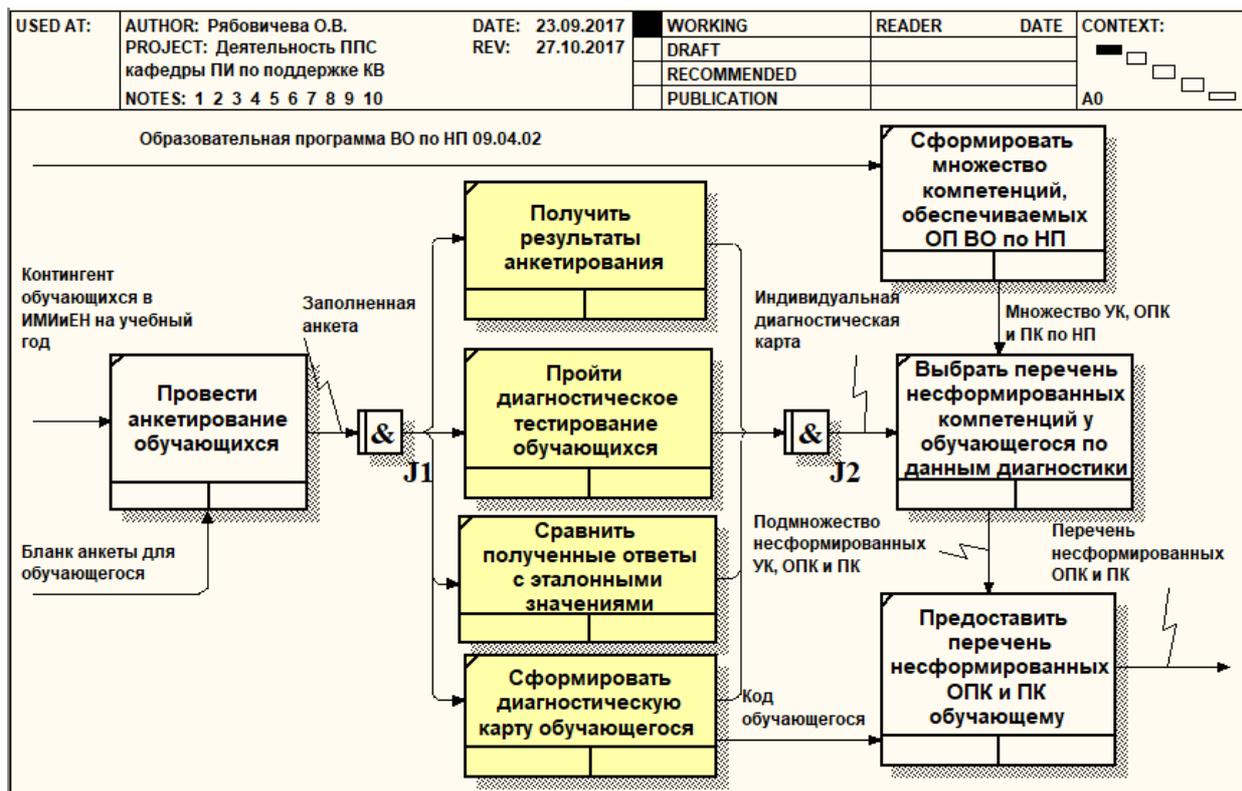


Рис. 3. Диаграмма описания последовательности этапов работ процесса «Разработать перечень неформированных компетенций»

Сначала проводится анкетирование обучающихся, это позволит определить способности, склонности и ценности, которые были приобретены благодаря предшествующему обучению. Далее заполненная анкета анализируется. Затем начинается непосредственно сам процесс разработки перечня неформированных компетенций: получить результат анкетирования; пройти диагностическое тестирование, которое позволит выявить уровень обучающихся; сравнить полученные ответы с эталонными значениями; сформировать диагностическую карту обучающихся. В соответствии с образовательной программой ВО по НП 09.04.02 формируется множество компетенций: универсальные (УК), общепрофессиональные (ОПК) и профессиональные компетенции (ПК). Потом выбирается перечень неформированных компетенций у обучающегося по данным диагностики (по данным индивидуальной диагностической карты). Далее предоставляется перечень неформированных ОПК и ПК обучающему.

Затем была разработана диаграмма описания последовательности этапов работ процесса «Сформировать траекторию изучения КВ» (рис. 4).

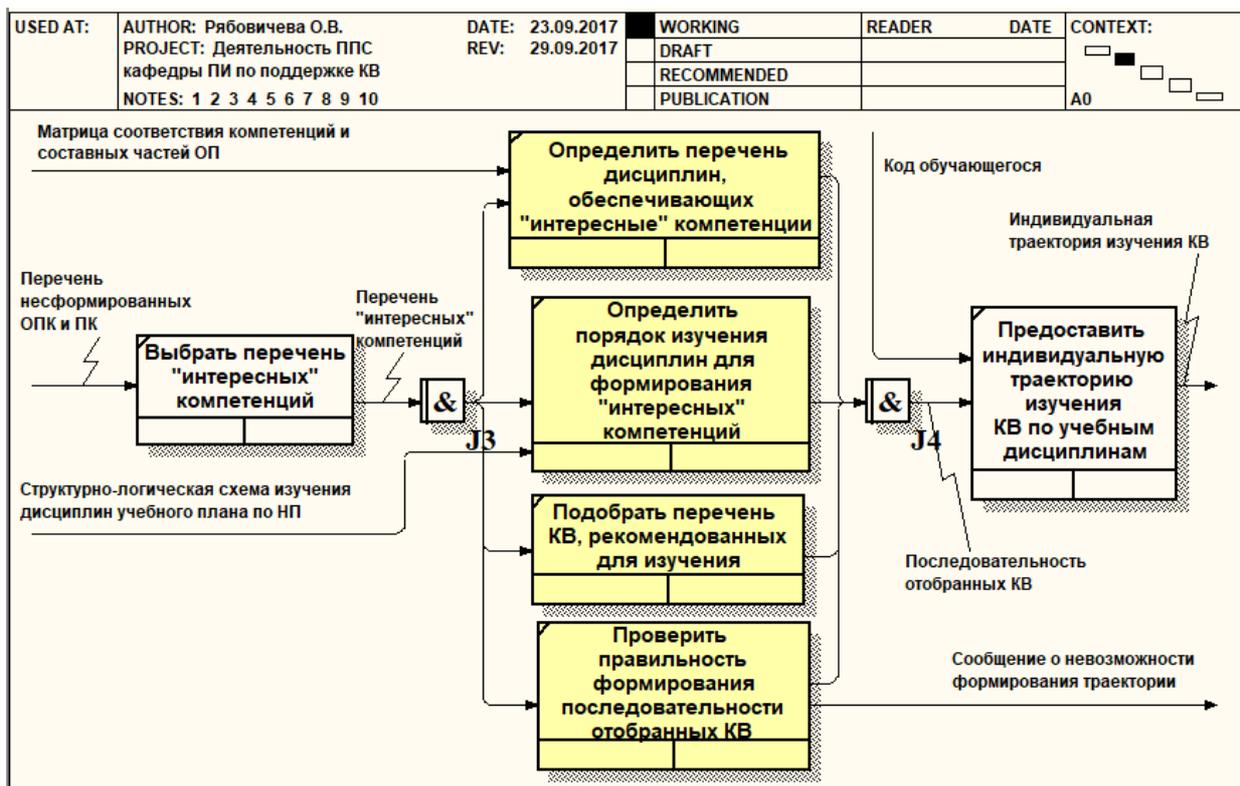


Рис. 4. Диаграмма описания последовательности этапов работ процесса «Сформировать траекторию изучения КВ»

Первая процедура, которая здесь выполняется – это выбор перечня «интересных» компетенций. В соответствии с матрицей соответствия компетенций и составных частей ОП определяется перечень дисциплин, обеспечивающих «интересные» компетенции. Следующим этапом определяется порядок изучения дисциплин для формирования «интересных» компетенций, с учетом структурно-логической схемой изучения дисциплин учебного плана по направлению подготовки 09.04.02. Далее подбирается перечень курсов по выбору, рекомендованных для изучения и проверяется правильность формирования последовательности отобранных КВ, а также выводится сообщение о невозможности формирования траектории.

Затем формируются последовательности отобранных КВ. На завершающем этапе выполняется процедура предоставления индивидуальной траектории изучения КВ по учебным дисциплинам (заведующему кафедрой).

На рисунке 5 представлена диаграмма описания последовательности этапов работ процесса «Разработать УМК курсов по выбору».

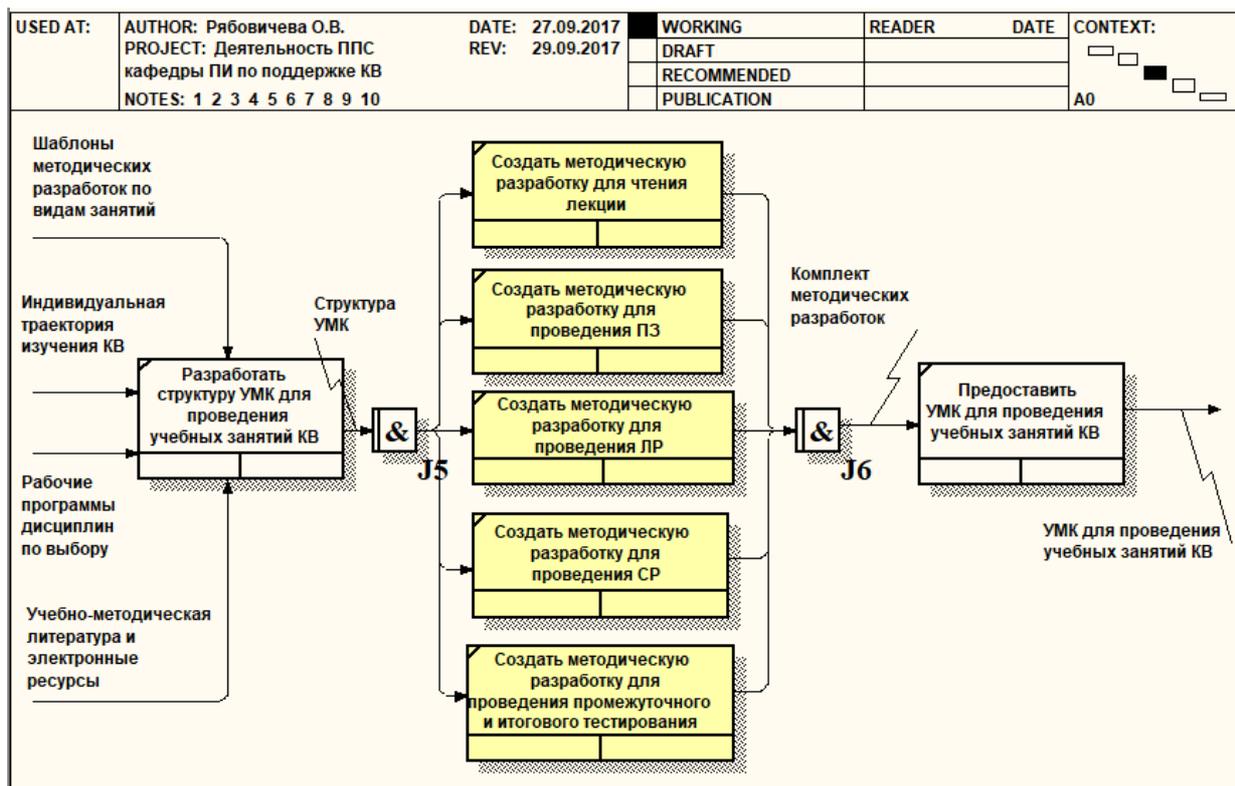


Рис. 5. Диаграмма описания последовательности этапов работ процесса «Разработать УМК курсов по выбору»

На первом шаге начинается процесс разработки структуры учебно-методического комплекса для проведения учебных занятий КВ (с учетом индивидуальной траекторией изучения КВ, шаблона методических разработок по видам занятий, рабочих программ учебных дисциплин по выбору, учебно-методической литературы, а также электронных ресурсов). На следующем шаге начинается сам процесс разработки УМК КВ, который состоит из таких этапов, как: создать методическую разработку для чтения лекций, создать методическую разработку для проведения практического занятия (ПЗ), создать методическую разработку для проведения лабораторной работы (ЛР), создать методическую разработку для проведения самостоятельно работы под руководством преподавателя (СР) и создать методическую разработку для проведения промежуточного и итогового тестирования. На заключительном шаге формируется комплект методических разработок, который позволяет предоставить УМК для проведения учебных занятий КВ.

Следующей диаграммой, которая была разработана в рамках проектирования КОС ПИКВ, является диаграмма описания последовательности этапов работ процесса «Провести обучение обучающихся курсам по выбору». Она представлена на рисунке 6. На первом этапе определяется содержание дисциплин по выбору. Далее проводится лекционное занятие, показывающее результаты посещения и работы на лекции; проводится практическое занятие, показывающее результаты выполнения ПЗ; проводится лабораторная работа, показывающая результаты выполнения ЛР; проверяется выполнение самостоятельной работы у обучающихся, показывающее результаты выполнения СР; проводится промежуточное тестирование уровня знаний обучающихся, показывающее результаты промежуточного тестирования. На следующем этапе формируются результаты освоения учебной дисциплины по выбору и обучающиеся проходят итоговое тестирование КВ. На завершающем этапе принимается комплексный экзамен по учебному модулю, который генерирует результаты обучения.

На рисунке 7 изображена диаграмма описания последовательности этапов работ процесса «Сформировать отчет о результатах освоения КВ».

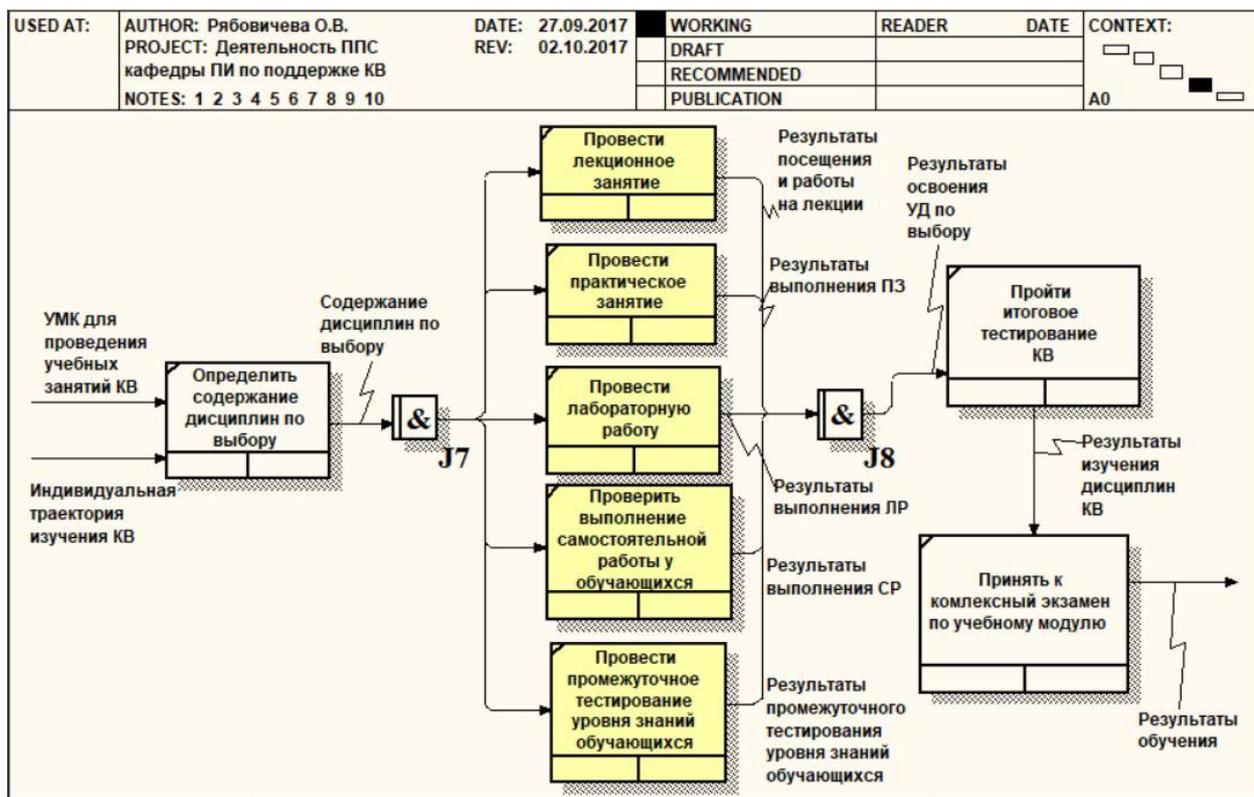


Рис. 6. Диаграмма описания последовательности этапов подсистемы «Провести обучение обучающихся курсам по выбору»

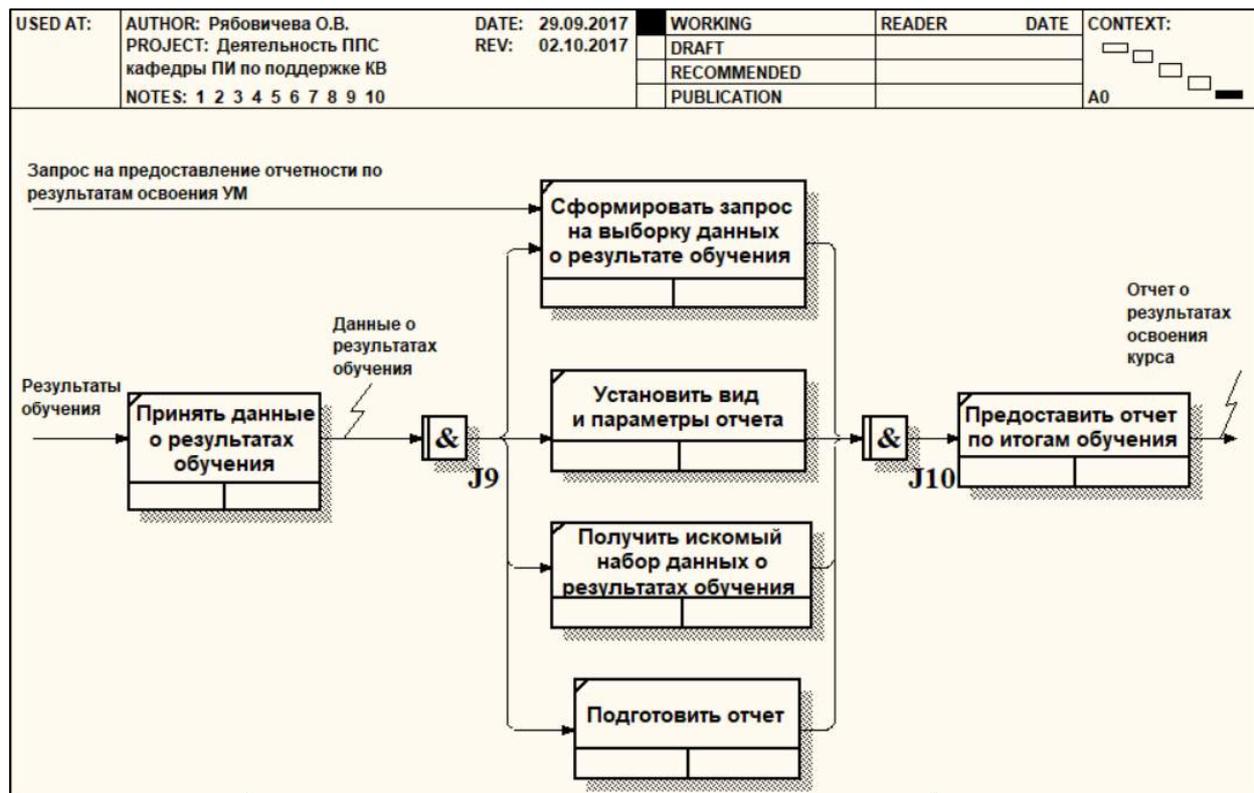


Рис. 7. Диаграмма описания последовательности этапов работ процесса «Сформировать отчет о результатах освоения дисциплин по выбору»

Данный процесс начинает выполняться, когда получены результаты обучения. Сначала осуществляется прием данных о результатах обучения. Далее формируется запрос на выборку данных о

результатах обучения, устанавливается вид и параметры отчета, формируется искомый набор данных о результатах обучения, а также подготавливается сам отчет.

Таким образом, разработанная модель явилась основой для формулирования функциональных требований, предъявляемых к КОС ПИКВ по направлению подготовки 09.04.02, реализуемого на кафедре прикладной информатики в ИМИиЕН ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет».

### Список литературы

1. Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н. Повышение эффективности управления информационными потоками в образовательном комплексе // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2016. № 57. С. 82-87.
2. Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н. Алгоритм работы с модулем «учебная деятельность» управленческой информационной системы для образовательного комплекса // В сборнике: Исследование различных направлений современной науки VIII Международная научно-практическая конференция. 2016. С. 917-924.
3. Федин Ф.О., Морозова Т.В., Павличева Е.Н. Модель информационно-аналитической системы обработки данных малых инновационных предприятий при высших учебных заведениях // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования. 2015. № 1 (31). С. 20-25.
4. Федин Ф.О. Возможности аналитических модулей в информационных системах образовательных учреждений // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Естественные науки. 2013. № 1. С. 119.
5. Prokhorov E.I., Ponomareva L.A., Permyakov E.A., Kumskov M.I. Fuzzy classification and fast rules for refusal in the QSAR problem // Pattern Recognition and Image Analysis (Advances in Mathematical Theory and Applications). 2011. Т. 21. № 3. С. 542-544.

### РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРИОДА ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ

**Савинов. И.А., Савкина А.В., Нуштаева А.В., Тихонова Н.П.**

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», РФ, г. Саранск

В современном образовании всё большую роль играют интерактивные средства обучения. Этот факт дает возможность успешно использовать их как в обычном процессе обучения (с использованием локального компьютерного обеспечения), так и в дистанционном.

Актуальность использования виртуальных лабораторных работ состоит в том, что для организации и проведения работ не нужно сложного оборудования, места для его хранения, замены, ремонта, шкафов для описаний. Все работы хранятся в электронном виде в одном месте, сервере, памяти ПК или внешнего носителя. Виртуальные лаборатории просты в эксплуатации и требуют навыков работы с определенным программным обеспечением на уровне пользователя.

Преимущества внедрения виртуальных лабораторий очевидны:

1. Обеспечение эффективного обучения студентов как в условиях лабораторных занятий, так и при обучении по индивидуальному плану.
2. Безопасность и многократность проведения экспериментов.
3. Возможность закреплять полученные теоретические знания на практике или лучше подготовиться к лабораторным занятиям в обычной лаборатории.
4. Возможность моделирования объектов, процессов, явлений, которые невозможно воспроизвести в условиях учебного заведения, или наблюдать в реальности.
5. Возможность выполнять задания удаленно, используя вычислительную сеть Интернет.

Основная цель создания виртуальной лаборатории для определения периода дифракционной решетки – закрепление теоретических знаний по геометрической и волновой оптике и ознакомление с соответствующими экспериментальными методами исследования.

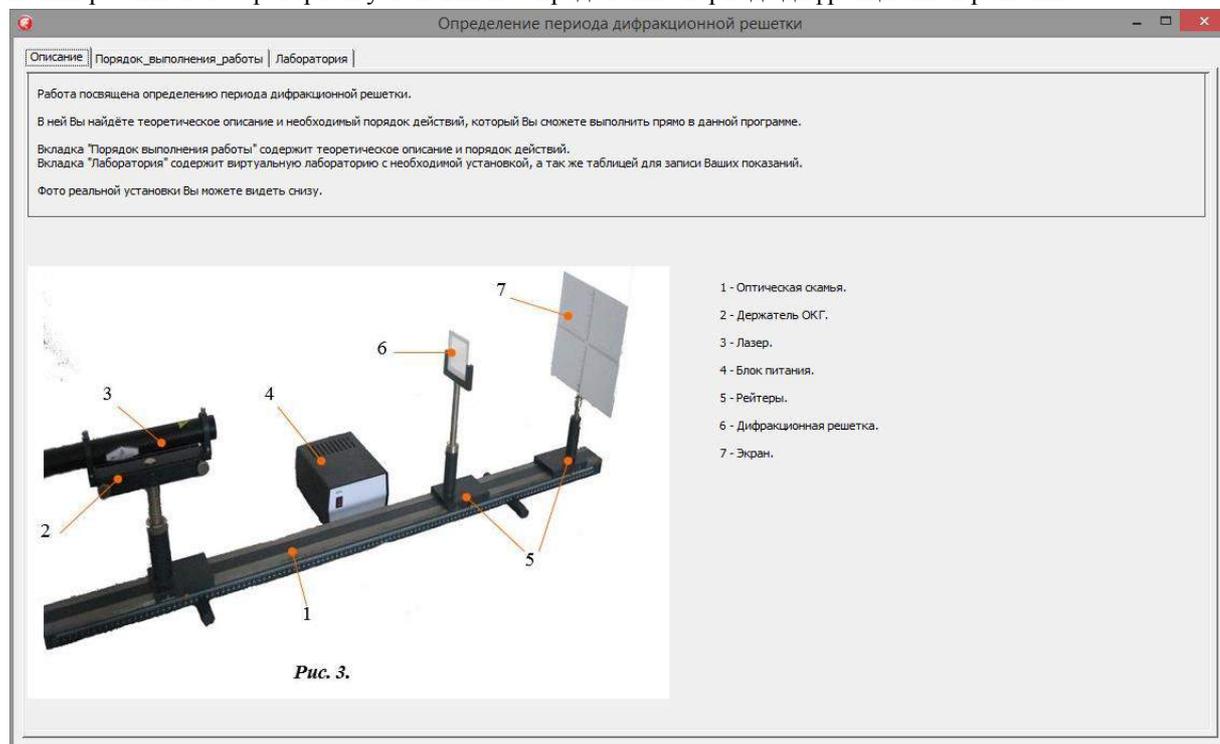
При создании приложения необходимо учитывать, что для эффективного изучения темы «Определение периода дифракционной решетки» виртуальный лабораторный комплекс должен содержать не только модель установки для проведения эксперимента, но и достаточную теоретическую базу, чтобы студенты могли в любой момент перечитать необходимые для выполнения работы материалы.

Очень важно выбрать такие средства для разработки приложения, которые обеспечивали бы высокую производительность, были совместимы с наиболее распространенными операционными системами и имели достаточный функционал для создания программ с графическим интерфейсом.

Для выполнения поставленных задач был выбран язык программирования Delphi, работа с которым проводилась в среде программирования Embarcadero RAD Studio XE. Данный выбор обусловлен возможностью реализации всех задумок средствами, предоставляемыми данным продуктом. Embarcadero RAD Studio XE - представляет собой полнофункциональный набор средств разработки приложений, который позволяет быстро и наглядно создавать приложения с графическим пользовательским интерфейсом для Windows, .NET, PHP и веб-решений.

Внешний вид виртуальной лаборатории представлен тремя основными вкладками: вкладка «Описание», которая позволяет ознакомиться с данной виртуальной лабораторией, вкладка «Теоретическая часть», содержащая краткую теорию по лабораторной работе, вкладка «Лаборатория», содержащая порядок выполнения и таблицу для записи данных.

Во вкладке «Описание» (рис.1) представлено общее описание виртуальной лаборатории и изображения реальной лабораторной установки по определению периода дифракционной решетки.



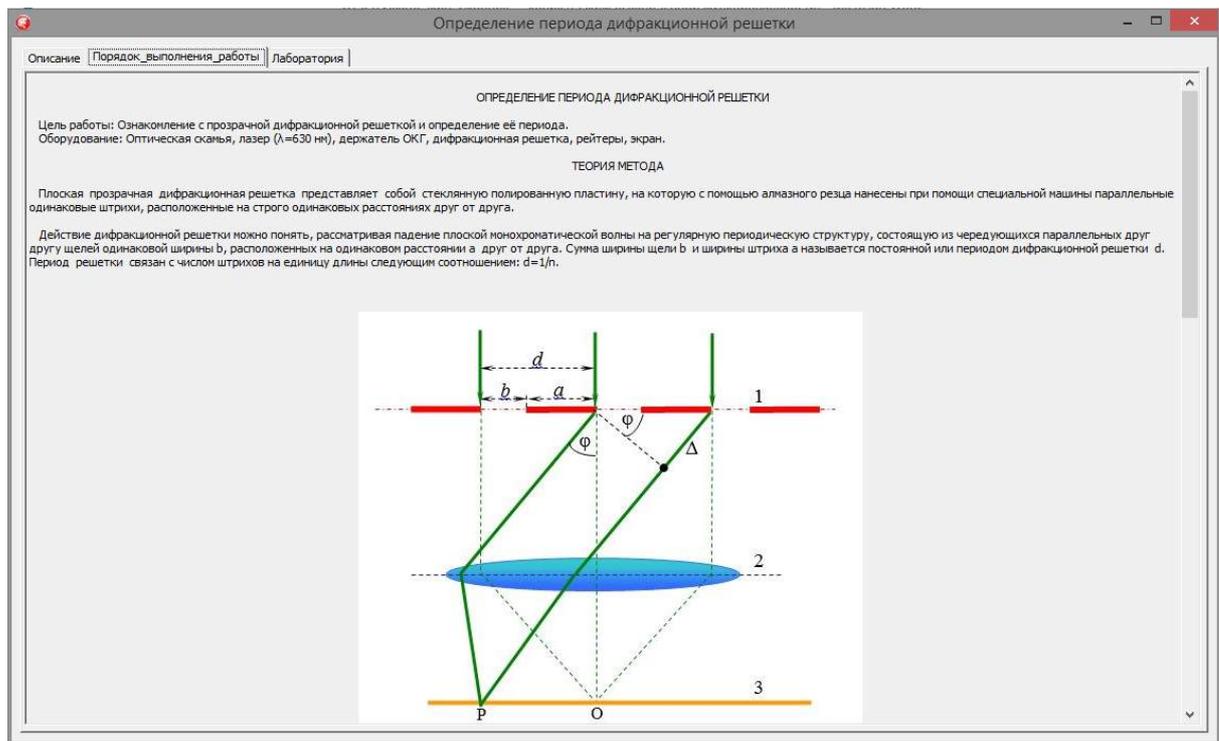
**Рис. 1. Вкладка «Описание»**

На вкладке «Теоретическая часть» (рис. 2) располагаются название и цель работы, описание установки и теория метода.

Вкладка "Лаборатория" (Рис. 3) содержит виртуальную лабораторию с необходимой установкой, порядок выполнения работы, а так же таблицу для записи показаний.

В «лаборатории» слева приводится порядок выполнения работы с необходимыми для записи результатов исследований таблицами и полями для ввода, вычисленных значений. В правой части вкладки «Лаборатория» располагается непосредственно сама виртуальная установка.

Кнопками «Включить лазер», « $L=0.60 \text{ М}$ », « $L=0.40 \text{ М}$ », «Выключить лазер» осуществляется работа с установкой.



**Рис. 2. Вкладка «Теоретическая часть»**

Правее находится визуальное представление изображения на лабораторном экране, состоящее из порядков спектра. Для того, чтобы узнать расстояния между максимумами порядков, требуется навести на них курсор.

Кнопками «Очистить таблицу», «Распечатать таблицу», «Сохранить таблицу» осуществляется работа с таблицей.

Распределение информации между различными вкладками было реализовано с помощью `TPageControl`, в составе которого можно создавать вкладки `TabSheet`. Компонент `TImage` позволил вставить изображения, делающие более наглядной программу. Таблица реализована с помощью компонента `TStringGrid`. Перемещение дифракционной решетки осуществляется компонентом `Tbutton`. Распределение информации между различными вкладками было реализовано с помощью `TPageControl`, в составе которого можно создавать вкладки `TabSheet`.

Определение периода дифракционной решетки

Описание | Порядок\_выполнения\_работы | **Лаборатория**

1. Включите лазер с помощью кнопки "Включить лазер". Установите дифракционную решетку на расстоянии  $L=0.60$  М, нажав на кнопку "L=0.60 М".
2. Измерьте расстояние  $R_m$  между нулевым и  $m$ -го порядком, наводя курсор на пятна. Результаты занесите в таблицу 1.
3. Проведите измерения расстояние между нулевым и  $m$ -го порядком для другого расстояния решетка-экран  $L=0.20$  М тем же способом. Результаты занесите в таблицу 1. Выключите лазер, нажав кнопку "Выключить лазер".
4. Заполните таблицу. Найдите значения  $\sin\varphi_m \approx R_m/L$  (данное соотношение справедливо из-за малости углов дифракции).
5. Постройте график зависимости  $\sin\varphi_m = f(m)$ . Через полученные точки проведите прямую линию (рис. 4). Тангенс угла наклона данной прямой к оси абсцисс даст величину  $\lambda/d$ , из которой находим значение периода дифракционной решетки  $d$ . Результаты занесите в таблицу 1.

**Рис. 4.**

Расстояние L = 0.60 М				Расстояние L = 0.20 М			
m	R <sub>m</sub> , мм	sinφ <sub>m</sub>	d, мкм	m	R <sub>m</sub> , мм	sinφ <sub>m</sub>	d, мкм

Включить лазер    L = 0.60 м    L = 0.20 м    Выключить лазер

Расстояние L = 0.60 м

Расположение пятен на экране

**Рис. 3. Вкладка «Лаборатория»**

Разработанная виртуальная лаборатория позволит студентам осваивать материал в удобном темпе и в любое время. Это будет полезно как при обучении по индивидуальному плану, так и в дополнение к обычным очным занятиям, как повторение материала, а также при обучении студентов вечерней и заочной форм обучения или с использованием элементов дистанционных технологий. Такой подход позволяет совмещать обучение с работой или получать второе высшее образование.

### Список литературы

1. Виртуальные лаборатории в дистанционном обучении. Савкина А.В., Савкина А.В., Федосин С.А. Образовательные технологии и общество. 2014. Т. 17. № 4. С. 507-517.
2. Виртуальные лаборатории как средство обучения студентов. Савинов И.А., Савкина А.В. В сборнике: Проблемы и достижения в науке и технике сборник научных трудов по итогам III международной научно-практической конференции. 2016. С. 14-16.
3. Виртуальный лабораторный практикум: технологии создания и реализации. Савинов И.А., Савкина А.В. В сборнике: Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. 2017. С. 13-15.
4. Лабораторные работы по физике. Оптика. Фомин Н.Е., Панькин Н. А., Тихонова Н. П. и др. Лабораторный практикум. Издательство Мордовского университета. 2015 – С.60
5. Виртуальная лаборатория для определения длины световой волны с помощью колец Ньютона. Савкина А.В., Нуштаева А.В., Шарамазанов Р.М. В сборнике: Современные проблемы управления и регулирования: инновационные технологии и техника сборник статей Международной научно-практической конференции. 2016. С. 12-20.
6. Разработка виртуального лабораторного комплекса для определения длины свободного пробега молекул воздуха. Нуштаева А.В., Савкина А.В., Тихонова Н.П., Макарова Н.В., Немчинава Е.А., Пыресева О.С. В сборнике: Инновационные процессы: потенциал науки и задачи государства сборник статей Международной научно-практической конференции. Под общ.ред. Г.Ю. Гуляева. 2017. С. 41-46.

# РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА

Сыгов Н.Е.

аспирант кафедры ИТиВС

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

В данной статье описаны основные достоинства и положения методологии автоматизации интеллектуального труда. Рассмотрена, основная проблема возникшая на данный момент, в процессе развития методологии (МАИТ). Представлено описание актуальных разработок для разрешения возникшей проблемы.

Ключевые слова и термины: процесс создание САПР, прикладные автоматизированные системы, модель, предпроектное обследование, концептуальная модель, инфологическая модель, даталогическая модель, производные конструкции моделей, семантическое моделирование, понятийные конструкции, предметная категория.

В рамках методологии автоматизации интеллектуального труда процесс создания САПР включает в себя следующие этапы (рис.1.1): *предпроектное обследование* - анализ деятельности организации; *концептуальное моделирование*; *инфологическое моделирование* – проектное описание прикладной задачи, инвариантное к программно-техническим средам и средствам реализации; *даталогическое моделирование* – проект системы, ориентированный на определенно-выбранную программно-техническую среду и выполняемый с помощью выбранных программно-технических средств; *реализация*.

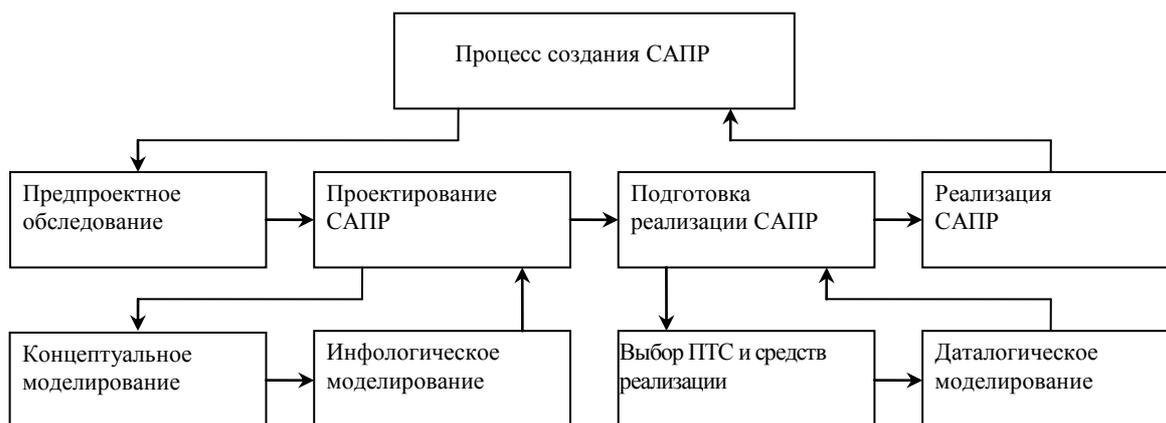


Рис.1.1. Структура процесса создания САПР в рамках МАИТ

На всех стадиях автоматизации модельное представление включает в себя совокупность взаимосвязанных структур или компонентов. Для каждого этапа существует своя методика формирования, система правил и способы представления информации. Формируемые взаимосвязи между компонентами одного модельного представления и компонентами различных этапов автоматизации также подчиняются системе правил построения.

Суть данной методологии заключается в получении последовательности отображения прикладных задач в виде формализованных моделей – проектного описания системы и описания технологии изготовления автоматизированной системы – на основе первоначально формируемой концептуальной модели на трех уровнях абстрагирования: абстрактном – для описания общих закономерностей, объектном – учитывающим особенности той или иной предметной области и конкретном уровне формирования выделенной предметной задачи. При этом первоначальное построение концептуального представления прикладной задачи обеспечивает выявление основы для интерпретации данных, используемых при автоматизации, и смысловое единство всех формально-языковых представлений задачи.

Отличительными особенностями МАИТ являются:

- поддержка промышленного способа создания ПАС;
- наличие формального описания модельных представлений автоматизируемой задачи на каждом этапе создания ПАС и отображений этих модельных представлений;

- наличие закономерностей формирования модельных представлений;
- разделение на отдельные функциональные процедуры, часть из которых имеет программную реализацию;
- наличие семантического (концептуального) моделирования, описывающего как основные понятийные конструкции (родословная предметных понятий), так и производные конструкции, определяющие семантическое масштабирование.

Определяющая роль в методологии автоматизации интеллектуального труда остается за концептуальным моделированием, позволяющим выявить и зафиксировать систему знаний и понятий выделенной предметной области. Исходной информацией для данного этапа являются результаты анализа традиционного процесса решения предметной задачи, зафиксированные в виде диаграмм и спецификаций. Процесс концептуального моделирования включает в себя следующие основные процедуры: формирование начальной обобщенной модели (под комплекс предметных задач); формирование модели текущей задачи; анализ модели текущей задачи; дополнительная аналитическая обработка модели текущей задачи; синтез модели текущей задачи с начальной обобщенной моделью; дополнительная обработка обобщенной концептуальной модели.

Представление концептуальных моделей включает в себя две части: универсальное концептуальное представление и концептуальное представление предметных задач. Первое – определяет общее строение системы знаний на разных уровнях абстрагирования, второе – определяет строение системы знаний для конкретных предметных областей. При этом концептуальная модель любого уровня включает: множество элементов (категорий); множество структурных связей на этих элементах; множество ограничений на связи и элементы.

МАИТ находится в состоянии постоянного развития. По прошествии времени, практика построения конструкций, выявила необходимость идентификации вариантов сочетаний моноподических элементов в рамках схем предметных категорий (ПК). На данный момент для развития методологии необходимо решить задачу индексации этой вариативности.

Изначально алгоритмы формирования производных конструкций строились на основе следующих формальных описаний тернарных связей элементов модели, описаний схем ПК и бинарных связей схем ПК:

1) *Формальное описание тернарных связей.*

Множество тернарных отношений на ПК  $n$ -ой предметной задачи  $H2(n) \subset A(n) \times A(n) \times A(n)$  можно представить как совокупность подмножеств определенного вида:

$$H2(n) = \{HA_i(n)A_j(n)A_k(n)\}, \text{ где} \quad (2.16)$$

$$\begin{aligned} HA_i(n)A_j(n)A_k(n) = \{ & (a_{il}, a_{jm}, a_{kn}) \mid \\ & a_{il} \in A_i(n) \ \& \ a_{jm} \in A_j(n) \ \& \ a_{kn} \in A_k(n) \ \& \\ & \ \& \ (a_{il}, a_{jm}) \in LA_i(n)A_j(n) \ \& \ (a_{jm}, a_{kn}) \in LA_j(n)A_k(n) \ \& \ (2.17) \\ & \ \& \ (a_{il} - \text{контекстуальная ПК}, a_{jm} - \text{структурная ПК}, \\ & \ \ \ \ a_{kn} - \text{монадическая ПК})\}. \end{aligned}$$

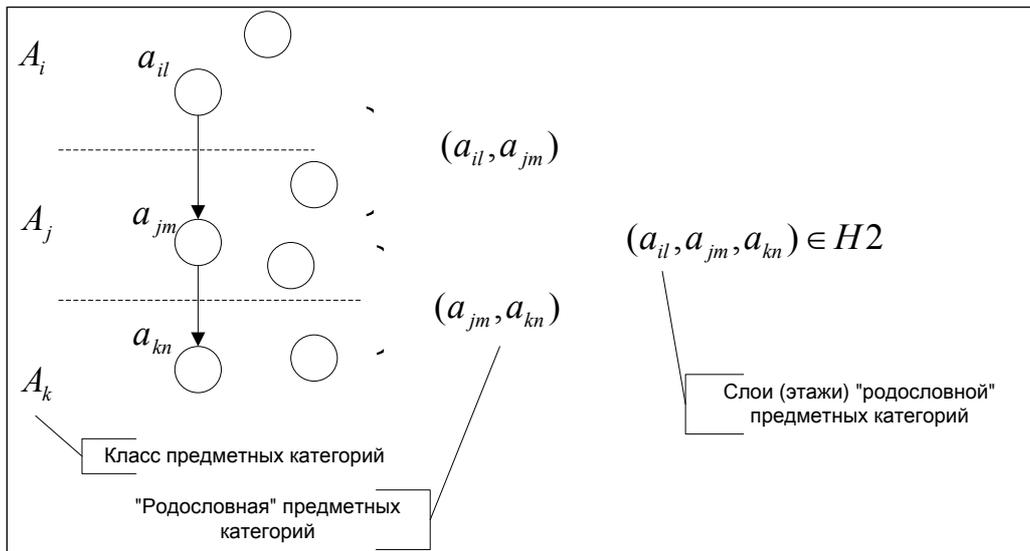


Рис. 1.2. Тернарные связи предметных категорий

2) Формальное описание схем ПК.

Пусть  $h_{iljmkn}^2 = (a_{il}, a_{jm}, a_{kn})$  – элементарная схема ПК для предметной задачи, тогда под схемой предметных категорий будем понимать совокупность элементарных схем, определяемую:

- общей (одной) контекстуальной предметной категорией,
- не повторяющимися структурными предметными категориями.

Множество схем ПК для  $n$ -ой предметной задачи определяется:

$$\begin{aligned} \overline{H2}(n) &= \{h_n^2\} \\ \overline{H2}(n) &= \bigcup_i \overline{H2}_i(n), \quad \overline{H2}_i(n) \cap \overline{H2}_j(n) = \emptyset, \\ \overline{H2}_i(n) &\subset \overline{H2}(n), \quad \overline{H2}_i(n) = \{h_n^2\}. \end{aligned}$$

(2.18)

где  $\overline{H2}_i, \overline{H2}_j$  – множества схем ПК, определяемых контекстуальными предметными категориями различных уровней.

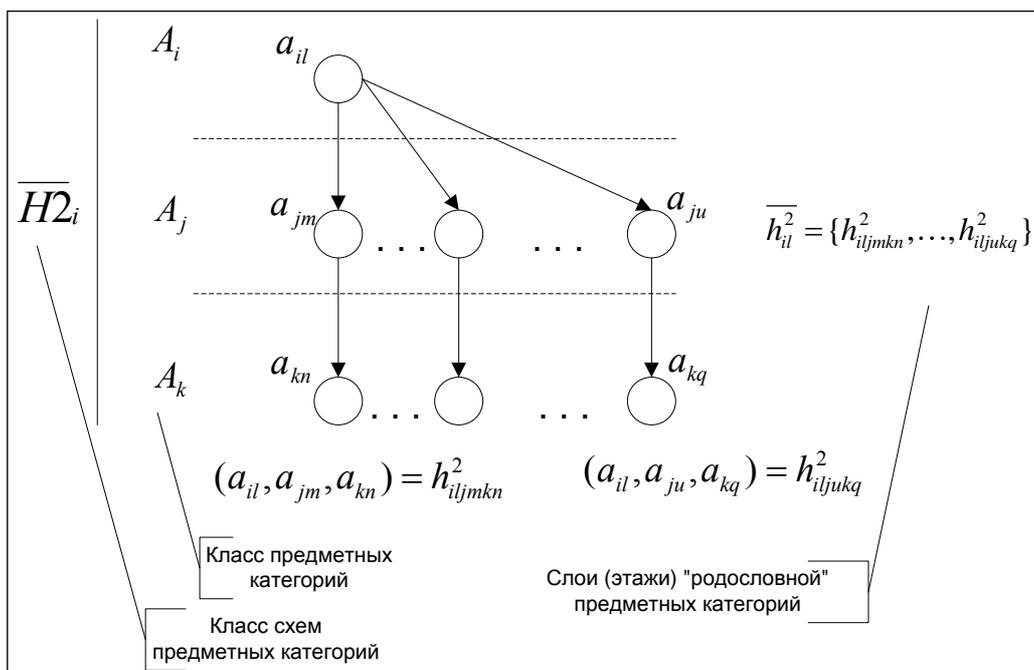


Рис.1.3.Элементарные схемы и схема предметных категорий

На данном этапе, практика построения понятийных конструкций показывает, что схемы для сложных конструкций формируются не просто сочетаясь напрямую, а требуется вариатив, то есть каждый структурный элемент имеет связь не с одним монодическим а с неким массивом монодических элементов. И теперь изображение элементарных схем и схем ПК приобретает вид (Рис 1.4.)

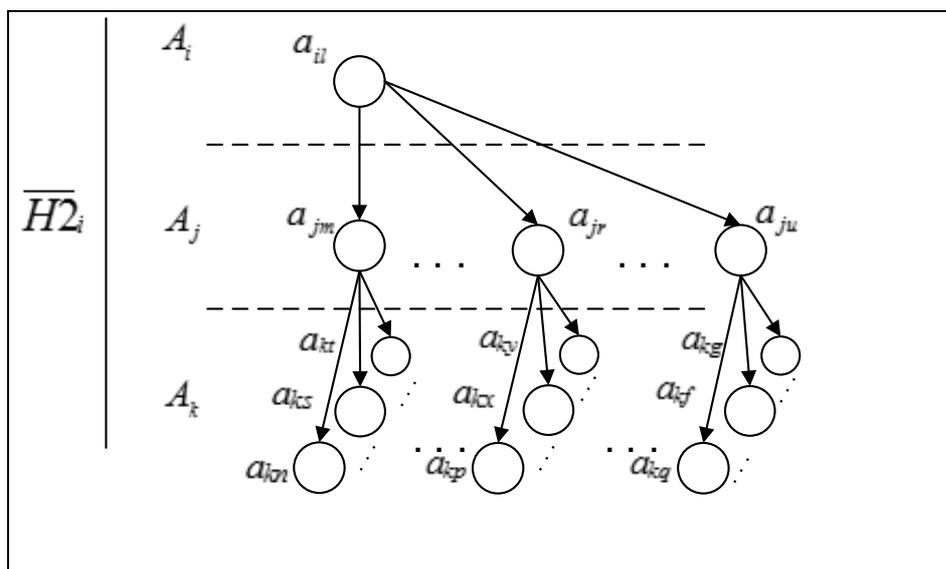


Рис.1.4. Элементарные схемы и схема предметных категорий

Тогда, присвоив монодическим элементам соответствующую индексацию можно уточнить процесс формирования схем ПК, показав некоторые варианты возможных сочетаний элементов. Пусть номер варианта схемы ПК определяется конкатенацией индексов, указывающих на вариант монодического элемента в схеме (при описании схемы данные индексы взяты в круглые скобки «( )»), следовательно возможные варианты сочетаний описываются следующим образом:

2.1) Возможные варианты элементарных схем предметных категорий.

Э.с. связанные с

$$\begin{array}{c} \text{элементом } a_{jm} \\ h_{iljmkcn}^2 = (a_{il}, a_{jm}, a_{cn}) \end{array}$$

$$\dots$$

$$h_{iljmkcs}^2 = (a_{il}, a_{jm}, a_{cs})$$

$$\dots$$

$$h_{iljmkct}^2 = (a_{il}, a_{jm}, a_{ct})$$

... с элементом  $a_{jv}$  ...

$$h_{iljvkcpr}^2 = (a_{il}, a_{jv}, a_{cpr})$$

$$\dots$$

$$h_{iljvkcpx}^2 = (a_{il}, a_{jv}, a_{cpx})$$

$$\dots$$

$$h_{iljvkcpy}^2 = (a_{il}, a_{jv}, a_{cpy})$$

... с элементом  $a_{ju}$  ...

$$h_{iljukcq}^2 = (a_{il}, a_{ju}, a_{cq})$$

$$\dots$$

$$h_{iljukcf}^2 = (a_{il}, a_{ju}, a_{cf})$$

$$\dots$$

$$h_{iljukcg}^2 = (a_{il}, a_{ju}, a_{cg})$$

## 2.2) Возможные варианты схем предметных категорий.

Получение вариантов сочетаний монодических элементов (М.Э.) внутри схем, происходит по принципу вложенных циклов. То есть фиксируется М.Э. связанный со структурным элементом (С.Э.)  $a_{jm}$ , для него фиксируется М.Э. связанный со С.Э.  $a_{jv}$  и перебирается все М.Э. связанный со С.Э.  $a_{ju}$ , далее процесс повторяется для другого М.Э. связанный со С.Э.  $a_{jv}$ , пока не будет произведено перебор для каждого М.Э. связанного со С.Э.  $a_{jm}$ .

$$1) \overline{h_{il(npq)}^2} = \{h_{iljmkcn}^2, \dots, h_{iljvkcpr}^2, \dots, h_{iljukcq}^2\} \quad (2.19)$$

⋮  
⋮  
⋮

$$2) \overline{h_{il(nxg)}^2} = \{h_{iljmkcn}^2, \dots, h_{iljvkcpx}^2, \dots, h_{iljukcg}^2\} \quad (2.20)$$

⋮  
⋮  
⋮

$$3) \overline{h_{il(nxq)}^2} = \{h_{iljmkcn}^2, \dots, h_{iljvkcpx}^2, \dots, h_{iljukcq}^2\} \quad (2.21)$$

$$4) \overline{h_{il}^2(sxf)} = \{h_{iljmk}^2, \dots, h_{iljvk}^2, \dots, h_{iljuk}^2\} \quad (2.22)$$

Далее, необходимо определить мощности множеств возможных вариантов схем для контекстуальных элементов (К.Э.), в данном случае для К.Э.  $\mathbf{a}_{il}$ .

Для этого примем следующие обозначения:

2.3) Множество бинарных связей С.Э. и М.Э. определяется следующим образом

$$\mathcal{L} A_j A_k |_{a_{jm}} = \{(a_{jm}, a_{kn}), \dots, (a_{jm}, a_{ks}), \dots, (a_{jm}, a_{kt})\}$$

$$\mathcal{L} A_j A_k |_{a_{jv}} = \{(a_{jm}, a_{kp}), \dots, (a_{jm}, a_{kx}), \dots, (a_{jm}, a_{ky})\}$$

$$\mathcal{L} A_j A_k |_{a_{ju}} = \{(a_{jm}, a_{kq}), \dots, (a_{jm}, a_{kf}), \dots, (a_{jm}, a_{kg})\}$$

2.4) Мощности множеств бинарных связей С.Э. и М.Э. будут определяться как

$$|\mathcal{L} A_j A_k |_{a_{jm}}| = m_i \text{ - для С.Э. } \mathbf{a}_{jm};$$

$$|\mathcal{L} A_j A_k |_{a_{jv}}| = v_s \text{ - для С.Э. } \mathbf{a}_{jv};$$

$$|\mathcal{L} A_j A_k |_{a_{ju}}| = u_t \text{ - для С.Э. } \mathbf{a}_{ju}.$$

2.4) Мощность множества схем для К.Э.  $\mathbf{a}_{il}$  будет определена как

$$N = m_i \times \dots \times v_s \times \dots \times u_t$$

Тогда множество схем ПК можно описать как

$$\overline{h_{il}^2} = \{\overline{h_{il}^2(n)} | n \in N; n = 1 \dots |N|\}$$

Данное описание вариативности схем позволит перейти к формальному описанию бинарных связей схем ПК.

3) Формальное описание бинарных связей схем ПК.

Множество бинарных отношений на схемах ПК для  $n$ -ой предметной задачи

$Th2(n) \subset \overline{H2(n)} \times \overline{H2(n)}$  можно представить как совокупность подмножеств определенного вида:

$$Th2(n) = \{\overline{LH2}_i(n), \overline{LH2}_i(n)\overline{H2}_j(n), \overline{LH2}_j(n)/\overline{H2}_i(n)\}. \quad (2.46)$$

Подмножество  $\overline{LH2}_i(n)$  определяет бинарные связи вида «упорядочивание» между схемами на ПК одного подмножества и имеет вид:

$$\overline{LH2}_i(n) = \{(\overline{h_{il}^2}, \overline{h_{im}^2}) \mid \overline{h_{il}^2}, \overline{h_{im}^2} \in \overline{H2}_i(n)\}. \quad (2.47)$$

Подмножество  $\overline{LH2}_i(n)\overline{H2}_j(n)$  определяет бинарные связи вида «состав» между схемами на ПК разных подмножеств и имеет вид:

$$\overline{LH2}_i(n)\overline{H2}_j(n) = \{(\overline{h_{il}^2}, \overline{h_{jm}^2}) \mid \overline{h_{il}^2} \in \overline{H2}_i(n), \overline{h_{jm}^2} \in \overline{H2}_j(n)\}. \quad (2.48)$$

Подмножество  $\overline{LH2}_j(n)/\overline{H2}_i(n)$  определяет бинарные связи вида «компоновка» между схемами на ПК одного подмножества и имеет вид:

$$\begin{aligned} \overline{LH2}_j(n)/\overline{H2}_i(n) = \{(\overline{h_{jm}^2}, \overline{h_{jn}^2}) \mid \overline{h_{jm}^2}, \overline{h_{jn}^2} \in \overline{H2}_j(n) \& \\ \& (\exists \overline{h_{il}^2} \in \overline{H2}_i(n): (\overline{h_{il}^2}, \overline{h_{jm}^2}), (\overline{h_{il}^2}, \overline{h_{jn}^2})) \in \\ \in \overline{LH2}_i(n)\overline{H2}_j(n)\}. \end{aligned} \quad (2.49)$$

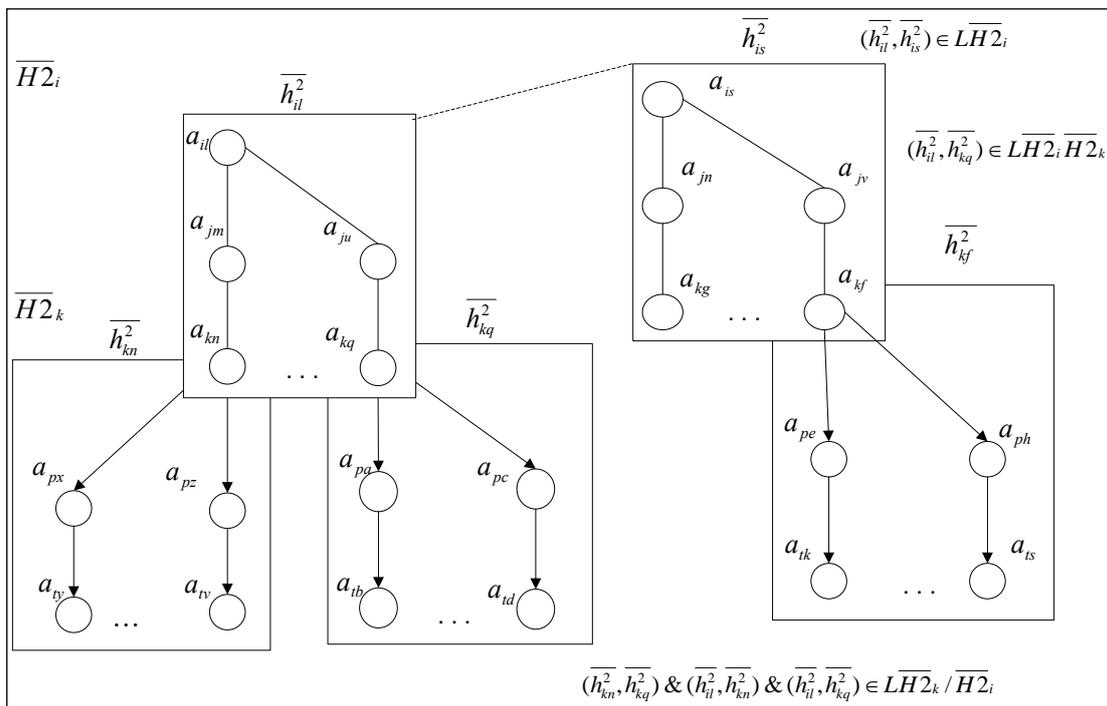


Рис.1.5. Бинарные связи схем предметных категорий

### Список литературы

1. Волкова Г. Д., Методология автоматизации проектно-конструкторской деятельности в машиностроении.: Учеб. Пос. – М.: МГТУ «СТАНКИН», 2000-81с

2. Волкова Г.Д. Об одном подходе к разработке методологии автоматизации интеллектуального труда / Материалы науч.-метод. Конференции «Проблемы интеграции образования и науки» - М.: ВНИИТЭМР, 1990г., с.171-172.
3. Волкова Г.Д., Концептуальное моделирование при создании систем автоматизированного проектирования./ М.:НТП «Ви́раж-центр», Техника машиностроение, 2000г.,№2,с.92-102.
4. Головина Е.Ю. Модели и методы проектирования информационных систем. // Учебное пособие. – М.: МГТУ «Станкин», 2002, 92с.
5. Соломенцев Ю.М., Волкова Г.Д. «Представление знаний при автоматизации проектно-конструкторской деятельности»./Межотраслевой научно-технический сборник «Техника, Экономика. Сер. Автоматизация проектирования». М.:ВИМИ, 1994, вып. 4, с. 3-6.
6. Волкова Г.Д. Семячкова Е.Г. Применение методологии автоматизации интеллектуального труда к созданию автоматизированных систем проектирования. // Межотраслевой научно-технический сборник «Техника, Экономика», серия автоматизация проектирования. – М.: ВИМИ, 1995, вып.3-4, с.48-55.
7. Волкова Г.Д. Методология автоматизации проектно-конструкторской деятельности в машиностроении. // Учебное пособие. – М.: МГТУ «Станкин», 2000, 81с.
8. Волкова Г.Д. Анализ автоматизации интеллектуального труда. // «Информатика-машиностроение». – М.: НТП «Ви́раж-центр», 1999, №5-6, с.52-55.
9. Волкова Г.Д. Семячкова Е.Г. Анализ проблем создания, эксплуатации и развития систем автоматизации проектирования в машиностроении. // «Информатика-машиностроение». – М.: НТП «Ви́раж-центр», 1999, №2, с.16-26.
10. Волкова Г.Д. Разработка новых методов и средств формирования и интеграции взаимосвязанных семантических и синтаксических представлений проектно-конструкторских задач с целью повышения эффективности создания систем автоматизированного проектирования машиностроительного назначения. / Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – М.: 1997, 608с.

## ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

**Уласень А.Ф., Навродский А.В.**

(Уласень А.Ф. - кандидат технических наук, доцент)

Военная академия ВПВО ВС РФ, г. Смоленск

Все меры по обеспечению надежности программ направлены на то, чтобы свести к минимуму ошибки при разработке и, как можно раньше, их выявить и устранить после разработки функционального программного обеспечения (ФПО), под которым понимается комплекс управляющих и обрабатывающих программ, предназначенных для организации функционирования аппаратуры вычислительных систем.

Функциональное программное обеспечение (ФПО) создается под конкретную конфигурацию вычислительной системы и разрабатывается на основании требований к ней, внешних спецификаций, описывающих интерфейсы объектов системы с вычислительными средствами, а также внутренних спецификаций, описывающих интерфейсы между программными компонентами [1].

Основным элементом вычислительной системы является специализированная цифровая вычислительная машина (СЦВМ), ориентированная на решение только специального, определенного (неизменного) класса задач.

Проблемная ориентация СЦВМ осуществляется различными способами:

специальной архитектурной организацией самой вычислительной машины и её внешних связей (каналов обмена) по изделию;

созданием для ЦВМ специального программного обеспечения;

введением дополнительных аппаратных блоков, расширяющих те или иные функции, возлагаемые на ЦВМ данной ориентации.

Обеспечение работы СЦВМ в условиях реального времени при сложных по структуре алгоритмах и малых периодах повторения входной и выходной информации на практике приводит к очень жестким требованиям по возможностям организации обмена между СЦВМ и абонентами. В этих условиях ввод-вывод информации должен организовываться в автоматизированном режиме путем применения развитой системы обслуживания запросов от абонентов.

Несомненной особенностью ФПО СЦВМ является постоянство алгоритмов и цикличность решаемых задач, которые остаются постоянными для всего периода эксплуатации СЦВМ. Временные циклы решения этих задач связаны с измеряемой и обрабатываемой информацией. Циклы периодически повторяются, обеспечивая решение одного и того же круга задач при изменяющихся исходных данных [3].

Следует учитывать, что в СЦВМ циклы расчета управляющих воздействий не могут выбираться произвольно, их запаздывание или опережение приводит к нарушению правильности функционирования системы. К аналогичным последствиям может привести и увеличение интервала дискретизации поступающей на обработку в СЦВМ информации, на основе которой производится расчет управляющих воздействий. Интервал дискретизации входного воздействия определяется на основе теоремы Котельникова для случайных процессов с ограниченным спектром. Для детерминированных процессов он выбирается, обычно, исходя из условия не превышения измеряемой величиной порога квантования по уровню за время, равное интервалу дискретизации.

Время цикла расчета управляющих воздействий является функцией скорости изменения состояния объекта управления, т. е. его инерционности и скорости изменения возмущающих воздействий [2].

Если принять допустимый период повторения интервала времени расчета  $\dot{i}$ -го управляющего воздействия равным  $T_i$ , то вычислительная система с СЦВМ в контуре управления будет работать в реальном масштабе времени при выполнении условия ограничения времени расчета:

$$T_i > t_{расч.i} + t_{пр.i} + t_{пер.i},$$

$$T_i > \sum_{i=1}^n (t_{вв.i} + t_{выв.i} + t_{пер.i} + t_{расч.i}),$$

где  $t_{расч.i}$  – время расчета управляющих воздействий для  $\dot{i}$ -го абонента;

$t_{пр.i}$  – время обработки  $i$ -го прерывания (постановка на обслуживание, ввод исходных данных),

$t_{вв.i}$  – время ввода информации от  $\dot{i}$ -го абонента в оперативную память;

$t_{выв.i} = t_{пер.i}$  – время передачи информации  $\dot{i}$ -му абоненту;

$t_{пер.i}$  – время, необходимое для принятия решения о необходимости обмена с  $\dot{i}$ -м абонентом.

В СЦВМ для реализации реального времени используются:

операционные системы реального времени;

сокращенная система команд;

центральный процессор с гарвардской архитектурой.

Развитая система прерываний является обязательным признаком вычислительной системы реального времени. Прерывание инициализируют механизмы программно-аппаратного вызова подпрограмм обработки информации, вызванной этим запросом на прерывание. Эффективная работа в режиме прерываний программ – одно из основных отличий СЦВМ от ЭВМ общего назначения.

Комплекс программ, входящих в состав ФПО вычислительных систем реального времени, следует рассматривать как один из типов сложных систем и поэтому к ним полностью относятся все основные проблемы, связанные с проектированием, внедрением и эксплуатацией сложных систем. Особенности функционирования специализированных вычислительных систем реального времени позволяет сформировать требования, предъявляемые к ним:

непосредственный обмен информацией с большим количеством внешних абонентов при одновременном решении основных функциональных задач;

чрезвычайно высокие требования по минимизации времени обработки внешних заявок на обслуживание;

высокая программная устойчивость при большой (сотни и тысячи часов) продолжительности непрерывной работы и высокие требования к достоверности управляющих воздействий при наличии различных возмущений;

большое разнообразие функций, выполняемых комплексами управляющих программ при относительной неизменности состава ФПО в течение всего периода эксплуатации вычислительной системы.

Реальное время является важнейшим требованием, определяющим выходные воздействия и функциональную связь между изменениями состояния управляемых объектов и моделью их состояния в СЦВМ. Искажение значений времени в СЦВМ может нарушить эту временную связь и привести к полному отказу вычислительной системы. Длительность решения задач и темп выдачи информации должны соответствовать режиму работы и текущему состоянию управляемых объектов. Это означает, что скорость обработки информации должна быть выше скорости реального управляемого процесса. Эффективность организации вычислительного процесса в реальном масштабе времени определяется задержкой сообщений перед их обработкой и вероятностью потери сообщений. Поэтому одной из важных для организации работы комплексов управляющих программ является проблема оперативного управления вычислительным процессом в реальном масштабе времени.

### **Список литературы**

1. Волосенков В. О. Методика оценки качества сложных комплексов программ вычислительных систем реального времени // Наука и техника транспорта. – 2007. – № 1. – С. 63-66.
2. Константиновский В.М., Лопашин П.М., Шалин С.А. Средства разработки и отладки программного обеспечения для систем, работающих в режиме реального времени. ВСПЭ, серия РЛТ, 2000, вып. 1, С. 7- 21.
3. Уласень А. Ф. Выявление ошибок работы с памятью в информационных системах управления специального назначения // Электромагнитные волны и электронные системы – 2014. – № 11. – С. 45-48.

### **СЕКЦИЯ №3.**

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

### **СЕКЦИЯ №4.**

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

##### **К ВОПРОСУ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗМЕРНЫХ РАСЧЕТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

**Рогозин Г.И., Прохоров В.Г., Испирян Н.В., Испирян С.Р.**

ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет»

В статье приведено описание основных этапов при автоматизации размерных расчетов в процессе проектирования технологических процессов.

Ключевые слова: размерные расчеты, компенсирующиеся погрешности, операционные цепи.

При проектировании технологических процессов изготовления деталей машин во всем комплексе работ значительное место занимают размерные расчеты основных параметров технологического процесса (операционных размеров, промежуточных припусков, размеров заготовки), а также оценка точности технологического процесса в целом. Очевидно, эта часть проектных разработок, как наиболее сложная и трудоемкая, и должна быть автоматизирована в первую очередь.

Для автоматизированного решения вышеназванных задач на кафедре «Технология автоматизированного машиностроения» ТвГТУ разработана программа. Программа написана на языке C# и обеспечивает выполнение следующих функций:

- построение операционных размерных цепей;
- оценка точности проектируемого технологического процесса;

- расчет припусков и технологических размеров по всем технологическим переходам, включая переход получения заготовки;
- проектирование такого технологического процесса, который с высокой степенью вероятности позволит обеспечить точность, указанную в чертеже детали.

Ниже приведена укрупненная блок-схема алгоритма работы с программой.

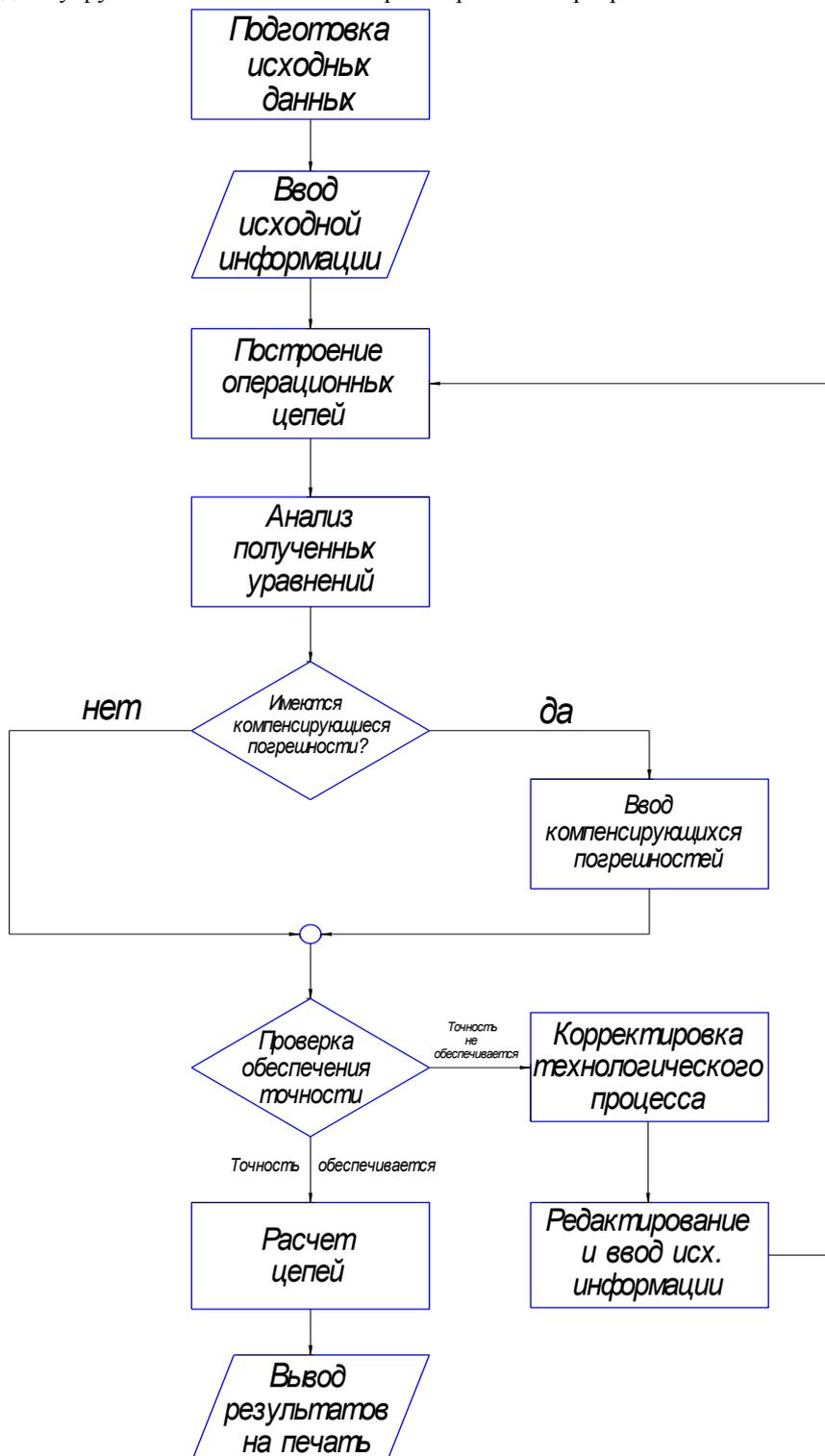


Рис. Блок-схема алгоритма работы программы

Этапы работы:

1. Подготовка исходной информации о проектируемом ТП и сведение ее в таблицу с исходных данных [1].
2. Ввод исходной информации в программу в диалоговом режиме.

3. Построение операционных цепей. Выполняется программой автоматически. [1]
4. Анализ полученных уравнений и ввод компенсирующихся погрешностей при их наличии в диалоговом режиме. [2, 3]
5. Проверка обеспечения точности. Выполняется программой автоматически.
6. В случае успешности проверки обеспечения точности производится расчет операционных цепей. Выполняется программой автоматически. В случае необеспечения точности – корректировка ТП и редактирование исходных данных в диалоговом режиме, возврат к этапу №2.
7. Вывод результатов на печать. Предусмотрена возможность печати как отдельных категорий выходных параметров (припуски, технологические размеры, полученные уравнения), так и всей информации по проектируемому ТП.

#### **Список литературы**

1. Рогозин, Г.И. Автоматизация построения технологических операционных размерных цепей/ Г.И. Рогозин, В.Г. Прохоров, Н.В. Испирян., С.Р. Испирян.// Современный взгляд на проблемы технических наук: сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 4. г. Уфа: Инновационный центр развития образования и науки, 2017. С. 21-25.
2. Рогозин, Г.И. К вопросу о расчете припусков на механическую обработку/ Г.И. Рогозин, Н.В. Испирян, С.Р. Испирян// Вестник Тверского государственного технического университета. Тверь: ТГТУ, 2015. №2(28). С.79-81.
3. Матвеев, В.В. Размерный анализ технологических процессов/ В.В. Матвеев, М.М. Тверской, Д.И. Бойков, Ю.Н. Свиридов, Д.Л. Блюменкранц. М.: Машиностроение, 1982. 260 с.

#### **СЕКЦИЯ №5.**

#### **ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)**

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ КОТЛОАГРЕГАТА БКЗ-210-140 ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ КОТЕЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ ГЛАВНОГО КОРПУСА КИРОВСКОЙ ТЭЦ-4**

**Иглин П.В., Крупин Д.Ф., Лоншаков А.С.**

ВятГУ, РФ, г. Киров

Вопрос использования вторичных тепловых энергоресурсов является весьма актуальным и представляет собой открытое перспективное направление для проведения теоретических и практических исследовательских работ. Отдельное место в данных исследованиях занимает вопрос использования теплоты уходящих газов котлоагрегатов большой мощности. Это связано с режимами работы и характеристиками надежности работы котлов. Осуществление наиболее эффективного использования низкопотенциальной теплоты уходящих газов котлоагрегата для покрытия тепловой нагрузки представляется связанным с замещением тепловой нагрузки собственных нужд источника тепловой энергии, таких как отопление зданий и обеспечение горячего водоснабжения.

В рамках данной работы проведена оценка эффективности покрытия тепловой нагрузки отопления котельного отделения главного корпуса Кировской ТЭЦ-4 с расчетной тепловой нагрузкой составляющей 11,8 МВт, обеспечивающейся по температурному графику 150/70 со срезкой 130 °С теплотой уходящих газов от котлоагрегата БКЗ-210-140. Все расчеты проводились для проектного режима работы котлоагрегата.

Тепловой расчет котлоагрегата осуществленный по нормативному методу [1] показал распределение температур уходящих газов по газоходу котла в соответствии с рисунком 1.

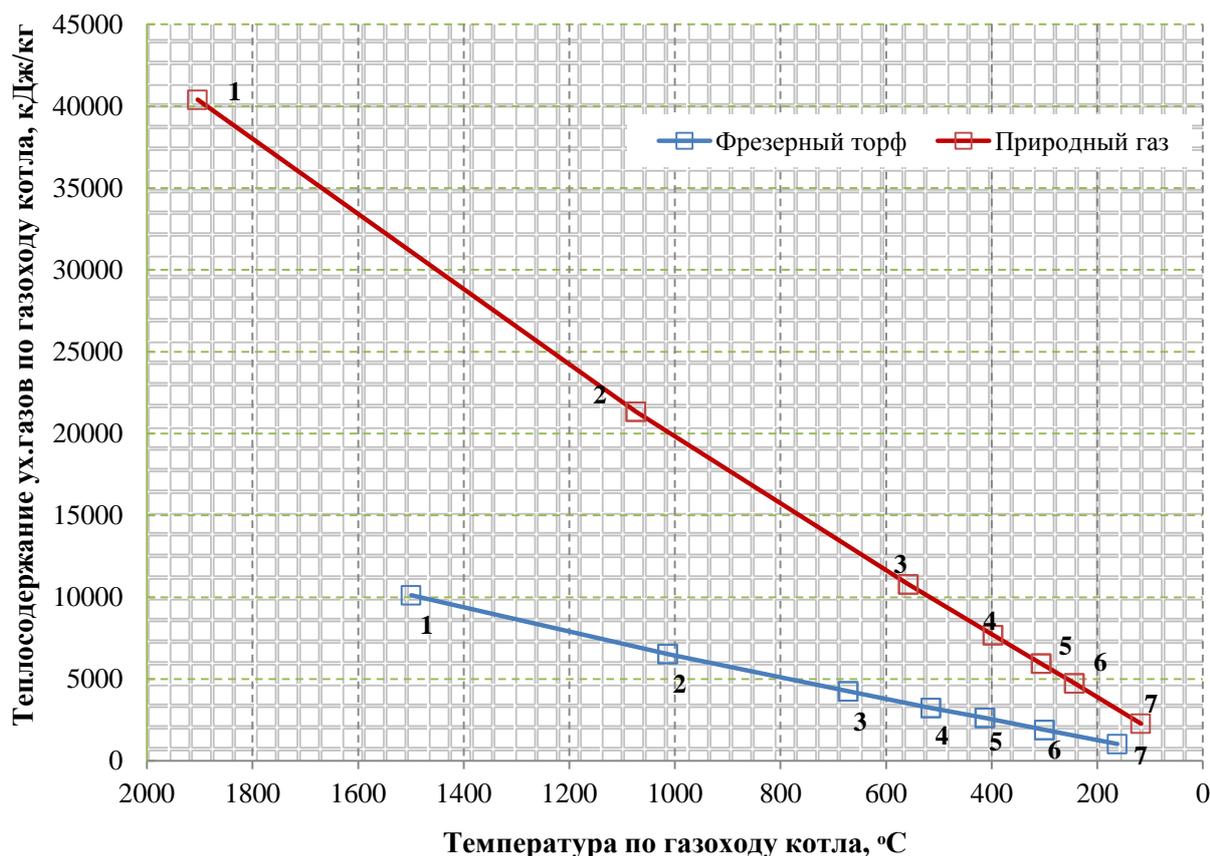


Рисунок 1 – Распределение температур уходящих газов по газоходу котлоагрегата БКЗ-210-140: 1-2 – топка; 2-3 – пароперегреватель; 3-4 – экономайзер 2 ступень; 4-5 – воздухоподогреватель 2 ступень; 5-6 – экономайзер 1 ступень; 6-7 – воздухоподогреватель 1 ступень.

Охлаждение дымовых газов должно учитывать опасность коррозии золоуловителей. В связи с этим, температура уходящих газов должна выбираться выше температуры точки росы дымовых газов на 15-20 °С. Исходя из данного условия и рекомендаций по расчету температуры точки росы дымовых газов, приведенных в [1], значения допустимой температуры охлаждения дымовых газов составляют 100 °С для торфа и 74 °С для природного газа.

Полученные результаты распределения температур по газоходу котла, работающего в проектном режиме и с учетом реальных режимов работы котлоагрегата с низкой газоплотностью тракта, позволяют сделать вывод о необходимости использования теплоты уходящих газов на выходе из экономайзера первой ступени. Значения температур уходящих газов в данной точке составляют 242,8 °С и 299,6 °С с массовыми расходами уходящих газов 72,24 кг/с и 106,26 кг/с для природного газа и торфа соответственно.

Покрытие расчетной тепловой нагрузки 11,8 МВт с температурами 130 °С и 70 °С для прямой и обратной сетевой воды соответственно, определяет расчетный расход сетевой воды, равный 47,13 кг/с. Из уравнения теплового баланса вида:

$$W_{св} \cdot c_p \cdot (\tau_1 - \tau_2) = G_g \cdot \bar{C}_p \cdot (t_1 - t_2),$$

где:  $W_{св}$  и  $G_g$  – расход сетевой воды и уходящих газов соответственно, кг/с;

$c_p$  – изобарная теплоемкость сетевой воды, кДж/кг·°С;

$\tau_1$  и  $\tau_2$  – температура прямой и обратной сетевой воды соответственно, °С;

$\bar{C}_p$  – средняя изобарная теплоемкость уходящих газов, кДж/кг·°С;

$t_1$  и  $t_2$  – температуры на выходе из экономайзера 1 ступени и на входе в воздухоподогреватель 1 ступени соответственно;

возможно определить величину охлаждения уходящих газов при покрытии тепловой нагрузки и температуру уходящих газов на входе в первую ступень воздухоподогревателя, равную 233,6 °С и 276,1 °С для природного газа и торфа соответственно. Такое изменение температур уходящих газов перед

воздухоподогревателем первой ступени ведет к изменению температуры воздуха и режима работы котлоагрегата. В рамках данной работы произведено расчетное исследование изменения температуры уходящих газов по газоходу котла в связи с дополнительным охлаждением уходящих газов для покрытия тепловой нагрузки. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Анализ представленной таблицы показывает наибольшие изменения температуры уходящих газов в топке котлоагрегата, равное 5,8 °С и 12,4 °С для природного газа и торфа соответственно. В первую очередь, это обусловлено влиянием снижения температуры воздуха, подаваемого в горелки. Снижение температуры уходящих газов от пароперегревателя до выхода точки выхода из экономайзера 1 ступени незначительно по сравнению с исходным вариантом работы котлоагрегата и составляет в среднем 2,9 °С и 2,3 °С для природного газа и торфа соответственно, в каждой точке расчета. Отбор части теплоты уходящих газов на подогрев сетевой воды снижает их температуру 9,2 °С и 23,5 °С для природного газа и торфа соответственно. Значения температур уходящих газов на выходе из воздухоподогревателя 1 ступени соответствуют требованию предотвращения коррозии металла. Таким образом, исходя из проведенных расчетов, можно сделать вывод о возможности использования части теплоты уходящих газов на покрытие тепловой нагрузки.

Таблица 1 – Распределение температур уходящих газов по газоходу котла

Поверхность нагрева	Расположение	Температура до реконструкции, °С		Температура после реконструкции, °С	
		торф	газ	торф	газ
топка	на входе	1499,3	1904,0	1486,9	1898,2
	на выходе	1013,4	1073,8	1008,6	1072,6
пароперегреватель	на входе	1013,4	1073,8	1008,6	1072,6
	на выходе	671,5	557,5	668,3	554,4
экономайзер 2 ст.	на входе	671,5	557,5	668,3	554,4
	на выходе	514,4	396,8	512,5	393,2
воздухоподогреватель 2 ст.	на входе	514,4	396,8	512,5	393,2
	на выходе	412,1	305,9	411,7	303,6
экономайзер 1 ст.	на входе	412,1	305,9	411,7	303,6
	на выходе	299,6	242,8	297,3	238,6
воздухоподогреватель 1 ст.	на входе	299,6	242,8	276,1	233,6
	на выходе	162,0	117,1	154,3	114,2

Технологическое обеспечение покрытия тепловой нагрузки котельного отделения главного корпуса ТЭЦ-4 представлено в виде подогрева сетевой воды в сетевых подогревателях до температуры 105 °С с удельным расходом топлива  $b_y^{сн} = 180$  кг у.т./Гкал и дальнейшем нагреве в пиковых водогрейных котлах с удельным расходом топлива  $b_y^{пвк} = 160$  кг у.т./Гкал. Годовое количество теплоты, отпущенное на покрытие тепловой нагрузки, составляет 22865,34 Гкал в год. При этом, доля тепловой нагрузки, обеспеченная сетевыми подогревателями, составляет 15824,24 Гкал, остальные 7041,1 Гкал приходятся на пиковые водогрейные котлы. Исходя из этого, годовой расход топлива на покрытие тепловой нагрузки котельного отделения составляет 3974,9 т у. т. в год. В уровне цен на топливо 2017 года, составляющих 3837,95 руб./т у. т. и 4452,9 руб./т у. т. для природного газа и торфа соответственно, годовая экономия от внедрения данного мероприятия составит 15,3 млн. рублей и 17,7 млн. рублей для природного газа и торфа соответственно.

Таким образом, проведенные расчеты показали целесообразность продолжения исследований данной проблемы в направлениях, связанных с изменением эффективности работы котлоагрегата и разработки оптимальной конструктивной части теплообменного аппарата, а также технологического обеспечения данного мероприятия с целью оптимизации использования теплоты уходящих газов и экономии топливно-энергетических ресурсов.

## Список литературы

1. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод / Под ред. Н.В. Кузнецова. М.: Энергия, 1973. 358 с.
2. Тепловой расчет котлов: Нормативный метод. СПб: Изд-во НПО ЦКТИ, 1998.257 с.

## ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ВДОЛЬТРАССОВЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ

Петухова С.Ю.

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, РФ, г. Москва

*Аннотация: приведены результаты исследования пропускной способности вдольтрассовых высоковольтных воздушных линий электропередачи магистральных нефтепроводов с учетом особенностей их эксплуатации в условиях большой протяженности.*

*Ключевые слова: вдольтрассовые высоковольтные воздушные линии электропередачи, пропускная способность, потеря напряжения.*

Вдольтрассовые высоковольтные воздушные линии электропередачи (ВЛ) напряжением 6(10) кВ являются составной частью линейных сооружений магистральных нефтепроводов (МН) и предназначены для обеспечения электрической энергией трассовых объектов МН, устройств дистанционного управления запорной арматурой, установок электрохимической защиты [1, 2].

В сложных климатических и грунтовых условиях вдольтрассовые воздушные линии электропередачи располагаются справа от вдольтрассовых проездов на стальных опорах из гнутых профилей для ВЛ с неизолированными проводами и антикоррозионной обработкой (Рисунок 1).

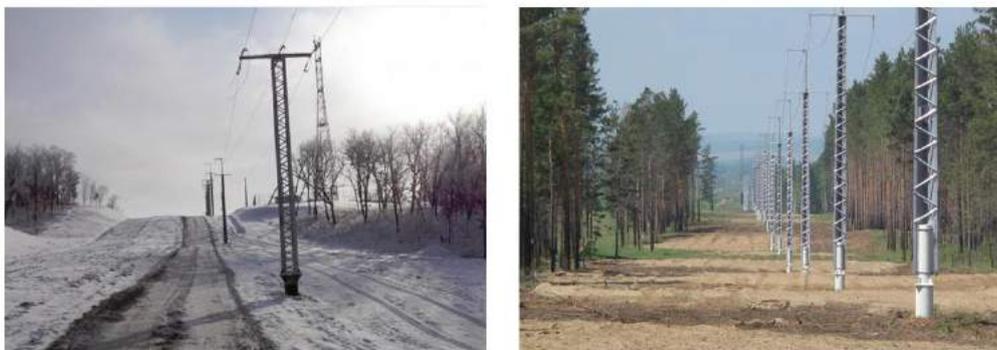


Рис.1. Вдольтрассовые воздушные линии электропередачи линейных участков магистральных нефтепроводов

Специфика функционирования линейной части МН заключается в наличии протяженной инфраструктуры. А поскольку в состав системы электроснабжения трассовых объектов входят вдольтрассовые высоковольтные воздушные линии электропередачи, то и их эксплуатация также проходит в условиях большой протяженности.

Для передачи и распределения электроэнергии электрическим нагрузкам вдольтрассовых ВЛ применяется магистральная схема питания (Рисунок 2). Причем, в качестве источников питания вдольтрассовых ВЛ могут использоваться секции шин закрытых распределительных устройств ЗРУ-6(10)кВ понижающих трансформаторных подстанций нефтеперекачивающих станций [3].

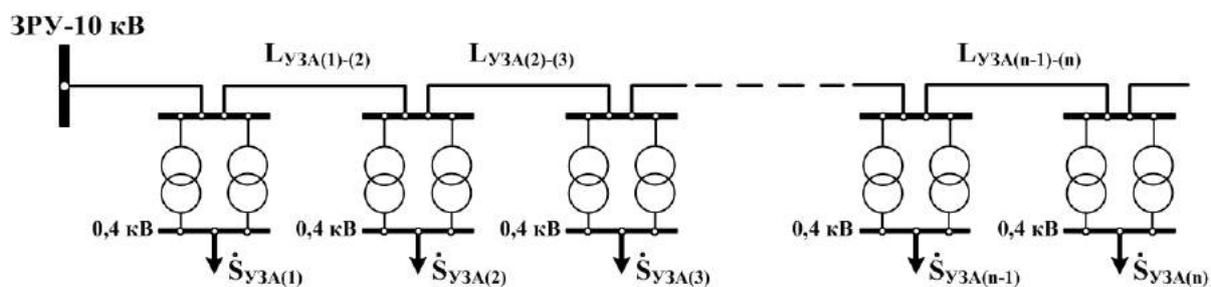


Рис.2. Магистральная схема передачи и распределения электроэнергии электрическим нагрузкам вдольтрассовой линии электропередачи

Электроснабжение потребителей 0,4кВ линейной части МН выполняется от блок-контейнерных пунктов контроля и управления, в которых устанавливаются (Рисунок 2) два двухобмоточных трансформатора 10/0,4 кВ сухого исполнения.

В соответствии с [5] установка запорной арматуры на магистральных нефтепроводах предусматривается на расстояниях, определяемых расчетом. Основным критерием расчета является минимум приведенных затрат на сооружение, техническое обслуживание, ремонт и ликвидацию разливов нефти в случае возможных аварий [1]. Причем, расстояние между узлами запорной арматуры, обозначенное как  $L_{УЗА}$  на Рисунке 2, не должно превышать 30 км [5].

Состав электрических нагрузок узлов запорной арматуры (УЗА) и долевое соотношение потребляемых ими мощностей приведены на Рисунке 3.

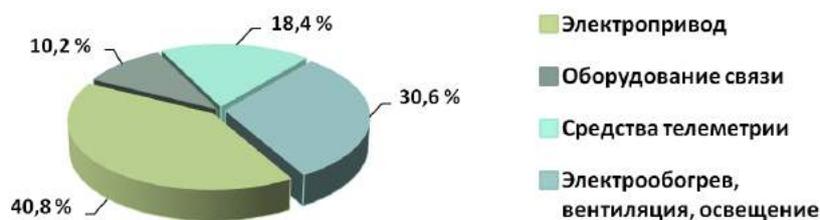


Рис.3. Состав и долевое соотношение мощностей, потребляемых электрическими нагрузками узлов запорной арматуры

Автоматизированное управление запорной арматурой линейных участков МН осуществляется взрывозащищенными электроприводами [4].

Современное состояние и развитие нефтегазовой отрасли Российской Федерации связано с освоением новых нефтяных месторождений. Например, для транспортировки нефти, поступающей с Юрубчено-Тохомского и Куюбинского месторождений, расположенных на территории Красноярского края, на период 2016г.-2020г. предусмотрено строительство нефтепровода «Куюмба-Тайшет», протяженность трасс ряда линейных участков которого составляет от 113,4 км до 273,9 км. Таким образом, следует учитывать изменение пропускной способности вдольтрассовых воздушных линий электропередачи в условиях увеличения их протяженности.

Пропускная способность электрической сети представляет собой технологически максимально допустимое значение мощности, передаваемое с учетом режимно-технических ограничений (условий эксплуатации и параметров надежности функционирования системы электроснабжения). Для вдольтрассовых воздушных линий электропередачи классов напряжений 6(10) кВ ограничение передаваемой мощности может быть вызвано как максимальным значением тока по условиям предельно допустимого нагрева проводов (требования ПУЭ), так и уровнем напряжения у потребителей [6], когда максимально допустимое значение мощности по условию регулирования напряжения ограничивается допустимой потерей напряжения в ВЛ.

Для обеспечения надежности электроснабжения потребителей линейной части МН вдольтрассовые ВЛ 6(10) кВ имеют двухстороннее питание, но работают в режиме разомкнутых электрических сетей. Известно [7], что для относительно коротких ВЛ предельная мощность нагрузки будет ограничиваться допустимым током нагрева проводов, а для ВЛ большой протяженности – допустимой потерей напряжения (условиями регулирования напряжения).

Для определения пропускной способности по условию допустимых потерь напряжения выполнены расчеты потерь напряжения во вольтрассовых линиях электропередачи большой протяженности при расстояниях от центра питания (секции шин ЗРУ-10кВ нефтеперекачивающих станций) до наиболее удаленных узлов электрических нагрузок 240км÷250км и расположениях узлов запорной арматуры относительно друг друга на расстояниях 30км и 25км. Мощность электрических нагрузок УЗА составляет 10 кВт. Учитывались расчетные данные проводов [7] марок АС-50/8, АС-70/11, АС-95/16, АС-120/19 и использовалась методика расчета потерь напряжения, основанная на применении теории многополюсников [8]. Результаты расчетов потерь напряжения (в %) представлены на Рисунке 4.

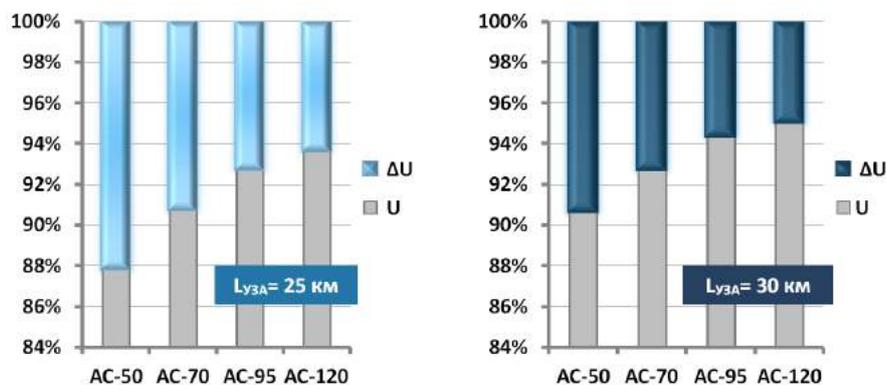


Рис.4. Потери напряжения (в %) во вольтрассовых линиях электропередачи большой протяженности до наиболее удаленных узлов электрических нагрузок

Анализ результатов расчетов выявил, что при применении марки провода АС-50 (с минимально допустимым для вольтрассовых ВЛ сечением) и при  $L_{УЗА}=30\text{км}$  максимальные потери напряжения до наиболее удаленных узлов электрических нагрузок (240км) составляют более 9 %, а при  $L_{УЗА}=25\text{км}$  максимальные потери напряжения до наиболее удаленных узлов электрических нагрузок (250км) достигают 12 %. При применении марки провода АС-120 при  $L_{УЗА}=30\text{км}$  максимальные потери напряжения до наиболее удаленных узлов электрических нагрузок (240км) соответствуют 5%, а при  $L_{УЗА}=25\text{км}$  максимальные потери напряжения до наиболее удаленных узлов электрических нагрузок (250км) составляют 6,5 %.

На Рисунке 5 представлены результаты расчетов распределения потерь мощности во вольтрассовых линиях электропередачи большой протяженности при  $L_{УЗА}=30\text{км}$  (наиболее удаленные узлы электрических нагрузок находятся на расстоянии 240км) и при  $L_{УЗА}=25\text{км}$  (наиболее удаленные узлы электрических нагрузок находятся на расстоянии 250км).

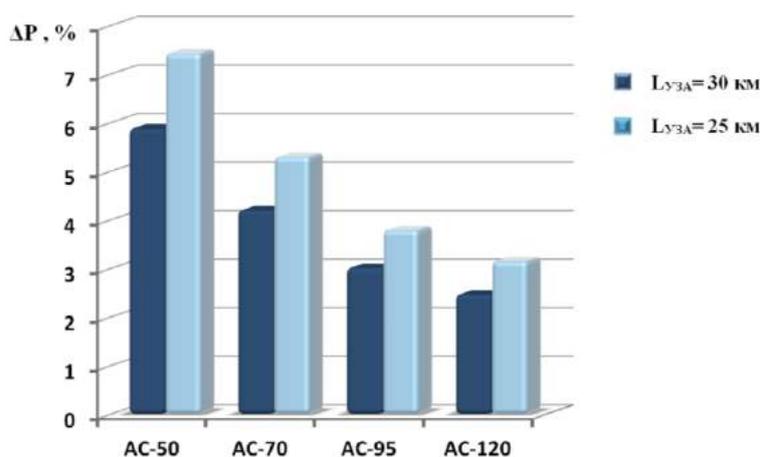


Рис.5. Распределение потерь мощности (в %) во вольтрассовых линиях электропередачи большой протяженности

Сопоставление изменений напряжений в узлах электрических нагрузок вольтрассовых линий электропередачи большой протяженности, показанные на Рисунке 6, приводят к следующему выводу. Увеличение  $L_{УЗА}$  с 25км до 30км позволяет использовать во вольтрассовых линиях электропередачи большой протяженности провода марки АС меньшего сечения. За счет этого технического решения с

увеличением протяженности линейных участков магистральных нефтепроводов могут быть уменьшены инвестиционные вложения в сооружения и последующую эксплуатацию вдольтрассовых воздушных линий электропередачи.

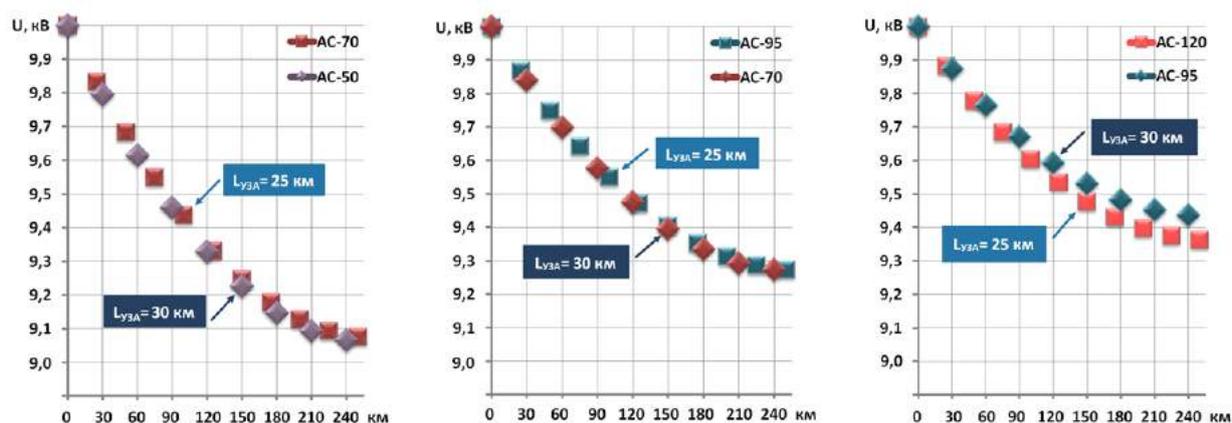


Рис.6. Сопоставление изменения напряжений в узлах электрических нагрузок вдольтрассовых линий электропередачи большой протяженности

На Рисунке 7 представлены результаты расчетов пропускной способности - значений наибольших расстояний от источника питания до наиболее удаленных узлов электрических нагрузок вдольтрассовых ВЛ по условию допустимой потери напряжения (5%) в зависимости от сечений проводов марки АС и расстояний между узлами запорной арматуры.

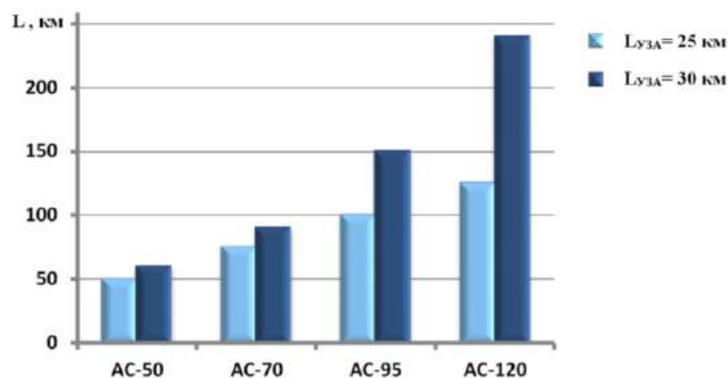


Рис.7. Наибольшие расстояния до наиболее удаленных узлов электрических нагрузок вдольтрассовых ВЛ по условию допустимой потери напряжения

Для увеличения пропускной способности вдольтрассовых воздушных линий электропередачи магистральных нефтепроводов по условиям регулирования напряжения наряду с применением марки провода с большего сечения (например, АС-120) целесообразна установка вольтодобавочных трансформаторов.

### Список литературы

1. РД 153-39.4-113-01. Нормы технологического проектирования магистральных нефтепроводов.
2. РД 153-39.4-056-00. Правила технической эксплуатации магистральных нефтепроводов.
3. Меньшов Б.Г. Электротехнические установки и комплексы в нефтегазовой промышленности / Б.Г. Меньшов, М.С. Ершов, А.Д. Яризов – М.: ОАО «Издательство «Недра», 2000. – 487 с.
4. Ершов М.С. Энергосберегающий электропривод технологических установок трубопроводного транспорта газа, нефти и нефтепродуктов / М.С. Ершов, А.Д. Яризов - М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2011. – 246 с.
5. СП 36.13330.2012. Свод правил. Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85\*

6. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
7. Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д.Л. Файбисовича. – М.: ЭНАС, 2012. –376 с.
8. Петухова С.Ю. Усиление тяговых сетей переменного тока использованием распределенного питания и провода повышенного напряжения / Диссертация канд.техн.наук . - М., 1994, 159 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТИВОТОЧНОГО ВИХРЕВОГО ГОРЕЛОЧНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ГАЗИФИКАЦИИ ТБО

**Седов С.С., Пиралишвили Ш.А., Евдокимов О.А.**

РГАТУ им. П.А. Соловьева, г. Рыбинск

Проблема создания многотопливных горелок энергетического направления с минимизацией вредных выбросов, надежным запуском и высокой полнотой сгорания  $\geq 0,93$  % является актуальной задачей. Её значимость возрастает в связи с переходом на генерируемые синтетические топлива (синтез газ, жидкое и твердое горючее), получаемые в процессе возобновляемых источников энергии органического происхождения, ТБО и медицинские отходы [1,2].

Значимость отмеченного научно-технического поиска непрерывно связано с экологической ситуацией отдельных регионов и страны в целом. При этом необходимо подчеркнуть обозначенные в стране недостатки в энергетическом отношении отдаленных поселений, небольших передвижных энергопользователей, которые должны быть обеспечены в полной мере достаточным энергообеспечением сравнительно малой мощности. Это требует разработки ряда энергоустановок, генерирующих выработку мощности в пределах  $0,1 \leq N \leq 2,0$  МВт.

При создании 3д модели горелочного устройства рис. 1 использованы: графический редактор Компас 3D, вычислительный пакет Ansys CFX.

Геометрические размеры 3д модели, в полной мере соответствуют горелочному устройству в материале. На рис. 2 показана геометрическая модель в разрезе и приведены ее основные граничные условия, приложенные к входам для окислителя и топлива, а также на выходе из проточной части.

Геометрические размеры 3д модели, в полной мере соответствуют горелочному устройству в материале ранее созданному, но не проходившему численные и экспериментальные испытания. На рисунке 2 показана геометрическая модель в разрезе и приведены ее основные граничные условия, приложенные к входам для окислителя и топлива, а также на выходе из проточной части.

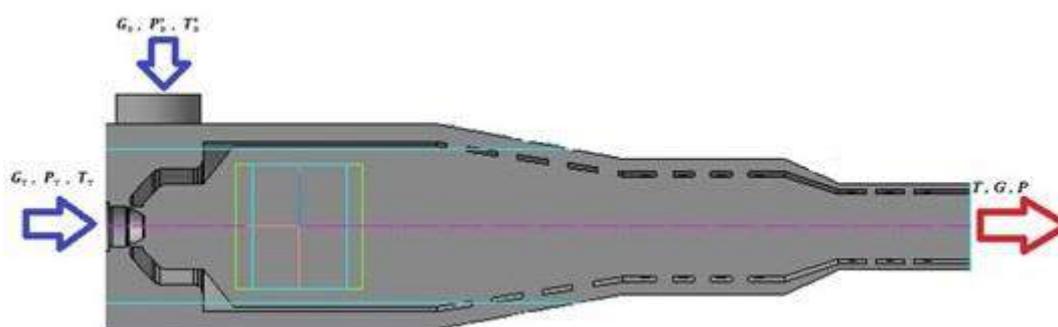


Рисунок 2. Схема задания граничных условий

Первоначальный численный расчет произведен с принятыми расходами окислителя (воздух); топлива (пропан); из соображений оптимального для данного горелочного устройства коэффициента избытка воздуха ( $\alpha = 1,5$ ) и устойчивого численного расчета.

В дальнейшем планируется провести экспериментальные исследования данного горелочного устройства с использованием вихревого вентилятора Elektor SD 4n FU-80/4,0, обеспечивающим подачу окислителя с различным давлением. Подача топлива с использованием форсуночного устройства.

Расчетная область представляет собой проточную часть горелочного устройства с одним подводом воздуха в качестве закручивающего устройства, а также с подводом топлива непосредственно в жаровую трубу.

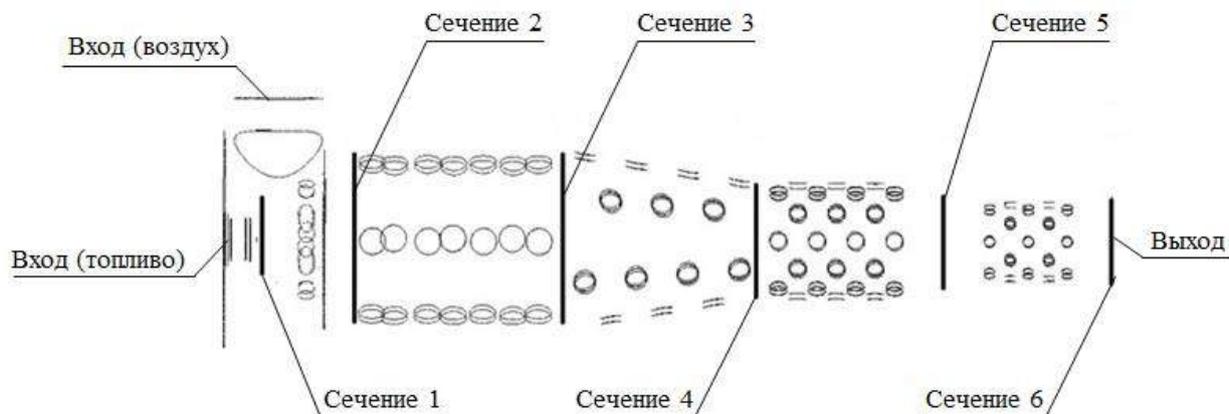


Рисунок 3. Модель проточной части горелочного устройства

Определим распределение температуры, поступление воздуха через каналы жаровой трубы по сечениям с вычетом расхода топлива, полноту сгорания, параметр закрутки, распределение массовой доли по длине канала. Расчёт производился на полной модели, сетка тетрагональная, количество элементов – 2,1 млн.

Таблица 1 – Граничные условия горелочного устройства

Расход топлива	$G_T = 2 * 10^{-3}$ кг/с
Расход окислителя	$G_B = 50 * 10^{-3}$ кг/с
Температура окислителя и топлива	$T = 293$ К
Давление на выходе	$p_{\text{вых}} = 101325$ Па

Также на стенке задано условие прилипания и адиабатности.

Согласно приведенным граничным условиям с использованием вышеописанных физико-математических моделей выполнено численное моделирование горения газообразного топлива в вихревом прямоточном горелочном устройстве.

Результаты численного моделирования представлены на рисунках 4-11. Поле температуры, изображенное на рисунке 4, характеризуется не равномерностью в жаровой трубе и областью низкой температуры в пристеночной области горелочного устройства (вне жаровой трубы), что объясняется циркуляцией свежей воздушной смеси, непрерывно подающейся в сопловой ввод. Процесс горения наблюдается большей частью в центре горелочного устройства, однако происходит прилипания потока к одной из стенок жарового пространства, ближе к выходу наблюдается относительное выравнивание поля температур. Относительно высокая температура на выходе из горелочного устройства, говорит практически о не завершении процесса горения при покидании газовым потоком горелочного устройства.

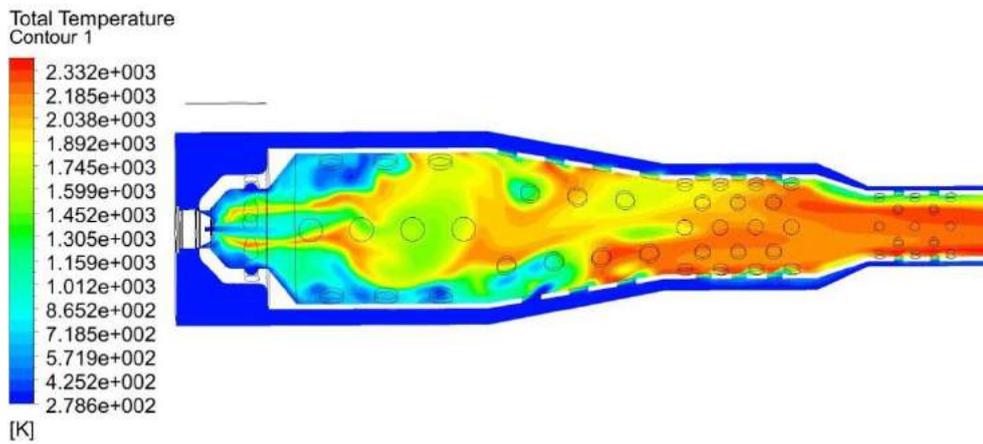


Рисунок 4. Поле температуры в продольном сечении прямооточного вихревого горелочного устройства

Полное давление в рассматриваемом горелочном устройстве, показанное на рисунке 5, говорит о том, что распределение давления происходит равномерно по всему объему устройства.

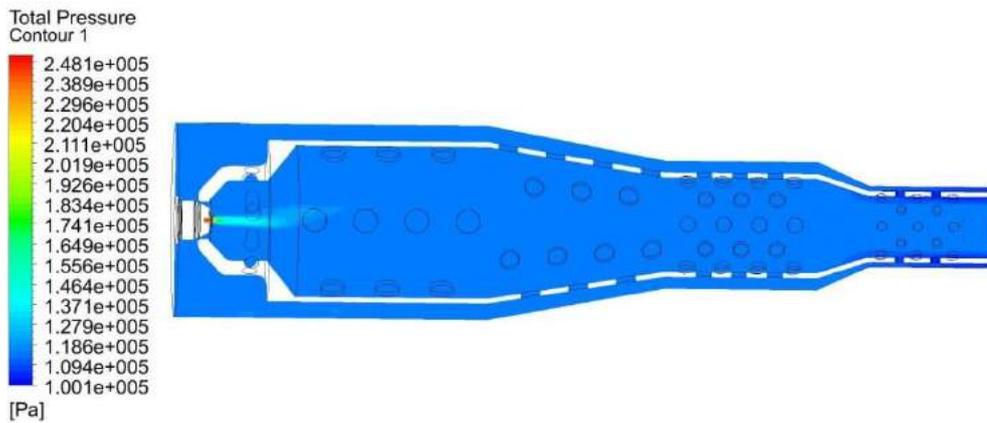


Рисунок 5. Поле давления в продольном сечении прямооточного вихревого горелочного устройства

Линии тока изображенные на рисунке 6, характеризуются интенсивным закрученным течением. Оценивая выше упомянутый рисунок наглядно видно, внутри жаровой трубы нет ярко выраженного осевого вихря, проявляется зона обратных токов и прилипание газового потока на стенках жаровой трубы.

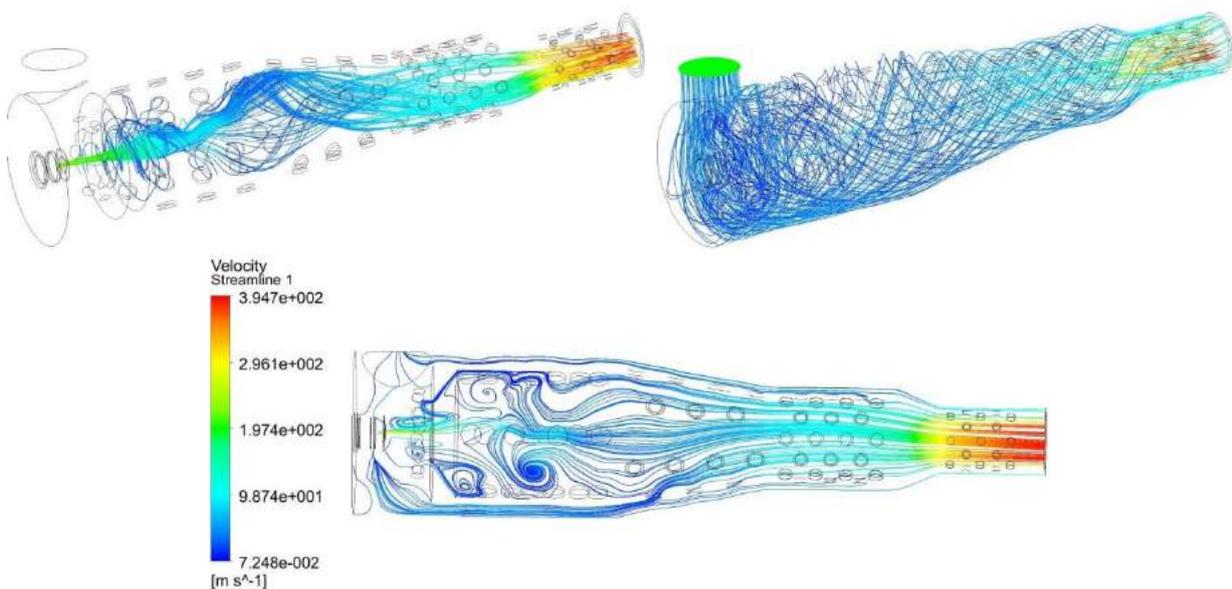


Рисунок 6. Линии тока и вектора скорости в продольном и объемном сечении прямооточного вихревого горелочного устройства

# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Фоменко А.С., Гладкий С.В.

ВГТУ, РФ, г. Воронеж

В настоящее время современная промышленность не обходится без автоматизированных систем и инновационных решений, позволяющих многократно увеличить объемы производства. Расширение применения роботов обусловлено стремлением к повышению производительности и повышению качества выпускаемой продукции.

На крупных производственных площадках идет стремление к минимизации антропогенного влияния. Данное явление объясняется следующими факторами:

- Нехватка квалифицированной рабочей силы
- Освобождение от тяжелого физического труда
- Снижением стоимости промышленных роботов
- Снижением вредного влияния на рабочих, особенно в металлургии, сварочных процессах и ядерной промышленности

Одними из основных областей применения роботов является авиастроение, автомобилестроение, медицина и приборостроение. Роботы используются для сверления, сварки деталей и сборочных узлов, покраски, подготовке поверхностей и проведению различных видов контролей качества изготавливаемой продукции, применяемых на производстве. Роботы могут стабильно выполнять сложные задачи, монотонные операции.

Там, где человек находиться не может из-за условий опасной для жизнедеятельности среды, роботизированные системы способны работать дистанционно, практически не ограниченное время. Так, например, при утилизации ядерных отходов применяют специальные манипуляторы, чтобы минимизировать воздействия радиации на организм человека.

Наряду с положительными качествами, промышленные роботы имеют ряд недостатков, что затрудняет широкомасштабную автоматизацию производственной среды. К главным недостаткам относятся:

- Высокая стоимость оборудования
- Нехватка специалистов, способных управлять роботизированными системами
- Сложность задания определенных параметров

Разнообразие роботов поражает. Для этого существует определенная классификация для разработки типажа. Она включает в себя следующие признаки:

- По характеру выполнения технологических операций
- По степени специализации
- По типам производства
- По грузоподъемности
- По системе координат основных перемещений манипулятора
- По характеру программирования

С каждым годом повышается внедрение передовых роботизированных комплексов в промышленное производство. Это объясняется стремлением предприятий выйти на новый уровень производства, что позволит быть более востребованными и конкурентоспособными.

Международная федерация робототехники (IFR) представила рекордные показатели сбыта на рынке роботов за прошлый год. «Показатели сбыта в данной отрасли совершают прорыв»- заявил Андреас Бауэр, председатель Комитета производителей промышленных роботов на конференции по робототехнике в Шанхае в июле этого года. Более 1,5 млн. промышленных роботов задействованы на заводах по всему миру.

Годовой прогноз роста, составленный IFR на ближайшие годы, находится в двузначном процентном диапазоне. Согласно данным с 2015 по 2017 годы будут задействованы еще 900 000 промышленных роботов.

По количеству роботов на душу населения лидером является Япония, где на 10 000 работников предприятий приходится 300 роботов, сильно отстают США и Европа, разрыв с другими странами еще более значителен. В Европе на 10 000 работников приходится в среднем 50 роботов, большинство которых

заняты в тяжелом промышленном производстве, фармацевтике, автомобилестроении. Лидером в Европе является Германия (100 роботов), далее с 70 роботами на 10 000 человек следуют Швеция и Италия.



Рынок роботизированных технологий в России еще очень молод и находится на первоначальных стадиях развития. Роботизация предприятий находится на низком уровне, но, с каждым годом видна положительная динамика внедрения инновационных технологий. Данный процесс пропорционально зависит от интереса, проявленного владельцами предприятий. Преимущества от внедрения роботизированных комплексов выведут промышленность нашей страны на новый технологический уровень, повысят качество выпускаемой продукции, гораздо увеличат объемы производства, позволят расширить свое влияние на международном рынке. Инвестирование денежных средств в инновационные роботизированные технологии является рентабельным. Процесс роботизации останавливает то, что большинство передовых роботов производятся за границей и стоят больших денег. Также нужно в большом количестве усовершенствовать производственные линии, что приводит к большим финансовым затратам.

В настоящее время человечество не может обойтись без роботизированных систем. Для этого огромное количество ученых занимаются внедрением новых технологий. Это улучшает нашу жизнь и делает ее современнее.

#### Список литературы

1. Бабич, А. В. Промышленная робототехника / А.В. Бабич. - М.: Книга по Требованию, 2012. - 263 с
2. Иванов, А. А. Основы робототехники / А.А. Иванов. - М.: Форум, 2012. - 224 с.
3. Макаров, И. М. Робототехника. История и перспективы / И.М. Макаров, Ю.И. Топчиев. – М.: Наука, МАИ, 2003. - 352 с.
4. Робототехника, прогноз, программирование. - М.: ЛКИ, 2008. - 208 с.

## РОЗНИЧНЫЙ РЫНОК ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

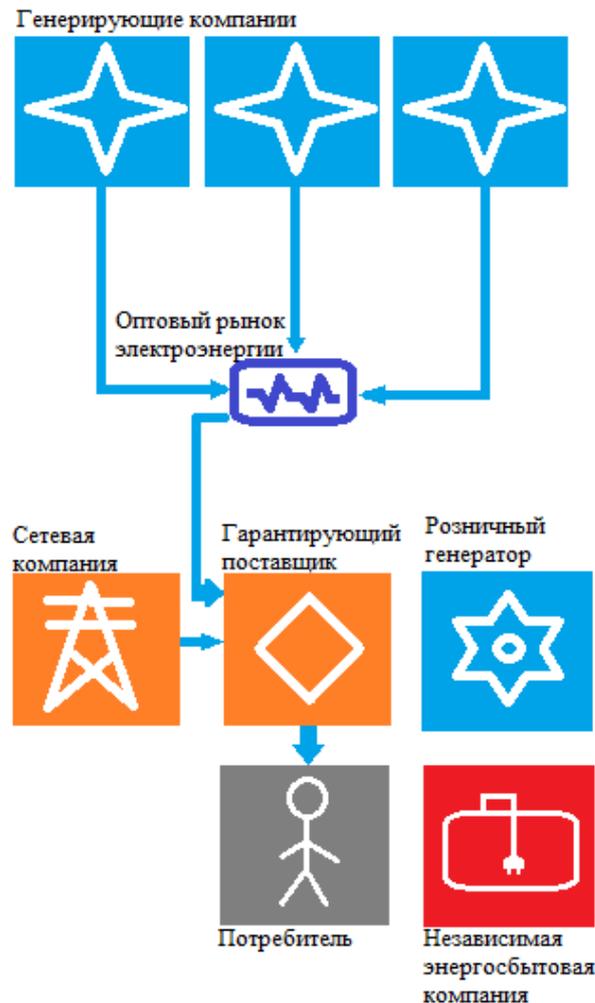
Фоменко А.С., Гладкий С.В.

ВГТУ, РФ, г. Воронеж

Многие считают, что рынок электроэнергии – государственная монополия. Реформа электроэнергетики началась в 2003 году. Большинство потребителей покупают электроэнергию на розничном рынке. В этой статье мы представим то, из чего состоит этот рынок и как он работает.

*Основные положения и правила функционирования розничных рынков электрической энергии утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 4 мая 2012г. № 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии»*

Схема работы рынка.



На рынке существует организация, обеспечивающая ценовую политику, т.е. цены на электроэнергию и мощность. Это демонстрирует торговая система АТС. АТС устанавливает цену на электроэнергию для всех участников рынка (покупателей и продавцов).

**Гарантирующий поставщик (ГП)** – называется энергосбытовая организация, обладающая правами в заключении договоров с потребителями любого вида (бюджетными и не бюджетными). ГП отбирается по

итогах конкурса, который проводит орган исполнительной власти субъекта федерации, один раз в 5 лет. ГП работает на рынке на основании лицензии выдаваемой федеральной службой по тарифам (ФСТ).

В обязанности ГП входит:

- Заключение договоров с физическими и юридическими лицами.
- Оплата услуг сетевых компаний.
- Определение договорной цены с потребителем, за поставку электроэнергии.

**Сетевая компания** – называется компании, осуществляющие подачу электроэнергии от генерирующих компаний потребителю. Так же в их задачу входит обеспечение надежности на рынке и развитие сетевого хозяйства.

В обязанности сетевой компании входит:

- Ремонт линий электропередач.
- Содержание и обслуживание сетевого хозяйства.
- Исправление аварийных случаев на линиях электропередач.
- Подключать потребителей к сети для получения электроэнергии.

Так же потребитель может заключить 2 вида договора с сетевой компанией. Первый вид договора купли-продажи электроэнергии и мощности с гарантирующим поставщиком и второй вид договора на услуги по передаче электроэнергии с сетевой компанией.

**Независимая энергосбытовая организация** – называется компания, которая покупает определенный объем электроэнергии на оптовом рынке, и продает этот объем потребителю, не больше и не меньше. Если же потребителю требуется спустя какое-то время больше объем, то договор купли-продажи перезаключают. В отличие от гарантирующего поставщика эта компания не привязана к определенному региону и может совершать поставки по всей стране.

В обязанности независимой энергосбытовой организации входит:

- Заключение договоров с потребителями на свободной ценовой основе. Цена согласовывается обеими сторонами.
- Предоставление дополнительных услуг потребителям.
- Обеспечивают удобство для передачи электроэнергии своим потребителям.
- Приобретают электроэнергию у гарантирующих поставщиков или сетевых организаций.

**Розничная генерирующая станция** – называется предприятие, которое не допустили к торгам на оптовый рынок электроэнергии и мощности (ОРЭМ). Но у этих предприятий построена собственная электростанция с максимальной мощностью 25МВ\*А

В обязанности розничной генерирующей станции входит:

- Вырабатывать электроэнергию и выдавать её в общую сеть.
- Всем звеньям розничного рынка продают электроэнергию.

Структура платежей энергосбытовым компаниям на розничном рынке.

Важным отличием энергосбытовой компании от других участников рынка, является отсутствие на балансе материальных активов. Конкурентным преимуществом является эффективная система управления, а также большая клиентская база.

Работа с потребителями электроэнергии начинается с установления тарифной категории и заключения договора. Для расчета за истекший период времени используются приборы учета. Затем рассчитывается фактическое потребление с учётом льгот и субсидий. Далее идут процессы составления счетов, прием платежей, разнесение платежей, закрытие периода, претензионно-исковая работа. Текущий период заканчивается процессом балансирования платежей между оптовым и розничным ранками. Кроме этого имеется претензионно-исковая работа. Состоит она из выработки мероприятий по погашению дебиторской работы. К процессам в области сбыта электроэнергии на розничном рынке:

- Реализация маркетинговой политики.
- Регистрация обращений граждан.
- Управление, отключение и подключение.

Ценообразование на розничном рынке осуществляется в соответствии “Основным положением функционирования розничных рынков электроэнергии” утвержденных правительством РФ №432 от 04.05.2012 года.

## Список литературы

1. Федеральный закон Российской Федерации от 26 марта 2003 г. N 35-ФЗ «Об электроэнергетике» // [http://www.rg.ru/official/doc/federal\\_zak/35-03.shtml](http://www.rg.ru/official/doc/federal_zak/35-03.shtml).
2. Гительман, Л. Д. Энергетический бизнес / Л. Д. Гительман, Б. Е. Ратников. – М.: Дело. 2009. — 594 с.
3. Калентионок, Е. В., Прокопенко, В. Г., Федин, В. Т. Оперативное управление в энергосистемах / Е. В. Калентионок, В. Г. Прокопенко, В. Т. Федин. — М.: Высшая школа, 2010. — 419 с.
4. Основы современной энергетики. Т. 2 / под общей редакцией Е. В. Аметистова. — М.: Издательский дом МЭИ, 2008. — 248 с.

## СЕКЦИЯ №6.

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

#### ИСПЫТАНИЕ ПОДАТЛИВЫХ АНКЕРОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ ШАХТ КАРАГАНДИНСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

Демин В.Ф.\*, Журов В.В.\*, Томилов А.Н.\*, Нургалиев Ж.С.\*, Немова Н.А.\*\*

\* КарГТУ, РК, г. Караганда;

\*\*ФГБУН Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, РФ, г. Новосибирск

Податливый анкер (рисунок 1) включает химические ампулы со скрепляющим составом (полимерными смолами) 1, устанавливаемые в пробуренный шпур 2, в который вставляется металлический стержень (анкер) 3, закрепление которого производится с помощью полимерных смол. Для предотвращения вывала вмещающих пород на анкер устанавливается подхват 4, натяжение анкера производится при помощи гайки 5. С целью обеспечения податливости анкера, между подхватом 4 и гайкой 5 устанавливают конусообразную втулку 6. По мере увеличения нагрузки на анкер конусообразная втулка деформируется, чем обеспечивается необходимая податливость крепи.

Применение предлагаемой конструкции податливого анкера позволяет повысить его несущую способность в 1,2-1,3 раза, обеспечивая податливость конструкции, что позволит обеспечивать работоспособность анкерной крепи в зонах значительных деформаций горных пород.

Выполнение насадки конусной формы позволяет в момент установки анкерной крепи обеспечить натяжение не только навинченной гайкой, но и дополнительный предварительный распор, в т.ч. с плоской.

Наиболее важными технологическими параметрами конусной проставки анкерной крепи являются угол ее образующей конусности, который определяется величиной заглубления в устье шпура ( $З$ , м) в оконтуриваемые анкеримые вмещающие породы и их прочностью на сжатие ( $\sigma_{сж}$ , кН/м); выдерживающим усилием анкера ( $B_y$ , кН); коэффициентом трещиноватости пород и ее ориентированностью ( $K_{тр}$ ); расстоянием между анкерами ( $r$ , м); устойчивостью и управляемостью боковых пород ( $X_y$ ); действующим горным давлением ( $\gamma H$ , кН/м<sup>2</sup>); горнотехническими факторами: расположением выработки относительно фронта очистных работ, нарушенностью залегания, способом охраны выработки, технологией крепления, характеризующихся коэффициентом интенсивности деформации вмещающих пород ( $K_{инт}$ ).

С целью прогнозирования характера работы анкерной крепи с конусной проставкой введено понятие эксплуатационного коэффициента, который является эмпирической безразмерной величиной, полученной в результате соотношения основных факторов, определяющих степень повышения несущей способности анкерной крепи

$$tg\beta = \frac{h}{b} = \frac{\gamma H \cdot 3 \cdot K_{тр} \cdot \eta \cdot K_{инт}}{\sigma_{сж} \cdot B_y \cdot X_y \cdot \Pi \cdot r \cdot B_3}$$

где  $\eta$  - коэффициент соотношения толщины непосредственной кровли и мощности пласта;

$b$  – опорная площадка, м;

$h$  – длина насадки;

$P$  – податливость при эксплуатации, м;

$B_3$  – величина заделки, м.

Для оценки несущей способности анкеров различных конструкций (рисунок 2) с учетом характера поведения вмещающих пород и проявления технологических факторов произведены расчеты.

Расчетные характеристики по оценке несущей способности анкеров через эксплуатационный коэффициент показывают, что применяемые на практике неактивные анкера обладают незначительной податливостью, определяемой силами сцепления с вмещающими породами и при значительных нагрузках могут отрываться крепежные гайки, выпадать анкера из шпуров, что требует уменьшения расстояния между анкерами, увеличения величины заделки анкера.

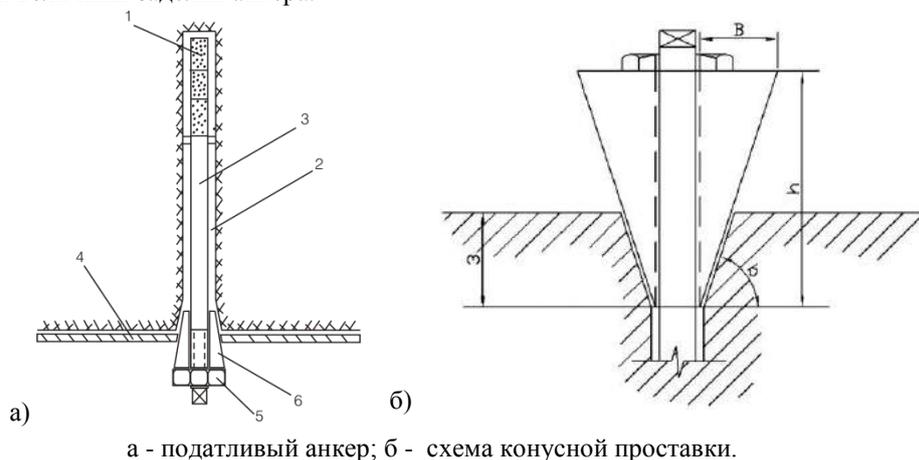
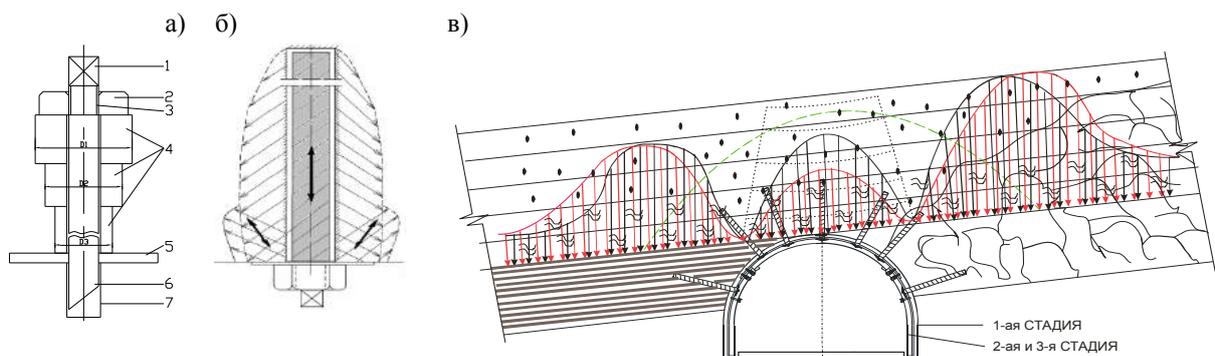


Рис.1. Активная податливая анкерная крепь

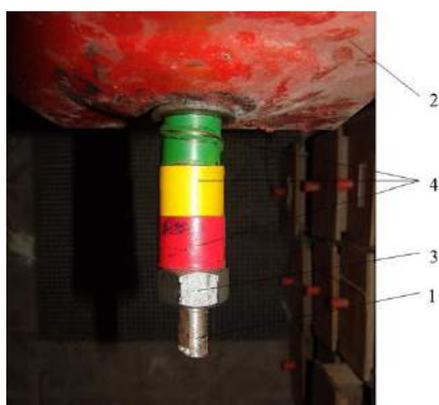
В сопоставимых горнотехнических условиях расчетах эксплуатационного коэффициента обуславливается эффективность применения активной конструкции анкерной крепи, что подчеркивается возникающей эпюрой нагрузок вокруг шпура и НДС в окружающем массиве (см. рисунок 2).

Податливая активная крепь работает как предохранительный клапан механизированной крепи, т.е. при критических нагрузках срабатывает – частично сминается податливый элемент и позволяет крепи выполнять свои функции без разрушения.

Предложен новый принцип управления устойчивостью выработки, основанный на управляемой с помощью податливой анкерной крепи саморазгрузке и самостабилизации вмещающих пород. При эксплуатации анкера конусная проставка обеспечивает податливость анкера, что позволяет применять эту крепь в сложных горно-геологических условиях, в том числе с трудно- управляемой кровлей, например характерных для условий залегания пластов шахты «Саранская» Карагандинского угольного бассейна. Проведенный эксперимент по увеличению податливости анкера на конвейерном штреке 71к<sub>10</sub>-в на протяжении пяти метров на каждый анкер согласно проекта на ремонтно-восстановительные работы на главном откаточном квершлага 4-го горизонта, были установлены металлические трубки (диаметром 0,03 м, с толщиной стенки 0,0015 м и высотой 0,05-0,07 м) между подхватом анкера и шайбой. Выработка закреплена анкерами длиной 2,4м диаметром 0,022 м с четырьмя ампулами КАКС-П. При проверке через 6 суток было установлено, что произошла деформация (сжатие) трубок на 3-5мм. При проверке через 12 суток деформация трубок увеличилась со сжатием их до толщины шайбы. Кровля, анкерированная комбинированной податливой анкерно-рамной крепью, работает в трех циклах эксплуатации: жестком режиме, режиме податливости с расслоением и сдвижением породных напластований и режиме длительной устойчивости с постоянной несущей способностью, обусловленной подпором анкерной и рамной крепей и самозаклинивания породных блоков.



а – втулка; б – эпюра вокруг шпура; в – эпюра НДС в окружающем массиве; 1 - четырехгранник; 2 – гайка; 3 – резьбовой участок; 4 – втулка с переменным диаметром; 5 – опорная шайба; 6 – анкер; 7 – шпур.  
 Рис.2. Податливая втулка анкерной крепи и эпюра напряжений при податливой активной анкерной крепи



1-стержень из арматурной стали; 2-опорная плита;  
 3-гайка; 4-разрушаемая втулка  
 Рис.3. Эксперимент по увеличению податливости анкера на шахте «Саранская»

Смещения при податливой анкерно-рамной крепи достигли со стороны кровли 0,3 м, а боков - 0,05-0,1 м, величина срабатывания узла податливости не превышала 0,07-0,1 м. Зона трещинообразования распространялась на глубину: в боках 0,5-0,9 м, в кровле 2,4-3,0 м. Эти значения меньше, чем при применении МРК в 1,5 раза.

Применение комбинированной крепи позволило уменьшить смещения породного контура в полость выработки в 2,5, а нагрузку на крепь - в 1,5 раза.

Применение податливой анкерно-рамной крепи глубокого заложения позволит эффективно эксплуатировать ее, в том числе в зоне влияния очистных работ с безремонтным ее поддержанием.

Несущая способность узла податливости изменяется в пределах 40 - 60 кН, а сама податливая анкерно-рамная крепь способна воспринимать нагрузку с 290 до 350 кН при переходе с податливого на жесткий режим эксплуатации. Применение рамно-анкерной крепи в условиях значительных расслоений, смещений пород и динамических проявлений опорного давления позволит снизить нагрузку за счет их совместной работы с приконтурным породным массивом.

Таким образом, для более полного использования несущей способности комбинированной крепи и повышение устойчивости выработки в зоне опорного давления целесообразно применение ограниченно податливой с переводом в жесткий режим эксплуатации анкерной крепи. Анкера связывают отдельные малосвязанные слои пород в единую грузонесущую конструкцию составной плиты, тем самым увеличивают сцепление и трение между слоями. За счет натяжения анкеров между слоями пород возникают дополнительные силы трения. При этом устойчивость составной плиты, стянутой поперек слоев анкерами, приближается к устойчивости монолитной толщи пород.

#### Список литературы

1. Вареха Ж.П., Саранчуков А.В., Демин В.В. и др. Методический подход к решению проблем создания прогрессивной технологии крепления горных выработок // Труды международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы горно-металлургического комплекса Казахстана. – Караганда: 2007. - С. 102 – 105.

## СЕКЦИЯ №7.

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

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ЗАКАЛКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОРОШКОВЫХ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ С НАНОРАЗМЕРНЫМИ ДОБАВКАМИ Ni И NiO

Еремеева Ж.В., Тер-Ваганяц Ю.С.

Московский политехнический университет, РФ, г. Москва

Определенные особенности порошковых сталей (пористость, химическая неоднородность и т.д.) затрудняют применение термической обработки (ТО), которая используется для компактных сталей. Поэтому для получения требуемых свойств необходимо разрабатывать индивидуальные режимы термообработки для каждой порошковой стали [1]. Были изучены основные закономерности структурных и фазовых превращений порошковых низколегированных сталей на примере стали СП80Н4Д2М с наноразмерными добавками Ni и NiO при проведении закалки.

Было проанализировано влияния на эти превращения особенностей порошковых сталей и влияние наноразмерных добавок, обусловленных технологией их получения.

На основании анализа литературных источников были выбраны следующие температуры нагрева под закалку: 850, 900, 950, 1000 и 1050 °С, время выдержки при этих температурах – 15, 30 и 45 мин., закалочная среда – вода и масло [2].

Нагрев под закалку осуществляли в атмосфере водорода в водородных проходных печах.

Твёрдость после закалки с различной температурой и временем выдержки перед закалкой в течение 15, 30 и 45 мин. в воду и масло приведена в таблицах 1-3.

При закалке в масло твёрдость ниже, чем при закалке в воде, но наблюдается повышение прочности. Объясняется это тем, что более «мягкая» закалка в масло снижает величину и неоднородность внутренних напряжений и обеспечивает более устойчивое состояние структуры по сравнению с закалкой в воду [3].

Таблица 1

Твёрдость HRA образцов после закалки (15 мин)

Температура закалки, °С	Добавка			
	Ni-нано		NiO-нано	
	вода	масло	вода	масло
850	58±2	59±2	56±2	51±2
900	52±2	50±2	48±2	47±2
950	43±2	50±2	44±2	48±2
1000	41±2	38±2	37±2	40±2
1050	35±2	36±2	34±2	39±2

Таблица 2

Твердость HRA образцов после закалки (30 мин)

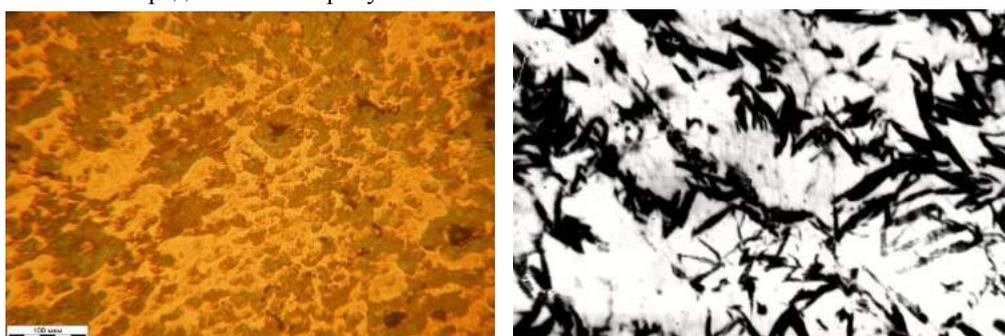
Температура закалки, °С	Добавка			
	с Ni-нано		NiO-нано	
	вода	масло	вода	масло
850	64±2	64±2	59±2	55±2
900	58±2	54±2	57±2	52±2
950	49±2	53±2	48±2	51±2
1000	46±2	42±2	42±2	44±2
1050	39±2	39±2	39±2	45±2

Таблица 3

Твердость HRA образцов после закалки (45 мин)

Температура закалки, °С	Добавка			
	с Ni-нано		NiO-нано	
	вода	масло	вода	масло
850	62±2	61±2	57±2	54±2
900	56±2	52±2	55±2	51±2
950	47±2	52±2	46±2	50±2
1000	44±2	40±2	40±2	42±2
1050	37±2	36±2	38±2	43±2

Для оценки полученных после проведения закалки по выбранным режимам структур материала был проведен металлографический анализ на микроскопе НЕОФОТ-21. Микроструктура спеченных закаленных легированных сталей представлена на рисунке 1.



а - сердцевина

б – поверхность

Рисунок 1 - Микроструктура низколегированной стали СП80Н4Д2М Ni-нано после закалки

После проведения закалки структура стали неоднородна, следует отметить неполное превращение аустенита в мартенсит, что вызвано неоднородностью полученной после спекания структуры [3]. Данное обстоятельство можно объяснить малым временем выдержки при спекании (2 часа), что не позволяет в полной мере пройти всем диффузионным процессам, протекающим в порошковых легированных сталях, полученных методом смешивания порошков железа и легирующих компонентов. Это определяет недостаточную гомогенизацию составов при спекании и термической обработке. Изучение микроструктуры образцов показало наличие на поверхности мартенситной структуры с включениями остаточного аустенита

и отдельными участками бейнита. Выделившиеся мелкие карбидные частицы образуют на поверхности мартенситных игл шероховатости. В структуре сердцевинки наблюдается сорбит и остаточный аустенит.

При закалке происходит повышение твердости и прочности порошковых низколегированных сталей и снижение пластических характеристик, что отчетливо видно на изломе, который имеет хрупкий транскристаллитный ручьевоый вид. Оставшийся нерастворенным углерод является центром трещинообразования (рисунок 2).

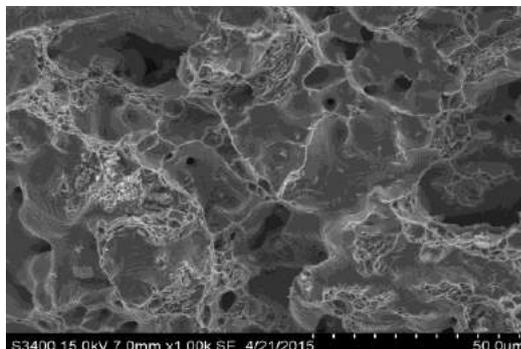
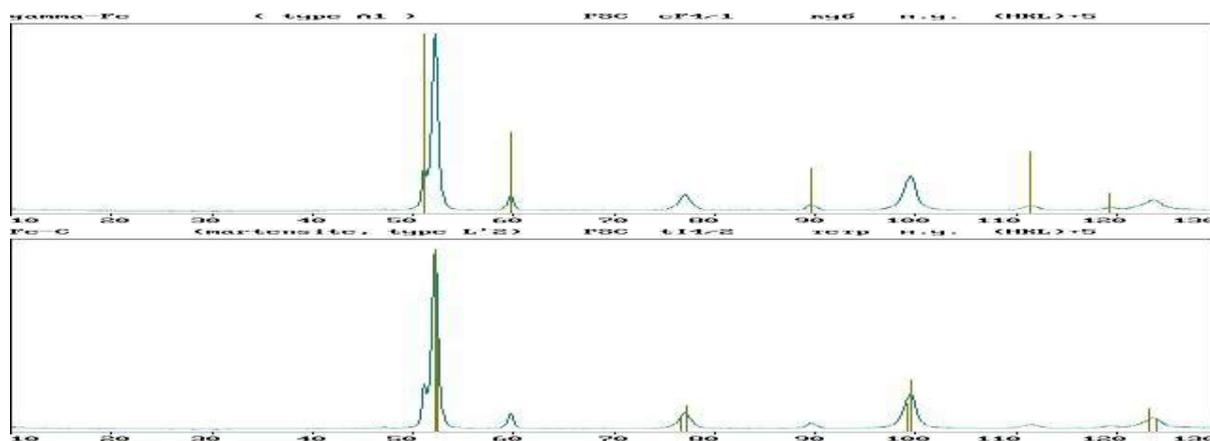


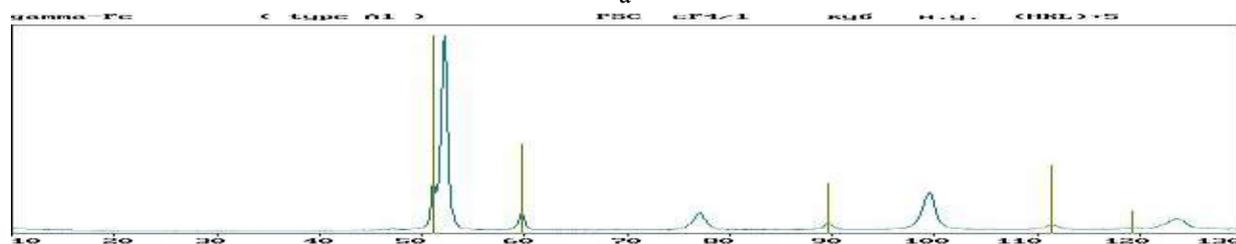
Рисунок 2 - Фрактография излома порошковой низколегированной стали после закалки

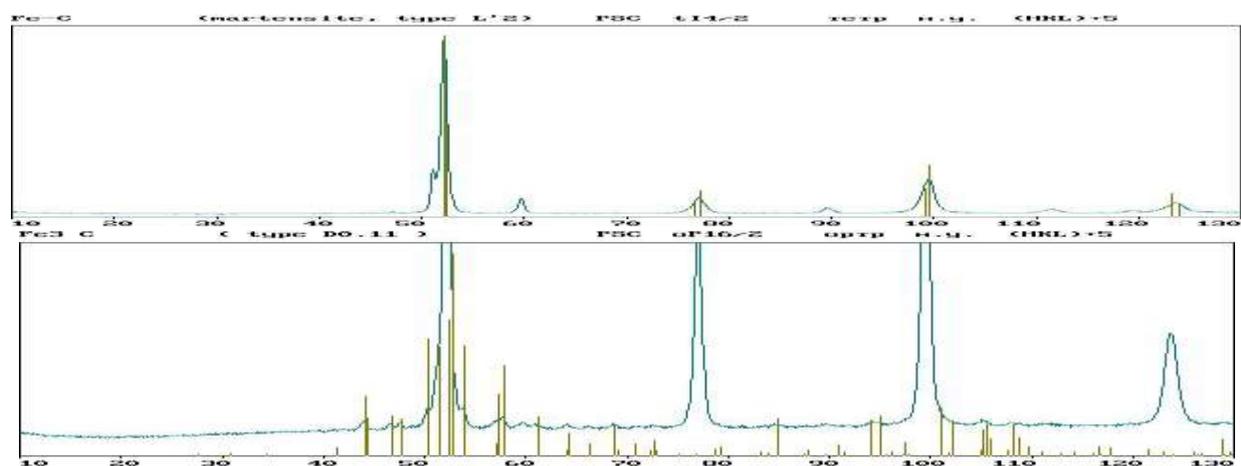
Для оценки фазового анализа стали СП80Н4Д2М после проведения закалки по выбранным режимам был проведен рентгенофазовый анализ на установке ДРОН 4М. Результаты рентгенофазового анализа после закалки представлены на рисунке 3.



Фаза	стр.тип	Об.доля, %	Вес.доля, %	Периоды, Å
gamma-Fe ( type A1 )	cF4/1	13.8 ± 0.1	13.6 ± 0.1	A= 3.590
Fe-C (martensite, type L'2)	tI4/2	86.2 ± 0.1	86.4 ± 0.1	A= 2.867 C= 2.890

а





Фаза	стр.тип	Об.доля, %	Вес.доля, %	Периоды, Å
gamma-Fe ( type A1 )	cF4/1	18.7 ± 0.1	18.6 ± 0.1	A= 3.590
Fe-C (martensite, type L'2)	tI4/2	71.3 ± 0.1	71.5 ± 0.1	A= 2.867 C= 2.890
Fe3C ( type D0.11 )	P16/2	10.0 ± 0.1	9.9 ± 0.1	A=5.076 B=6.768 C= 4.510

б

а - сталь СП80Н4Д2М с Ni nano

б - СП80Н4Д2М с NiO nano

Рисунок 3 - Рентгенофазовый анализ спеченной низколегированной стали после закалки

Анализ полученных результатов свидетельствует о неоднородности фазового состава закаленной стали.

После анализа полученных результатов оптимальной выдержкой при температуре нагрева под закалку выбрано 30 мин., средой охлаждения – масло. Оптимальная температура нагрева под закалку стали СП80Н4Д2М с наноразмерными добавками Ni-нано и NiO-нано – 850 °С.

### Список литературы

1. Айзензон Е.Г., Спивак Л.В., Утробина И.К. // Структурные и фазовые превращения при нагреве стали и сплавов. Сб. № 148. – Пермь: ППИ, 1974. – С. 120-125.
2. Гуревич Ю. Г., Рахманов В. И., Ивашко А. Г., Микуров А. И. Теория и практика термической обработки порошковых сталей. // Новые материалы и технологии в машиностроении. Матер, регион, науч.-техн. конф. Тюмень, 1997. С. 22.
3. Мейлах А. Г. Теоретические и технологические принципы совершенствования структуры и свойств порошковых материалов на основе Fe, Ni, Cu с металлическими нанодисперсными добавками: диссертация – Екатеринбург – 2007 г. – 226 с.

# ВЛИЯНИЕ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ КОВКИ НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛИСТОВОЙ СТАЛИ 10

Прудников А.Н., Прудников В.А.

СибГИУ, РФ, г. Новокузнецк

Зачастую традиционные способы упрочнения не удовлетворяют современным требованиям, предъявляемым к изделиям из металлических материалов. Это привело к появлению технологий, совмещающих несколько различных воздействий на металл деформации (ковка, прокатка, прессование), нагревы и охлаждения, физические методы воздействия (ультразвук, электромагнитное поле) и др., которые могут повторяться периодически [2,8,11]. К числу таких технологий относится деформационная термоциклическая обработка (ДТЦО), представляющая собой циклическую термическую обработку, совмещенную с различными видами деформации в области низких или высоких температур. Такая обработка позволяет интенсифицировать диффузионные процессы, протекающие в заданных интервалах температуры с приложением напряжений и деформаций, накопить структурные изменения, происходящие в циклах и связанные с идущими фазовыми превращениями и др. В результате все эти процессы помогают сформировать оптимальное структурно-фазовое состояние и улучшить не только механические, но и физические свойства материала [1,3-7,9].

В литературе имеются сведения, что, с помощью деформационной термоциклической обработки, можно не только улучшить физико-механические свойства металлов и сплавов, но и получить деформированные заготовки и полуфабрикаты из малопластичных сплавов, в том числе заэвтектических силуминов и чугунов [3,7,10]. Разработка режимов ДТЦО, для каждой конкретной марки стали, чугуна, алюминиевого сплава носит индивидуальный характер. Кроме того, зачастую для получения заданных физических или механических свойств на одной марке материала, используемого в различных условиях эксплуатации, приходится подбирать различные режимы и параметры обработки. Поэтому целью работы явилось исследование влияния ДТЦО, включающей предварительную термоциклическую ковку слябов при температуре выше  $A_{C3}$  с последующей их прокаткой на лист, на структуру и механические свойства горячекатаной низкоуглеродистой стали 10сп.

В качестве материала исследования была взята низкоуглеродистая сталь 10сп, выплавленная в ОАО «НМК» (г. Новокузнецк). Химический состав стали, в % (вес.): С – 0,13; Mn – 0,42; P – 0,014; S – 0,016; Cr – 0,05; Cu – 0,20; Fe – остальное. Сляб из стали подвергали горячей циклической ковке по схеме однопроходной протяжки на гидравлическом ковочном прессе усилием 2000 тс. Температура нагрева под ковку составляла  $1250 \pm 10^\circ\text{C}$ , время выдержки – 2 ч. Охлаждение поковок осуществляли на воздухе до  $200-300^\circ\text{C}$ . Было проведено 10 циклов ковки со степенью деформации в каждом цикле  $6 \div 8\%$ . Суммарная степень деформации равнялась  $65 \div 68\%$ . Высота заготовки после термоциклической ковки составляла  $365 \pm 5$  мм при ширине  $500 \pm 5$  мм. В дальнейшем заготовки были прокатаны на лист толщиной 3 мм в ОАО «НМЗ» (г. Новосибирск) на стане 810 по промышленной технологии. Подробно технология изготовления листа описана в [8]. Для исследования микроструктуры стали использовали оптический микроскоп ЛабоМет-И1. Для оценки загрязненности листов неметаллическими включениями использовали металлографический метод их определения по ГОСТ 1778-70. Механические характеристики прокатанного листа оценивали при испытании на статическое растяжение плоских образцов толщиной 3 мм и с длиной рабочей части 70 мм на машине Instron 3369 в соответствии с ГОСТ1497-84.

Была проведена оценка загрязненности неметаллическими включениями листовых образцов из стали 10сп, изготовленных по промышленному режиму и с использованием режима термоциклической ковки для промежуточных и конечной толщин проката. По стандартным шкалам неметаллических включений определен балл для строчечных и точечных оксидов (глинозема  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , оксида кремния  $\text{SiO}_2$ , железной и марганцевой шпинелей типа  $\text{MeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ), хрупких, недеформируемых и пластичных силикатов (алюмосиликатов, силикатов железа, марганца и более сложного состава), а также сульфидов (преимущественно двойного сульфида железа и марганца  $(\text{FeMn})\text{S}$ ), присутствующих в прокате различной толщины (таблица 1). Причем большая часть оксидных включений, в том числе и силикатных, расположена вдоль направления прокатки. Полученные данные свидетельствуют о том, что степень горячей деформации и предварительная термоциклическая ковка заготовок практически не оказывают влияние на загрязненность и распределение неметаллических включений по сечению полосы различной толщины. В большей мере

распределение включений в прокате является случайным и определяется тем, из какой части слитка изготовлен тот или иной сляб, а также технологией выплавки стали.

Таблица 1 – Оценка загрязненности неметаллическими включениями проката из стали 10сп, изготовленного по промышленному режиму и с ДТЦО

Толщина листа, мм	Место вырезки образца	Оценка в баллах					
		Оксиды		Силикаты			Сульфиды
		строчечные	точечные	недеформируемые	хрупкие	пластичные	
6	С	3/1	0/1	1/1	0/0	0/0	2,5/3
	К	0/1	3/2	0/0	0/0,5	0/0	1,5/1
5	С	0/2	3/3	0/1	1/0	0/0	2/1,5
	К	0/0,5	3/2	0/1	0,5/1	0/0	1/1,5
4	С	0/1	3/3	1/0	0/0	0/0	1,5/2
	К	1/0	0/1	1/1	0/0	0/0	1/1
3	С	0/0	2/1	1/1	0/0	0/0	1/1,
	К	1/0	0/1	0/1	0/0	0/0	0,5/0,5
Средний балл		0,6/0,7	1,8/1,8	0,5/0,8	0,2/0,2	0/0	1,4/1,5

Примечание: в числителе – данные для листа, изготовленного с ДТЦО; в знаменателе – для промышленного режима; С–середина, К–край листа.

Металлографический анализ образцов из стали 10, прокатанных по промышленной технологии и с использованием режимов ДТЦО показал, что предварительная термоциклическая деформация приводит к уменьшению размеров и объемной доли колоний перлита, а также к степени их разориентировки в направлении прокатки. Очевидно, что количественные характеристики структуры во многом определяются схемой и режимом деформации. Так, использование предварительной термоциклическойковки перед горячей прокаткой листа позволяет существенно измельчить структуру стали 10сп. Максимальный размер колоний перлита в листе толщиной 3 мм снижается от 22×60 до 7×19 мкм, а их средний размер уменьшается почти в 3 раза от 7±2 до 20±2 мкм.

По результатам определения механических свойств предварительная термоциклическаяковка, вызывающая измельчение структуры, приводит к повышению прочностных характеристик листовой горячекатаной стали 10сп почти на 30 % при незначительном снижении пластичности (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние ДТЦО на механические характеристики листовой горячекатаной стали 10

Режим изготовления	Механические характеристики				
	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta$ , %	$\Psi$ , %	Твердость, НВ
промышленный	370	305	26	42	127
с ДТЦО	478	390	24	38	170

### Выводы

Установлено, что предварительная термоциклическаяковка не повышает содержание неметаллических включений в листовой стали 10сп, количество которых и распределение в прокате определяется местом вырезки образца и технологией выплавки стали. Использование режимов предварительной ДТЦО для производства горячекатаного листа из стали 10сп позволяет получить более мелкозернистую структуру и повысить прочностные свойства почти на 30 %.

### Список литературы

1. Prudnikov A.N. Deformable heatproof transeutectic silumin for pistons // A.N. Prudnikov // Steel in Translation. – 2009.– Т. 39. – № 6. – С. 456-459.
2. Prudnikov A.N. Production, structure and properties of engine pistons made from transeutectic deformable silumin // A.N. Prudnikov // Steel in Translation. – 2009.– Т. 39. – № 5. – С. 391-393.
3. Патент 2130084 РФ Способ термоциклической обработки чугуна / В.К. Афанасьев, М.В. Чибряков, А.Н. Прудников и др. – Заявл. 07.07.1998. Опубл. 10.05.1999. – Б.И. № 13. – С. 455.

4. Прудников А.Н. Прудников В.А Влияние термоциклической ковки и последующего отжига на коэрцитивную силу и линейное расширение стали 10 // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2016.– № 3.– С. 451-456.
5. Прудников А.Н. Влияние термической обработки на электрические свойства низкоуглеродистой стали, изготовленной с использованием ДТЦО / А.Н. Прудников, В.А. Прудников и др. // Инновации в машиностроении: Сб. материалов VII Межд. научно-практич. конф.– Кемерово: КГТУ, 2015.– С. 377-380.
6. Прудников А.Н. Исследование термоциклической деформации для получения полуфабрикатов из заэвтектических силуминов / А.Н. Прудников, В.А. Прудников / В сборнике: *Металлургия: технология, инновации, качество. Под общей ред. Е.В. Протопопова – Новокузнецк, СибГИУ, 2015. – С. 15-18.*
7. Прудников А.Н. Комплексное воздействие отжигов и термоциклической ковки на структуру и свойства заэвтектических силуминов // *Деформация и разрушение материалов.– 2014.– № 2.–С. 14 - 20.*
8. Прудников А.Н. Оценка воздействия термоциклической деформации и последующей термической обработки на электрофизические свойства низкоуглеродистой стали / А.Н. Прудников, В.А. Прудников и др. // *Актуальные проблемы в машиностроении.– 2015.– № 2. С. 396-400.*
9. Прудников А.Н. Поршневые деформируемые заэвтектические силумины // *Технология металлов.– 2014.– № 2.– С. 8-11.*
10. Прудников А.Н. Структурно-технологические основы разработки прецизионных силуминов с регламентированным содержанием водорода / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.16.09 / НГТУ, Новосибирск, 2013. – 40 с.
11. Федюкин В.К., Смагоринский М.Е Термоциклическая обработка металлов и деталей машин. – Л.: Машиностроение, 1989.– 255 с.

## **СЕКЦИЯ №8.**

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

#### **CHALLENGES OF ORGANIZING HIGH SPEED FREIGHT TRANSPORTATION**

**Кравченко А.А., Сухов А.А.**

Российский университет транспорта (МИИТ)

High speed and very high speed transportation have a great effect the development of cities. Better accessibility leads to agglomeration, which leads to the economic boom. High-speed railways united isolated parts in one entity (e.g. the time of transportation between all pairs of cities decreased from 5-12 hours to 1-2 hours). The effect of increased transport availability is enormous: the mobility of population is growing, the redistribution of economic activity is taking place, added value is increasing.

The effect of high speed rail has been experienced by many countries. Unified urban area is forming in the delta of Yangtze by integration of 3 megapolises (Nanjing, Hangzhou and Shanghai) and 20 other large cities. Today more than 100 million of people live there, but GDP is more than 1 billion, not much lower than GDP of New-York. Emergence of this agglomeration is caused by developed transport infrastructure.

In the origin of high speed and very high speed transportation in Japan high speed lines «Shinkansen» connected all the large cities of the country and thanks to big popularity travel with minimal intervals of 2 minutes.

In France Lille can be the example. This city was fading away one time, but it got huge development due to the building of high-speed railways. And the convenient location of the city at the intersection of routes Paris-London and Paris – Brussels made Lille the third largest financial and economic centre of France.

These effects of combined high speed passenger and freight transportation will provide additional growth and development of agglomerations. However, organization of such transportation has some difficulties. No country in the world, has freight transportation with speeds even close to passenger trains. Only some couples of mail trains travel in France between Paris, Lyons and Provence

Combined traffic of passenger and freight trains with time intervals is organized in Germany. High speed trains (IC-200 km/h, ICE-250-280 km/h) travel in day-time (from 6 till about 23) and high speed freight trains – at night (from 23 till about 5).

This concept of organization of railway traffic exists historically because of changed development programs. Initially it was planned to built high speed mainlines only for passenger transportation (“The Development Program 1970” V=300 km/h ). In 1974 because of the oil crisis the program was changed as a result the speed was reduced to 250 km/h and there was planned freight traffic with V=80 km/h. The idea of combining had 2 reasons: capacity of the existing lines was too low for the forecast development of freight traffic and there was no economic basis of new lines. In 1984 the program was changed again- speed of passenger traffic was increased to 280 km/h and freight to 120-160 km/h. The final view the program had in 1991.

This concept has some disadvantages. For example, higher infrastructure cost, lower capacity of lines and etc.

However, there are more advantages. The owner of infrastructure gains payment for usage of passenger as well as freight trains. Passenger trains are operated at different sections differently, but freight traffic is a more constant factor. In addition to this freight trains don't travel at weekends and it helps to do repairs at night time. At some lines the revenue per km from freight trains are higher than from passenger ones.

However, combining freight and passenger traffic at high speed mainline «Moscow-Kazan» would increase the pay off period.

At the short lime «Moscow-Kazan» railway traffic is not competitive with road transport even when delivery time is reduced.

The additional infrastructure would be needed for freight trains to give way to passenger trains (extra tracks and sidings).

However, China is showing great interest in organizing freight traffic on the Moscow-Kazan mainline. Its plans include to create a large economic project "Silk Road", which will reduce the time for delivery of goods to Western Europe. According to calculations, the time will be reduced from 60 days by sea to three days by the high speed mainline. Not long ago, a freight train covered 12 thousand km and arrived in London from the Chinese city of Yiwu (Zhejiang Province). The trainset was in transit for 18 days and traveled through the territory of Kazakhstan, Russia, Belarus, Poland, Germany, Belgium and France. The large transit of goods by high speed mainline from China to Europe and vice versa will bring substantial income to the owner of the infrastructure.

The main problem of organizing such traffic is the different gauge width. Cargo delivery will require transshipment at the border, which takes a lot of time and increases the transport component in the cost of cargo. Recently, plans were announced to produce a freight train equipped with a mechanism for changing the width of the bogie, with a speed of up to 300 km / h. This was reported by the first vice-president of JSC Russian Railways A. S. Misharin at the opening of the headquarters of the cities of the new railroads of the Silk Road.

## References

- 1)[http://www.pgups.ru/upload/sagruski/sagruski\\_news/lekciya\\_Mischarin\\_30012015.pdf](http://www.pgups.ru/upload/sagruski/sagruski_news/lekciya_Mischarin_30012015.pdf);
- 2) <http://www.hsrai;>
- 3)<https://www.vedomosti.ru/newspaper/articles/2015/02/16/novii-mir-rozhdenie-gigapolisa>.

## ИСТОКИ ВОЗНИКНОВЕНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ ПУТЕЙ: ШЕЛКОВЫЙ ПУТЬ, СОЛЯНЫЙ ПУТЬ, ПУТЬ ИЗ ВАРЯГ В ГРЕКИ, ЧУМАЦКИЙ ШЛЯХ

**Рамазанова А.Ж.**

РУТ(МИИТ), РФ, г. Москва

Состояние экономики страны напрямую зависит от развития транспортной отрасли, при этом особое значение приобретает развитие современных логистических технологий и транспортно-логистических систем. В условиях Российской Федерации основой для создания сети транспортно-логистических систем является сеть железных дорог и ее инфраструктура.

Эволюционным началом логистики являются Древняя Греция и Римская империя. А также возникновение Великого Шелкового пути можно считать началом логистики. Хотя в III - II вв до н.э.

термина «логистика» не было, однако управление материальным потоком и организация движения материальных потоков существовало. Для развития внутренней и внешней торговли не только сейчас, но и в древние века актуальным вопросом был выбор оптимального доведения товаров до потребителей.

Помимо Шелкового пути также существовали такие пути как: Великий чайный путь, Ганзейские торговые пути, Дорога специй, Ладанный путь, Путь из варяг в греки, Янтарный путь и другие, которые являются примерами формирования логистических цепей в разные исторические периоды.

Великий Шелковый путь – это торговый путь, который многие века (с II в до н.э. до XVв) соединял территории от Западной Европы до Китая. Хотя только в конце II в до н.э., сложилась трансевразийская система. По данным археологов, с III тыс. до н.э. развивался Лазурный путь, по которому полудрагоценные камни перевозились из Бадахшана (Таджикистан) на дальние расстояния до стран Междуречья (Лагаш) и Индия. Нефритовый путь начал работать с II тыс. до н.э. из Центральной Азии до территории Синьцзян - Уйгурского района, по нему товары поставлялись в обмен на шелк из Китая.

В I тыс. до н.э. два караванных пути объединились: бадахшанский лазурит попадает в Китай, а со временем в Персии и в Индии на китайский шелк пользовался большим спросом. Но поскольку дорога была длинной, народы Средиземноморья и китайцы не знали о существовании друг – друга.

Древнекитайский чиновник Чжан Цянь сыграл важную роль в формировании Великого шелкового пути как трансевразийской магистрали. В 138 году до н.э. он отправляется к кочевникам с племени юэчжей, что бы они стали союзниками китайской империи Хань против кочевников сюнну. Он был первым китайцем, побывавшим в Средней Азии – в Согдиане и Бактрии. Он узнает там, что на китайские товары имеется большой спрос (территория Узбекистана, Таджикистана и Афганистана), но также он увидел много того что китайскому народу было не знакомо. В 126 году до н.э., в Китае он представил доклад императору о выгоде торговли между Китаем и Средней Азии.

Но Чжан Цянь не только смог добиться поддержки юэчжей в борьбе с сюнну, также в ходе его поездки он собрал множество важных сведений. В 123 – 119 гг. до н.э. Китай без поддержки юэчжей напал на сюнну, тем обезопасил путь из Китая на запад.

Этот момент сыграл важную роль при формировании Великого шелкового пути, что соединял все великие цивилизации Старого Света – Китай, Индию, Ближний Восток и Европу. Эта огромный караванный путь существовал более полутора тысячи лет – намного дольше, чем другие торговые пути.

Были две главные трассы Шелкового пути, соединявшие Восток с Западом. Это:

- Южная дорога – от Севера Китая через Среднюю Азию на Ближний Восток и Северную Индию.
- Северная дорога – от Севера Китая через Памир и Приаралье к Нижней Волге и к бассейну черного моря.

Главными товарами были шелковые ткани и шелк - сырец. Эти товары было удобно перевозить на дальние расстояния, так как шелк легок и был очень ценен – в Европе на него был большой спрос, и он стоил дороже золота.

Родиной шелка и изделиями из шелка был Китай. Китай долгое время оставался одним из центров производства и экспорта шелка наряду со Средней Азией. Помимо шелка в Средние века Китай экспортировал фарфор и чай.

Из стран Юго – Восточной и Южной Азии везли в Европу специи (перец, мускатный орех, корицу и т.д.), европейцы использовали специи для изготовления лекарств и сохранения продуктов.

Торговля Западной Европы от восточной отличалась. При покупке дорогих товаров европейцы были вынуждены платить золотом и серебром. С античных времен по Великому шелковому пути из Европы на Восток перевозили драгоценные металлы.

Как и говорили, что родиной шелка был Китай, а с I по II вв. н.э. это производство в Восточный Туркестан, а в Vв – в Иран. Изначально европейцы бумагу покупали у купцов с Востока, а уже с XIIIв. начали производить. В XIVв. Китае было изобретено оружие, стреляющее при помощи пороха - пушки. А точное место и время находки неизвестны – как многие деятели считают, что это и Китай, и арабские страны, и Западная Европа. Информация о изобретения нового вида оружия быстро пошла по Шелковому пути и уже в XVв. страны от Европы до Китая использовали его.

Благодаря развитию и функционированию Великого шелкового пути страны, которые проходило караваны с каждым разом все больше и больше узнавали о новых товарах. Из Средней Азии китайцы получили коней, корм для лошадей, а также освоили сельскохозяйственную культуру, а именно приобретали фасоль, лук, огурцы, морковь и др.

Запад в основном получал промышленные новые товары, а Восток – сельскохозяйственные. Все же некоторые секреты, к примеру, булатное оружие и фарфоровую посуду европейцы не могли перенять.

До монгольского периода крупным торговым партнером была Русь. Русь выставляла на рынок меха песца, соболя, лисицы, мамонтовые бивни, золотистый янтарь, мед, рожь, ячмень, деревянные посуды, игрушки, кованые мечи, черное серебро и др. А в Россию купцы доставляли кашемиры, тафту, кисею, кома кань и другие индийские ткани, а также ковры, китовый ус, лекарственные корни женьшеня, лакрицы, рис, диковинные самоцветы и амбру.

Великий шелковый путь не только соединял многие страны, но и стал веткой, по которой обменивались культурными достижениями – новыми товарами и новыми достижениями.

Так как товары перевозились на дальние расстояния надо было создавать особые условия, такие как перевалочные пункты, специализированные базары, защиты прав собственности купцов – чужеземцев. Более полутора лет тысяч лет рыночная инфраструктура поддерживалась вдоль евразийских трасс.

Великий шелковый путь связывают с развитием торговли на морском транспорте побережье Ближнего Востока, Южной и Юго-Восточной Азии. В XIV – XVвв. морская торговля оказалась более безопасной и быстрой по сравнению с сухопутным караванным путем. Перевозка товаров по морскому пути из Персидского залива в Китай занимала 150 дней, а караванный путь из Таны (Азов) в Ханбалык (Пекин) – около 300 дней, один корабль перевозил столько же, сколько большой караван.

Если говорить о первоисточниках логистики, то все исследователи пришли к такому выводу что слово «логистика» возникло в Древней Греции. Греки смысл слово логистика понимали, как «счетное искусство» или «искусство рассуждения, вычисления», а государственных чиновников, которые вели контроль за хозяйством и торговой, финансовой деятельностью, называли логистами. По данным Архимеда (ок. 287 – 212 г. До н.э.), в Древней Греции было 10 логистов.

А также и в Римской империи часто применяли термин «логистика». В Римской империи логистика подразумевалось, как распределение продовольствия, а те, кто занимались распределением продукты питания были логистами.

Соль была главным продуктом питания, которые распределяли логисты. Римляне добывали соль следующим образом: они собирали соляной раствор и выпаривали его на огне. Что бы распространять продукцию по всему полуострову построили великую римскую дорогу – ViaSalaria (Соляной путь). В самом Риме соль стоила не дорого, а в других регионах цена зависела от расстояния. Римское правительство регулировало цены на соль. Значимость соли понимали многие, но первым осознали китайцы и внесли налог. Позже этот метод применили IXв. во Франции и в Германии. Но из-за повышения цен налогов на соль часто возникало бунты и восстания. Связи с этим надо было развивать торговлю, выбрать оптимальный вариант перевозки соли от источника до потребителя. К сожалению, в XIIIв. из-за наводнений в Венеции половина солеварен было разрушено, связи с этим половину соли пришлось импортировать. Тем временем правительство поддерживало купцов, а они смогли обеспечить солью всю Венецию, что помогло привлечь европейские рынки. По Средиземноморью купцы двигались все дальше и дальше. Создавая хороший вариант цепи поставок соли в Европу, венецианцы смогли построить огромные здания и гидравлическую систему, что защищала от наводнения. В Венеции все было профинансировано «соляными» деньгами (облик города, статуи, сборы и росписи). Экономика Венеции основывалась за счет торговли солью.

Путь из варяг в греки – это один из первых торговых путей, который проходил через территорию России. Путь из варяг в греки это водный путь и проходил он из Балтийского моря по реке Неве, Ладожскому озеру, реке Волхов затем до реки Днепр, а оттуда в Черное море. Путь сыграл немаловажную роль в формировании городских центров и в становлении древнерусского государства. По этому пути из Киева возили художественные и ремесленные изделия, серебро в монетах, хлеб и др; а из Византии стеклянные и ювелирные изделия, вино, иконы, дорогие ткани и книги; из Прибалтийских стран – янтарь; из Скандинавии – изделия из художественного ремесла и виды оружия; из Северной Руси – мед, воск, лес и мех. Но с периода феодальной раздробленности путь завершил свое существование.

Что касается соли она не всегда была доступна простому люду. В России, а именно в XIв. Киевской Руси и XVIIв. Московской Руси на соль тоже был налог. Но к сожалению, такие меры все чаще и чаще приводили в восстания и смене власти. В связи с этим императрица Елизавета Петровна приняла решение создать «соляные пути» и управлять движением этого товара. Благодаря этому императрица хотела пополнить государственную казну и запасы.

В 1740-х гг., когда заработал Эльтонский соляной промысел, произошли большие перемены. Эльтон – это красивейшее озеро, где добывали соль сперва калмыки, а после того как они приняли христианство, и русские смогли оттуда брать соль. Соль перевозили по Великому чумацкому шляху. Чумацкий шлях – торговый путь по которому украинские казаки, то есть чумаки, возили соль с Черноморского побережья

Крыма и обменивали ее на мед, табак, шкуры, хлеб, дерево и разные сельскохозяйственные продукты, которое из Крыма перевозилось за границу.

Путь шел по берегу Днепра, через Запорожье к г. Перекоп, а оттуда – к соленым озерам - в Крым. А на обратном пути по территории Украины, а также проходил до Польши и Западной Пруссии и на Северный Кавказ.

На пути следования быстро развивалась инфраструктура как мастерские по ремонту телег, харчевни, приюты и ярмарки. Ярмарка играла большую роль в товародвижении. Месторасположением ярмарок были как склады и распределительными центрами, они давало возможность развивать регионы. В то время одним из крупных ярмарок была Сорочинская, расположенная на территории Украины. Это ярмарка была прославлена в произведении Н. Гоголя «Вечера на хуторе близ Диканьки».

В 1870 - 1880 гг. в связи с развитием железнодорожного и речного транспорта, а также связи с тем, что добыча баскунчакской соли стала дешевле, Чумацкий шлях перестает существовать.

На сегодняшний день многие российские месторождения находятся за границей, но несмотря на это в России все еще существуют источники этого важного продукта: Артемовское, Аванское, Соль – Илецкое, Славянское, Усольское.

Много лет тому назад на территории Оренбуржья на месте Соль-Илецка было море, покрытое слоем песка, глины и гипсом. После того как исчезло море, соль была засыпана слоем мергелей и песка. 1753 г. в Оренбурге продавалась илецкая соль.

С 1766 г. соль вывозили на морском транспорте в Башкирию, на реку Белую, Стерлитамак и Бугульчаны, а оттуда на Каму и Волгу. Дорога обходилась очень дорого и была дальней.

В связи с этими проблемами в 1810 - 1811 гг. был организован солевозный путь. Целью было оптимизировать перевозки соли. Солевозный путь изначально была рассчитано на перевозку соли от Илецкой Защиты до Самары где протяженность составляло около 384 км. А также планировалась перевозить ежегодно как минимум 49 140 т соли, до Самары 32 760 т и 16 380 т – до села Домашки, а оттуда по Волге до Рыбинска. При реализации солевозного пути было необходимо следующее:

- строительство мостов;
- установка колодцев каждые 26,7 км;
- необходимость придорожной полосы в 220 м;

В XIXв. был открыт соляной магазин, который был конечным пунктом в Самаре. Он предназначался для продажи крупных партии и был складом для хранения соли. В Самаре хранилось 40 950 т запас соли.

Доставляли соль с помощью лошадей, верблюдов и быков.

Илецкий путь работал на протяжении около 70 лет. Это было связано с распространением и дешевой чипчанской и баскунчакской соли по железной дороге и по Волге, а тогда илецкая соль все еще возилось гужевым транспортом. И это была только частью трудностей, а именно дороги долгое время не ремонтировалось, были трудности с солевозами, даже при тяжелой работе оплата труда была низкой.

Однако дорога и дальше работала, она стала скотопроегонной. Из Оренбурга в Сызрань и Самару ежегодно прогоняли 100 000 мелкого и 30 000 крупного рогатого скота. Благодаря соляной дороге уездная Самара превращалась в губернскую.

Возникновение и формирование всех этих путей это и есть истоки логистики, оптимизация материального потока, планирование, влияние на экономику и т.д.

### Список литературы

1. Логистика и управление цепями поставок. Теория и практика. Основы логистики: учебник / под ред. Б. А. Аникина и Т. А. Родкиной. – Москва: Проспект, 2011.
2. Шашкова Н.О. Управленческий и экономический аспекты формирования железнодорожной политики России в 1820-е - 1850-е годы /Экономическая теория, анализ, практика, выпуск № 2 / 2016, <http://cyberleninka.ru/>.
3. Дыбская В.В. Логистика / В.В. Дыбская, Е.И. Зайцев, В.И. Сергеев, А.Н. Стерлигова; под ред. В.И. Сергеева. – М.: Эксмо, 2013. – 944с.
4. Аникин Б.А. Логистика / Б.А. Аникин; под ред. Б.А. Аникина, Т. А. Родкиной. - М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2010. – 408с.

5. Логистика - евразийский мост: материалы 10-й Междунар. научн.-практ. конф. (14-16 мая 2015 г., г.Красноярск); Краснояр. гос. аграрн. ун-т, - Красноярск, 2015. - Гнатюк К.А. (Науч. руковод.- И.В. Моор)/История развития логистики в России

## **СЕКЦИЯ №9.**

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

## **СЕКЦИЯ №10.**

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

#### **РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В СТРУКТУРЕ КРУПНОГО ГОРОДА НА ПРИМЕРЕ г. РОСТОВА-НА-ДОНУ**

**Богданова О. В., Лапунова К.А.**

АСА ДГТУ, РФ, г. Ростов-на-Дону

*Аннотация:* в статье рассмотрены основные периоды формирования рекреационных территорий, а так же их виды и факторы, влияющие на размещение, проведен анализ рекреационных зон города Ростова-на-Дону.

*Ключевые слова:* рекреационная территория, город, генеральный план, Ростов-на-Дону.

Рекреационная территория – это поверхность земли с природными комплексами, коммуникациями, зданиями, сооружениями, предназначенная для отдыха населения, санаторно-курортного лечения, туризма.

Потребность современного человека в отдыхе, общении с природой, психологической разрядке связана с развитием урбанизации и ухудшением состояния окружающей среды. Возможности организации отдыха, оздоровления и туризма зависят от наличия тех или иных рекреационных ресурсов и зон на территории города.

Природных территорий, благоприятных для рекреационного использования, относительно немного. Размещены они неравномерно и не во всех регионах. Имеющихся рекреационных ресурсов не всегда достаточно. Оптимальная потребность в рекреационных территориях составляет в расчете на одного человека 0,15-0,2 га[1].

Выделяют следующие основные виды рекреационных территорий:

- по функциональному назначению: многофункциональные, специализированные (спортивные, прогулочные, выставочные, зоологические, ботанические, этнографические, мемориальные и т.д.);
- по величине: большие (больше 100 га), средние (от 20 до 100 га), малые – от 5 до 20 га;
- по составу посетителей: детские, молодежные, для всех возрастных групп населения;
- по природно-ландшафтным условиям: на лесных территориях, на пойменных территориях, на нарушенных территориях;
- по приемам формирования парковых ландшафтов: пейзажные, регулярные, сочетающие пейзажные и регулярные композиционные приемы[2].

На протяжении всей истории развития градостроительства выдвигались самые разнообразные идеи по включению участков естественной природы в планировочную структуру города. Некоторые из них не потеряли своей актуальности и в наше время. Специалисты выделяют три основных периода, принципиально различающихся подходом к решению этой задачи. Первый из них начался с появлением городов, а закончился в XIX в. Системы зеленых насаждений имели правильные геометрические (кольцевые, концентрические и т. п.) очертания (схемы Ж. Перре, Г. Шарпа, Ш. Фурье). Город рассматривался без учета внешнего окружения.

Второй период связан с возникновением крупных промышленных центров и рождением агломераций (конец XIX -первая половина XX в.). Новые архитектурно-планировочные решения городов потребовали разработки систем озелененных территорий в виде зеленых поясов, зеленых клиньев, диаметров и т. п. (схемы Т. Фритша, Э. Говарда, Р. Энвина, С. Шестакова, И. Леонидова, Ле Корбюзье, П.

Аберкромби и др.). В схемы генеральных планов развития городов включаются пригородные зеленые массивы. Третий период (вторая половина XX в.) отличается комплексным подходом к проектированию города и прилегающей к нему территории)[3].

В современном городе применяют гибкие планировочные структуры, способные реагировать на изменяющиеся потребности и условия, поэтому системы озелененных территорий города постоянно усложняются, а их отдельные элементы все больше дифференцируются.

Рассмотрим развитие формирования рекреационных территорий в городе Ростов-на-Дону.

Ростов-на-Дону — крупнейший город на юге Российской Федерации, административный центр Южного федерального округа и Ростовской области. Город воинской славы.

Располагается он в юго-восточной части Восточно-Европейской равнины. Город большей частью лежит на правом берегу реки Дон, на левом берегу находятся некоторые промышленные предприятия и увеселительные заведения. Юго-западные окраины города примыкают к дельте реки Дон.

Еще в 1945 году, когда город восстанавливали после войны, был утвержден генеральный план города, включающий в себя рекреационные зоны, такие как городская набережная и высадка рощ вокруг города.

Любимыми местами отдыха ростовчан являются левый берег Дона, где расположены песчаные пляжи, многочисленные базы отдыха, кафе и рестораны, а также Зелёный остров на Дону и Кумженская роща. В черте города размещено около 40 парковых зон, скверов, лесов и городских садов.

Значительная роль в сохранении объектов культурного и природного достояния отводится муниципальным паркам культуры и отдыха. На 82,94 га гектарах созданы природные зоны отдыха, 35,5 гектар из которых занимают зелёные насаждения, 55 клумб и более 20 тысяч различных пород деревьев и кустарников. Парками создаются условия для массового отдыха и досуга горожан, развивается инфраструктура услуг, совершенствуется аттракционное хозяйство. На базе парков «Плевен» и «Октябрьской революции» им. Горького созданы современные аттракционные комплексы. Оставаясь наиболее доступной частью культурно-досугового пространства для всех категорий ростовчан, парки продолжают оставаться востребованными[4].

В 2016 году были внесены изменения в генеральный план города, которые включают в себя:

- развитие природно-экологического каркаса города, как части единого зеленого фонда совокупности муниципальных образований («Большой Ростов»), формирующих центральную часть единого территориально-пространственного образования «Ростовская агломерация»;
- формирование линейных парковых зон вдоль русел рек Темерник, Кизитеринка, ручья Безымянный с полным инженерным оборудованием и благоустройством прибрежных территорий; устройство пешеходной и велосипедной инфраструктур.
- продолжение формирования правобережной набережной в восточном направлении до Театрального спуска (первый этап) и до Кизитериновского диаметра на последующих этапах.

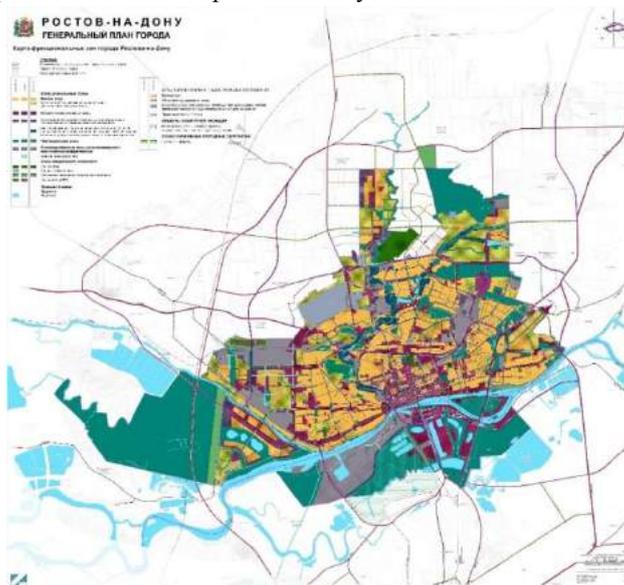


Рис.1. Карта функциональных зон города Ростова-на-Дону 2016 г.

В связи с проведением Чемпионата Мира по футболу летом 2018 года, в городе активно модернизируются существующие рекреационные территории, ведется озеленение городской среды и создается новая зона отдыха на левом берегу Дона, рядом с новым стадионом «Ростов Арена».

Таким образом, на формирование и развитие городских зеленых насаждений влияют природные особенности данного района: климат, рельеф, существующая растительность, почва, наличие водоемов, геологические и гидрологические условия. В числе климатических характеристик первостепенное значение имеют радиационный, температурный, ветровой режимы, количество атмосферных осадков, скорость и направление ветров. Степень влияния различных факторов на приемы озеленения меняется в каждом конкретном случае[5].

### Список литературы

1. Вергунов А.П. Архитектурно ландшафтная организация крупного города. – Л.: Стройиздат, 1982. – 133с.
2. Архитектурно-планировочная организация национальных парков (Обзорная информация). / Сост. Ключин В.А., Михайлова И. – М., 1976.
3. Ахмедова Е.А. Традиции и преемственность в формировании системы озеленённых территорий крупного города // Историческая преемственность в планировке и застройке города: Межвузовский сб. науч. тр. Куйбышев, 1986.– С.79-85.
4. Генеральный план Ростова-на-Дону [Электронный ресурс]: <http://www.dom.info/2010/01/generalnyj-plan-rostova-na-donu.ru>. (дата обращения 29.11.17).
5. Архитектурная композиция садов и парков / Центр, н.-и. и проект, институт по градостроительству; Под общ. ред. Э.П. Вергунова. – М.: Стройиздат, 1980. – 220с.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

**Гвоздерова Н.К., Алексеева Г.Н.**

ЧГУ им. И.Н. Ульянова, РФ, г. Чебоксары

В настоящее время в Чувашской Республике увеличиваются объёмы строительства общественных зданий, жилых домов, что определяет рост применения новых современных материалов в отделке фасадов зданий, большого разнообразия оригинальных отечественных и зарубежных методов устройства наружных ограждающих конструкций. В практике более всего применяются следующие виды наружной облицовки стен зданий: из кирпича, «мокрый фасад», сайдинг, сэндвич-панели, вентилируемый фасад. Широкое применение при строительстве общественных зданий города Чебоксары нашли вентилируемые фасадные системы. Современные фасады представляют собой многослойную конструкцию, состоящую из несущего каркаса и декоративной облицовки. Особое внимание уделяется выбору экологически эффективных типов конструкций фасадов и материалов.

В ходе анализа технологий устройства, затрат на выполнение работ различных видов фасадов авторы пришли к выводу, что отсутствуют совершенные варианты технологических решений теплоизоляционных, каркасных и облицовочных элементов вентилируемых фасадов с учетом различных условий строительства. Поэтому необходима разработка оптимальных вариантов технологических решений устройства фасадных систем для общественных зданий с учетом наиболее важных потребительских критериев оптимальности: минимума затрат труда, минимума стоимости, обеспечивающие качественное и безопасное производство работ.

В соответствии с этим целью работы является определение эффективного варианта технологического решения. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучение конструктивных схем фасадных систем общественных зданий;
- выявление технологических особенностей производства работ;
- анализ технико-экономических показателей рассматриваемых вариантов;
- выявление эффективного вида конструкции фасадной системы.

На первом этапе исследовательской работы рассматривались 4 вида облицовок и отделки фасадов при строительстве общественных зданий, где основанием служит кирпичная стена:

- 1) наружная облицовка поверхности стен в горизонтальном исполнении по металлическому каркасу (с его устройством) металлосайдингом с пароизоляционным слоем;
- 2) наружная облицовка поверхности стен в вертикальном исполнении по металлическому каркасу фасадными кассетами;
- 3) отделка фасада керамогранитом;
- 4) применение «мокрой штукатурки».

Крепление металлосайдинга на поверхность стены производится с помощью анкерных болтов или дюбелей через опорные элементы (кронштейны); пространство между элементами навесной конструкции заполняют минераловатным утеплителем – плитами из базальтовой ваты или стекловолокна. В зависимости от необходимой толщины утеплитель укладывают в один или два слоя, по которому натягивают гидроветрозащитный материал. Далее по обрешетке крепят декоративно-защитный экран из сайдинга.

Установку фасадов из кассет производят двумя способами: видимым способом крепежа и скрытым крепежом вентилируемого фасада. Монтаж кассетных фасадов осуществляется последовательно в несколько этапов: сначала выверяется основание с помощью отвеса, лазерного прибора или теодолита; затем монтируется несущая обрешетка из металлических горизонтальных профилей; закрепляют теплоизоляционный материал и гидроизоляционную пленку. Слои утеплителя и гидроизоляции фиксируются при помощи тарельчатых дюбелей. Далее монтируется каркас их Г-образного профиля, на который впоследствии крепятся фасадные кассетные панели. Монтаж фасадных кассет производится в направлении слева направо и снизу вверх; последующие кассеты монтируются снизу вверх до верхнего края фасада.

Технологический процесс отделки фасада керамогранитом состоит в следующем: на поверхность стены с помощью анкерных болтов или дюбелей крепят опорные элементы (кронштейны); устанавливают теплоизоляционные плиты, которые фиксируют тарельчатыми дюбелями; теплоизоляционные плиты закрывают паропроницаемой ветрогидрозащитной мембраной; на кронштейны монтируют направляющие, на которые в завершении навешивают облицовочные панели из керамогранита с помощью крепежных элементов.

Облицовка поверхностей кирпичных стен штукатурным слоем намного отличается от технологии устройства вентилируемых фасадов. В начале работ поверхность стены тщательно очищается от загрязнений и старого покрытия, оштукатуривается в несколько слоев специальными растворами с антисептическими свойствами глубокого проникновения для хорошей адгезии. Закрепляют теплоизоляционный материал (минеральная вата или пенополистирол) на грунтовую основу при помощи клея и специальных пластиковых дюбелей. Материал утеплителя покрывается клеевым составом толщиной от 2 до 3 мм. По поверхности утеплителя с помощью прижимных пластин фиксируют металлическую сетку и наносят штукатурный раствор под покраску или под декоративную штукатурку.

Определение эффективного технологического решения фасадной системы облицовок производилось в расчёте на  $1\text{ м}^2$  поверхности кирпичной стены здания для Чувашской Республики. По мнению авторов работы [1], «стоимость  $1\text{ м}^2$  фасада зависит от вида материала облицовки, его цветового решения, от вида утеплителя, архитектуры фасада, от высоты здания, погодных условий», что и подтверждается результатами расчётов анализируемых вариантов систем (табл. 1). Существенную разницу в стоимости дает цена материала и заработная плата рабочих, которая обуславливается технологическими особенностями и спецификой работ рассматриваемых вариантов. Сметная стоимость вариантов рассчитывалась по программе «Гранд-СМЕТА».

На основе расчёта сметной стоимости устройства фасадов кирпичных зданий выявилась следующая (усредненная) структура затрат: 48 % составляет стоимость всех используемых материалов; стоимость эксплуатации машин - 5%, зарплата рабочих - 19%, накладные расходы - 19%, сметная прибыль - 9 % (рис.1).

Общая стоимость работ по устройству навесного вентилируемого фасада с учетом НДС составила на  $1\text{ м}^2$ : по 1 варианту – 1841 руб.; по 2 варианту – 3669 руб.; по 3 варианту – 3512 руб., по 4 варианту – 3134 руб.

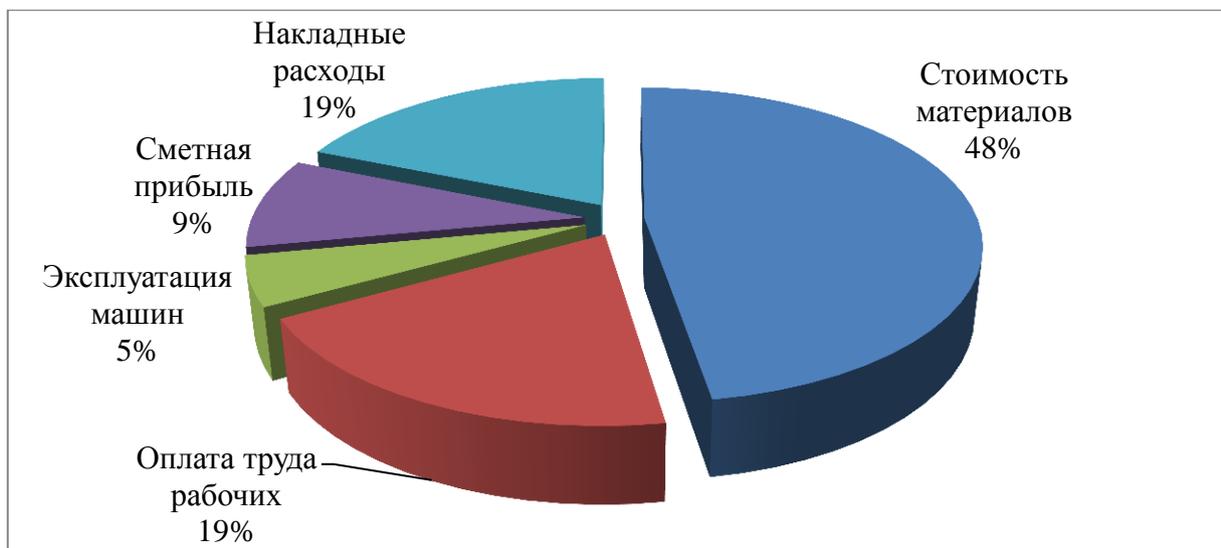


Рисунок 1. Структура сметной стоимости

Таблица 1.

Стоимостные показатели вариантов с учетом НДС (18 %), в ценах 2016г.

№ п/п	Виды облицовок	Оплата труда рабочих, руб.	Эксплуатация машин, руб.	Стоимость материалов, руб.	Накладные расходы, руб.	Сметная прибыль, руб.	Всего, руб.	Трудозатраты на 1 м <sup>2</sup> , (чел.-ч.)
1	Металлический сайдинг	280	33	876	249	123	1841,9	1,76
2	Фасадные кассеты	553	132	1603	550	272	3669,8	3,35
3	Керамогранит	610	148	1315	605	299	3512,8	3,69
4	«Мокрая штукатурка»	557	211	1099	528	261	3134,1	3,61

Анализ затрат показывает, что самым дешёвым вариантом облицовки общественных зданий с наружными кирпичными стенами является применение конструкции навесного вентилируемого фасада с облицовкой металлическим сайдингом, дорогим материалом является облицовка фасадными кассетами.

Следующим этапом исследования предстоит рассмотреть изменение технологических и стоимостных показателей вариантов фасадных конструкций для железобетонных стен.

#### Список литературы

1. Алексеев Д.А. Эффективность применения навесных вентилируемых фасадов [Текст] / Д.А. Алексеев, Г.Н. Алексеева, А.И. Соколова // Научному прогрессу - творчество молодых: сб. науч. тр. / ПГТУ.- Йошкар-Ола, 2014. – ч.3. – С. 194-195.
2. ГЭСН 81-02-15-2001. Государственные элементные сметные нормы на строительные работы. Сборник 15. Отделочные работы.
3. Современные отделочные материалы [Текст]: учебное пособие / О. В. Кононова; М-во образования и науки Российской Федерации, ГОУ ВПО «Марийский гос. технический ун-т». - Йошкар-Ола, 2010. – С. 41-66.
4. Экономика строительства: учебное пособие / Под общ. ред. В.В. Бузырева. - 3-е изд., стер.- М.: Академия, 2010. - 336 с.

# МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОМЕНТА ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ ПО НЕЛИНЕЙНОЙ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

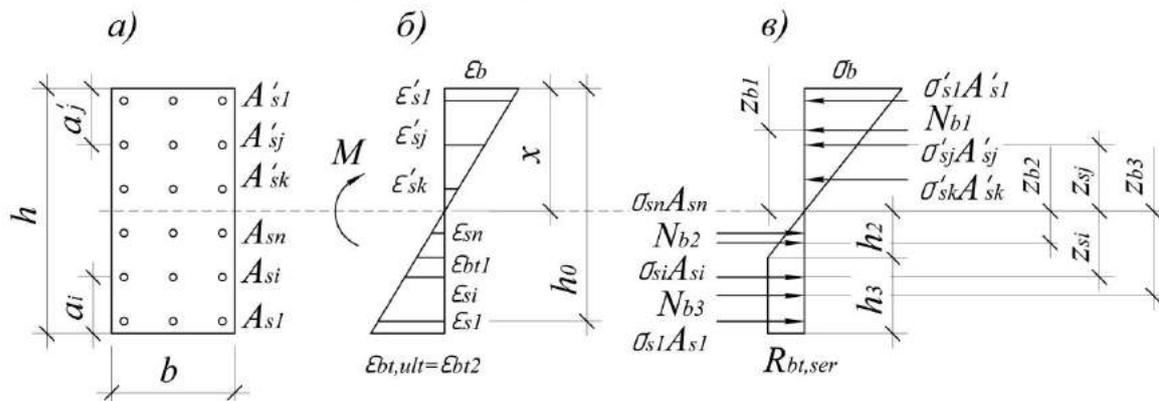
**Ерышев В.А., Иванко М.В.**

ТГУ, РФ, г. Тольятти

Расчет железобетонных элементов по образованию нормальных трещин по нелинейной деформационной модели производят на основе диаграмм состояния арматуры, растянутого и сжатого бетона и гипотезы плоских сечений.

Критерием образования трещин является достижение на крайнем волокне растянутого бетона значений относительных деформаций, превышающих предельные деформации бетона при осевом растяжении.

Рассмотрим сечение, симметричное относительно плоскости действия сил, железобетонного элемента с многорядным армированием ненапрягаемой арматурой (рис. 1а). В соответствии с принятыми положениями, используя двухлинейные диаграммы состояния бетона и арматуры, эпюры деформаций и напряжений имеют вид, показанный на рис. 1б, в. Основным действием в процессе определения момента трещинообразования является проверка уравнения равновесия усилий.



$$N_{b2} + N_{b3} + \sum_{i=1}^k \sigma_{si} A_{si} - N_{b1} - \sum_{j=1}^n \sigma_{sj} A'_{sj} = 0 \quad (1)$$

при условии:  $\varepsilon_{bt,ult} = \varepsilon_{bt2} = 0,00015$  (рассматривается непродолжительное действие нагрузки),  $\sigma_b = \varepsilon_b E_b$ ,  $\sigma_{si} = \varepsilon_{si} E_s$ ,  $\sigma_{sj} = \varepsilon_{sj} E_s$ ,

где  $\varepsilon_{bt2}$  – максимальные относительные деформации растяжения бетона на крайнем волокне растянутой зоны,  $\sigma_b$  и  $\varepsilon_b$  – соответственно напряжение и относительные деформации сжатия на крайнем волокне сжатой зоны бетона;  $\varepsilon_{si}$  и  $\sigma_{si}$  – соответственно деформации и напряжения в арматуре растянутой зоны бетона;  $\varepsilon_{sj}$  и  $\sigma_{sj}$  – соответственно деформации и напряжения в арматуре сжатой зоны;  $N_{b1}$  – усилие в бетоне сжатой зоны на участке распределения напряжений  $x = h_1$  ( $x$  – высота сжатой зоны бетона);  $N_{b2}$  – усилие в бетоне растянутой зоны на участке распределения напряжений  $h_2$ ;  $N_{b3}$  – усилие в бетоне растянутой зоны на участке распределения напряжений  $h_3$ ;  $E_s$  – модуль упругости стали.

Из линейного закона распределения деформаций по высоте сечения следует

$$\frac{1}{\rho} = \chi = \frac{\varepsilon_{bt2}}{h - x} = \frac{\varepsilon_b}{x} = \frac{\varepsilon_b + \varepsilon_{bt2}}{h}. \quad (2)$$

Из уравнения (2) выразим высоту сжатой зоны  $x$  и деформации  $\varepsilon_{bn}$  через кривизну

$$x = \frac{\chi h - \varepsilon_{bt2}}{\chi}, \quad \varepsilon_{bn} = \chi h - \varepsilon_{bt2}. \quad (3)$$

Из условия подобия, с учетом (3) определяются высоты участков напряжений  $h_2, h_3$ :

$$h_2 = \varepsilon_{bt1} / \chi, \quad h_3 = (\varepsilon_{bt2} - \varepsilon_{bt1}) / \chi \quad (4)$$

и значения деформаций в стержнях арматуры  $\varepsilon_{si}$  и  $\varepsilon'_{sj}$ :

$$\varepsilon_{si} = \varepsilon_{bt2} - \chi a_i; \quad \varepsilon'_{sj} = \chi h - \varepsilon_{bt2} - \chi a_j, \quad (5)$$

где  $a_i$  и  $a_j$  расстояния от центров тяжести  $i$ -ой и  $j$ -ой арматуры соответственно до грани элемента растянутой зоны ( $i = 1 \dots k$ ) и до грани элемента сжатой зоны ( $j = 1 \dots n$ ).

С учетом выражений (2), (3), (4) и (5) уравнение равновесия запишется в виде

$$\frac{R_{bt}b}{2\chi}(2\varepsilon_{bt2} - \varepsilon_{bt1}) - \frac{(\chi h - \varepsilon_{bt2})^2}{2\chi}E_b b - \sum_{j=1}^n \varepsilon'_{sj} E_s A'_{sj} + \sum_{i=1}^k \varepsilon_{si} E_s A_{si} = 0, \quad (6)$$

где  $R_{bt}$  - расчетное сопротивление бетона для предельных состояний второй группы,  $E_b$  - модуль деформаций бетона (определяются по таблицам свода правил).

Назначаются: геометрические размеры сечения, армирование, класс бетона по прочности на сжатие и по таблицам свода правил определяются характеристики  $E_s$ ,  $R_{bt}$ ,  $E_b$ .

Проверку уравнения равновесия (6) выполняется методом последовательных приближений (методом итераций). В первом приближении принимается  $\varepsilon_b^{(1)} = \varepsilon_{bt2}$ , т.е. линия деформаций разделяет сечение по высоте на две равные части ( $x = h/2$ ). По формулам (2), (3), (4) и (5) вычисляются: кривизна  $\chi$ , высота сжатой зоны  $x$ , высоты участков напряжений в растянутой зоне  $h_2$  и  $h_3$ , относительные деформации в арматуре  $\varepsilon_{si}$  и  $\varepsilon'_{sj}$ , значения которых подставляются в уравнение (6).

С учетом принятых на схеме знаков (отрицательные значения усилий в сжатой зоне и положительные – в растянутой зоне) по результатам вычисления уравнения (6) могут возникнуть два случая:

- в первом случае сумма слагаемых в левой части меньше нуля;
- во втором случае левая часть больше нуля.

При возникновении первого случая необходимо выполнить следующие операции:

- во втором приближении необходимо уменьшить деформации первого приближения  $\varepsilon_b^{(1)}$  и определить новую величину деформации  $\varepsilon_b^{(2)}$

$$\varepsilon_b^{(2)} = \varepsilon_b^{(1)} - \Delta\varepsilon_b^{(1)}, \quad (7)$$

принимая  $\Delta\varepsilon_b^{(1)} = 0,1\varepsilon_b^{(1)}$  (увеличивается угол наклона прямой линии деформаций к горизонтальной оси, уменьшается высота сжатой зоны при постоянных значениях  $\varepsilon_{bt2}$ );

- проверить уравнение равновесия (6) и, если левая часть уравнения вновь меньше нуля, то деформацию на втором цикле итераций  $\varepsilon_b^{(2)}$  следует еще раз уменьшить на величину  $\Delta\varepsilon_b^{(2)} = \Delta\varepsilon_b^{(1)}$ ;

- последовательное уменьшение деформаций по формуле (7) выполняется до тех пор, пока левая часть уравнения не изменит знак.

После изменения знака уравнения равновесия (6) оценивается точность решения. Точность решения считается достаточной при значении

$$\Delta\varepsilon_b^{(k)} \leq 0,01\varepsilon_b^{(1)} \quad (8)$$

Если на цикле приближения ( $l-1$ ) знак изменился и условие (8) не выполняется, то деформации в ( $l$ ) приближении увеличиваются

$$\varepsilon_b^{(l)} = \varepsilon_b^{(l-1)} + \Delta\varepsilon_b^{(l)}, \quad (9)$$

где  $\Delta\varepsilon_b^{(l)} = 0,1\Delta\varepsilon_b^{(l-1)}$  при постоянных значениях  $\varepsilon_{bt2}$ .

Вычисления выполняются до тех пор, пока не будет достигнута достаточная (заданная) точность выполнения условия (9).

При реализации второго случая, т.е. когда левая часть уравнения оказалась больше нуля, алгоритм проверки уравнения равновесия (6) выполняется в той же последовательности. Однако деформации на крайнем волокне сжатой зоны, принятые в первом приближении  $\varepsilon_b^{(1)}$ , увеличиваются на втором цикле итераций на величину приращения

$$\varepsilon_b^{(2)} = \varepsilon_b^{(1)} + \Delta\varepsilon_b^{(1)} \quad (10)$$

при постоянных значениях деформаций на крайнем волокне растянутой зоны  $\varepsilon_{bt2}$ .

Вычисления выполняются до тех пор, пока не будет достигнута достаточная (заданная) точность выполнения условия (8).

После завершения итераций определяется момент внутренних сил относительно нулевой линии. Он равен внешнему моменту  $M_{crc}$  непосредственно перед образованием трещин

$$M_{crc} = \frac{R_{bt}b}{6\chi^2}(3\varepsilon_{bt2}^2 - \varepsilon_{bt1}^2) + \frac{(\chi h - \varepsilon_{bt2})^3}{3\chi^2}E_b b + \quad (11)$$

$$+ \sum_{j=1}^n \varepsilon'_{sj} E_s A'_{sj} z_{si} + \sum_{i=1}^k \varepsilon_{si} E_s A_{si} z_{sj},$$

где:  $z_{si} = h - x - a_i$ ;  $z_{sj} = x - a_j$ ;  $y_{b1} = \frac{2}{3} \left( \frac{\chi h - \varepsilon_{bt2}}{\chi} \right)$ ;  $y_{b2} = \frac{2\varepsilon_{bt1}}{3\chi}$ ;  $y_{b3} = \frac{\varepsilon_{bt2} + \varepsilon_{bt1}}{\chi}$ ; деформации арматуры  $\varepsilon'_{sj}$  и  $\varepsilon_{si}$  вычисляются по формулам (5); кривизна  $\chi$  - по формуле (2).

При определении момента трещинообразования  $M_{crc}$  в формуле (11) используются величины  $\chi$ ,  $\varepsilon'_{sj}$ ,  $\varepsilon_{si}$ ,  $z_{si}$ ,  $z_{sj}$ , полученные на последнем цикле итераций, после выполнения условия (8).

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОРОШКОВ

Копылов В.Е.<sup>1</sup>, Павлова Е.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН Институт проблем нефти и газа СО РАН

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова

Ключевую роль в структурообразовании асфальтобетонов играет минеральный порошок. При взаимодействии с битумом происходит образование так называемого асфальтового вяжущего вещества (АВВ), которое играет роль вяжущего в асфальтобетоне. Одним из путей улучшения структурообразования АВВ является предварительная активация поверхности минерального порошка поверхностно-активными веществами (ПАВ) [1, 6].

Сущность активации минеральных порошков поверхностно-активными веществами заключается в следующем: в процессе размолла горной породы в тонкодисперсное состояние в помольное оборудование вводится ПАВ. В результате между активатором и свежесформированной минеральной поверхностью возникают прочные хемосорбционные связи. Таким образом, после окончания процесса помола каждая частица минерального порошка оказывается покрыта слоем активатора. В результате этого, вся масса минерального порошка приобретает новые свойства: поверхность минерального порошка из гидрофильной превращается в гидрофобную, увеличивается сила взаимодействия минерального порошка с битумом [3]. Помимо этого, активация поверхности минеральных порошков позволит добиться снижения расхода битума в асфальтобетонах, улучшить распределение частиц минерального порошка в структуре асфальтобетона.

В работах, опубликованных ранее, указывается, что в качестве активатора поверхности зерен минеральных порошков перспективно применение нефтяных шламов и гудронов [4, 5].

При смешивании битума с частицами минерального порошка, под действием сил межмолекулярного взаимодействия происходит расслоение битума на асфальтовую и мальтовую части. Масла и смолы (мальтовая часть битума), ввиду меньшего размера молекул проникают вглубь зерен минерального порошка, а асфальтены адсорбируются на их поверхности. Благодаря этому, происходит переход битума из объемного состояния в состояние тонких пленок (структурированное состояние) [2].

Похожий механизм предполагается и при взаимодействии поверхностно-активных веществ с частицами минерального порошка. Благодаря заполнению внутренних пор зерен минерального порошка маслами и смолами, при приготовлении асфальтобетонных смесей возможно уменьшение количества используемого битума.

Исходя из этого, для определения возможной активирующей способности предлагаемых поверхностно-активных веществ по отношению к минеральному порошку, важно знать групповой состав активатора, т.е. содержание в нем асфальтенов, масел и смол (таблица 1).

Таблица 1

Групповой состав поверхностно-активных веществ

Наименование ПАВ	Асфальтены	Масла	Смолы
Гудрон	8,40 %	54,91 %	36,69 %
Нефтешлам	2,53 %	57,17%	40,30%

Малое содержание асфальтенов и большое количество смол и масел не позволяет использовать гудрон или нефтешлам как самостоятельное вяжущее, однако, вещество с подобным групповым составом может быть использовано в качестве ПАВ. Исходя из теории структурообразования в асфальтобетоне, о которой сказано ранее, при реагировании битума с минеральным порошком происходит следующее: в

зависимости от своей пористости, периферийный слой зерна минерального порошка впитывает в себя масла, т.е. самую легкую и маловязкую фракцию битума, а асфальтены, являясь более тяжелой фракцией битума, адсорбируются на поверхности минерального зерна. Таким образом, наличие большого количества масел в поверхностно-активном веществе позволит заполнить маслами внутренние поры зерен минерального порошка, что в конечном итоге позволит сократить количество необходимого для приготовления асфальтобетонной смеси битума.

Одной из целей, преследуемой физико-механической активацией минеральных порошков, является создание на поверхности их частиц тончайших пленок ПАВ, которые будут способствовать повышению гидрофобности минеральных порошков. На рисунке 1 представлен результат испытания гидрофобности минеральных порошков.

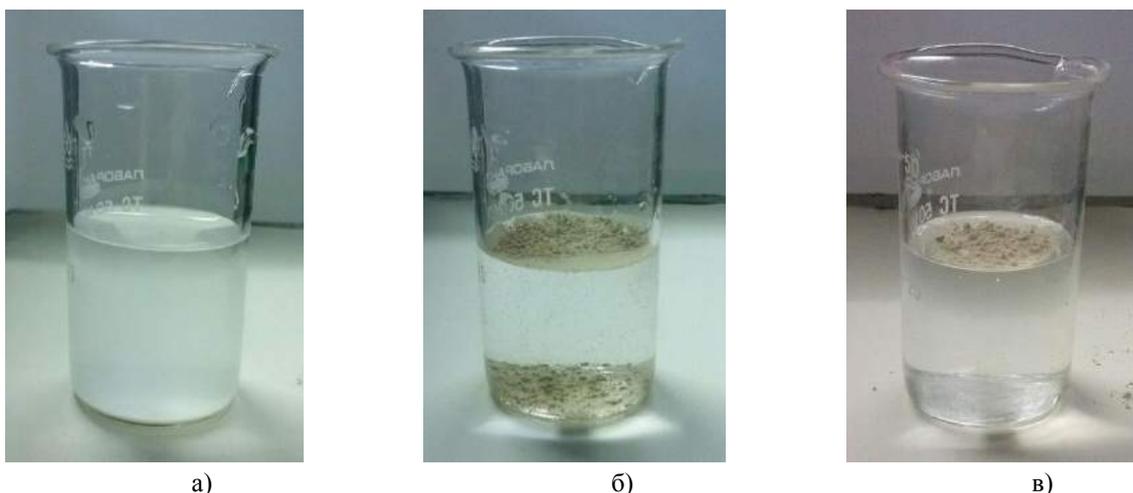


Рисунок 1. Определение гидрофобности минеральных порошков

а) – исходный минеральный порошок; б) – минеральный порошок, активированный гудроном в) - минеральный порошок, активированный нефтешламом

Частицы исходного минерального порошка обладают гидрофильной поверхностью. Сразу после сыпания порошка со шпателя на поверхность воды, порошок утонул (рисунок 1, а). Навеска минерального порошка, активированного гудроном показала более хороший результат – большая часть частиц осталась на поверхности воды, что говорит о том, что минеральный порошок частично обладает гидрофобностью (рисунок 1, б). Частицы минерального порошка, активированного нефтешламом после проведения испытания полностью остались на поверхности воды, что свидетельствует о том, что порошок является гидрофобным (рисунок 1, в). Таким образом, активация минеральных порошков поверхностно-активными веществами способствует повышению гидрофобности поверхности частиц минеральных порошков. Такой порошок не будет слеживаться в процессе хранения, а также будет обладать хорошей водостойкостью.

Таким образом, показано, что гудроны и нефтяные шламы благодаря своему групповому составу могут быть использованы в качестве активаторов поверхности минеральных порошков. После активации, минеральные порошки приобретают гидрофобные свойства, что упрощает хранение такого порошка. Помимо этого, частицы минерального порошка обработанные ПАВ должны обладать большим реакционным потенциалом по отношению к битуму нежели неактивированные порошки. В дальнейших исследованиях активированные минеральные порошки будут подвергнуты структурным исследованиям, а также будут изучены их физико-механические свойства.

#### Список литературы

1. Богуславский, А.М. Асфальтобетонные покрытия. Учебн. пособие / А.М. Богуславский, Л.Г. Ефремов – М.: МАДИ, 1981. – 142 с.
2. Гезенцвей, Л.Б. Дорожный асфальтобетон / Л.Б. Гезенцвей, Н.В. Горельшев, А.М. Богуславский, И.В. Королев. Под. ред. Л.Б. Гезенцвея – 2- е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1985. - 350 с.

3. Емельянычева Е.А. Способы улучшения адгезионных свойств дорожных битумов к минеральным материалам / Е.А. Емельянычева, А.И. Абдуллин // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – т.16. - №3. – с. 198-204
4. Копылов В.Е. Активаторы поверхности минеральных порошков, используемых в асфальтовых бетонах / В.Е. Копылов, Е.А. Павлова // Технические науки: современный взгляд на изучение актуальных проблем: сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. – Астрахань – 2017. – с. 34-36
5. Копылов В.Е. Активация минеральных порошков, как способ улучшения физико-механических характеристик асфальтовых бетонов / В.Е. Копылов, О.Н. Буренина, Е.А. Павлова // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». –№5. 2017. – Режим доступа: <https://naukovedenie.ru/PDF/48TVN517.pdf>
6. Котлярский, Э.В. Строительно-технические свойства дорожного асфальтового бетона: учеб. пособие / Э.В. Котлярский. - М.: МАДИ (ГТУ), 2004.-192 с.

## ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**Марков В.И., Петров А.Н., Рожин Д.В.**

ПетрГУ, РФ, г. Петрозаводск

В строительстве автомобильных дорог, при соблюдении технологии производства работ, а также контроле качества используемых материалов, ключевое значение приобретают геодезические работы. Они регламентируются рядом нормативных документов, которые предписывают точность выполнения линейных, угловых и высотных измерений. Однако действующие в настоящее время нормативные документы являются устаревшими, ориентированными на использование традиционных геодезических приборов, таких как теодолиты, рулетки и нивелиры. При этом комплекс применяемых приборов постоянно совершенствуется, появляется электронное оборудование, которое позволяет производить геодезические работы при минимальном участии человека. Широкое распространение получили спутниковые методы измерений и приемники. Они позволяют автоматизировать процесс получения и обработки данных. Современным геодезическим оборудованием снабжаются также и дорожно-строительные машины, что позволяет увеличить скорость производства работ, повысить точность реализации проектных решений.

Производство геодезических работ при строительстве дорог должно отвечать определенным требованиям, которые обеспечивают точность расположения дороги на местности, точность параметров конструктивных слоев, искусственных сооружений. Однако, если к геодезическим работам, выполняемым при изысканиях дорог, предъявляются конкретные требования по качеству высотных, угловых и линейных измерений, а также плановых определений [1], то при строительстве дорог нормируются допустимые плановые и высотные отклонения конструктивных элементов, представленные в таблице 1 [2].

Таблица 1. Параметры, используемые при оценке качества строительно-монтажных работ.

Конструктивный элемент, вид работ и контролируемый параметр	Значения нормативных требований
<b>1 Земляное полотно</b>	
1 Возведение насыпей и разработка выемок: 1.1 Высотные отметки продольного профиля	Не более 10% результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений до $\pm 60$ мм; остальные - до $\pm 30$ мм
1.2. Расстояния между осью и бровкой земляного полотна	Не более 10% результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений до $\pm 20$ см, остальные - до $\pm 10$ см
1.3 Устройство водоотвода: 1.3.1 Увеличение поперечных размеров кюветов, нагорных и других канав (по дну)	Не более 10% результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений до 10 см, остальные - до 5 см

2 Основания и покрытия дорожных одежд	
2.1 Высотные отметки по оси	Не более 10% результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений до $\pm 20$ мм, остальные - до $\pm 10$ мм
2.2 Ширина слоя: 2.2.1 Основания и покрытия асфальтобетонные, цементобетонные	Не более 10% результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений от минус 7,5 см до плюс 10 см, остальные до $\pm 5$ см
2.3 Толщина слоя: 2.3.1 Основания и покрытия асфальтобетонные и цементобетонные	Не более 10% результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений до $\pm 10$ мм, остальные до $\pm 5$ мм

При этом, в соответствии с [3], отклонения обусловлены неточностью геодезических и строительно-монтажных работ, а также работ строительных машин. Геодезические работы, в свою очередь, включают в себя разбивочные и выполняемые при исполнительной съемке. Таким образом, при рассмотрении возможности использования современного геодезического оборудования для обеспечения строительства дорог, необходимо задаться определенными требованиями к точности их производства. Для решения этой задачи рассмотрим характеристики ряда современных геодезических приборов, применяемых дорожно-строительными организациями при строительстве автомобильных дорог. Необходимые данные приведены в таблице 2.

Таблица 2. Параметры применяемых геодезических приборов

Марка	Модель	Среднеквадратическая ошибка измерений			
		Угловых, сек	Линейных, мм	Высотных, мм	Плановых, мм
Электронные нивелиры					
Sokkia	SDL50	-	0.1D	0.8	-
Trimble	DiNi 0.7	-	25	0.7	-
Leica	Sprinter 150	-	1D	1.5	-
Электронные тахеометры					
Sokkia	CX-105	5	$2+2 \cdot D \cdot 10^{-3}$	-	-
Trimble	S5	5	$2+2 \cdot D \cdot 10^{-3}$	-	-
Leica	TS02 plus r500	5	$1.5+2 \cdot D \cdot 10^{-3}$	-	-
ГНСС приемники					
Sokkia	GRX2	-	-	$5+0.5 \cdot D \cdot 10^{-3}$	$3+0.5 \cdot D \cdot 10^{-3}$
Trimble	R8-4	-	-	$5+0.5 \cdot D \cdot 10^{-3}$	$3+0.5 \cdot D \cdot 10^{-3}$
Leica	GS16	-	-	$5+0.5 \cdot D \cdot 10^{-3}$	$3+0.5 \cdot D \cdot 10^{-3}$
где D – расстояние, м.					

Как можно увидеть из таблицы, параметры точности применяемых современных геодезических приборов практически идентичны.

Современные нивелиры, как оптические, так и электронные, практически не отличаются по точности высотных измерений. При этом стоимость электронных приборов более чем в 2 раза превышает стоимость оптических нивелиров. При применении электронных приборов необходимым требованием является использование нивелирных реек со специальным кодом, который считывает прибор. С практической точки зрения, при производстве разбивочных работ наиболее удобным является использование оптических нивелиров, при этом при проведении исполнительных съемок, наиболее обоснованным является применение их электронных аналогов, так как процесс работ ускоряется и автоматизируется, упрощается формирование отчетов и ведомостей.

В настоящее время широкое распространение при строительстве автомобильных дорог получили электронные тахеометры, которые используют для измерения горизонтальных и вертикальных углов, а также расстояний. Они представляют собой угломерные приборы, снабженные дальномером и вычислительным комплексом, что позволяет производить одновременное определение расстояний, углов и превышений. Основной проблемой использования электронных тахеометров является необходимость

закрепления пунктов геодезических сетей в пределах зоны работ. Как правило, закрепить пункты и обеспечить их сохранность в пределах полосы отвода возможно при работах по ремонту и капитальному ремонту дорог. При строительстве и реконструкции дорог пункты закрепляют за пределами полосы отвода, в связи с этим растительность (деревья и кустарник) затрудняет их взаимную видимость. Для производства высотных измерений достаточным является видимость одного пункта, к которому осуществляется привязка. Затем прокладывается нивелирный ход до смежного пункта, по результатам измерения на котором делают вывод о качестве работ. При производстве линейно-угловых измерений привязка к двум пунктам является обязательной, то есть должна быть обеспечена их взаимная видимость. При этом видимость третьего пункта обеспечивает контроль качества привязки, а в условиях густой растительности это практически невыполнимо.

К недостаткам оптических приборов, в том числе и современных, можно также отнести значительное влияние климатических условий на результаты производства работ. Как правило, строительство дорог осуществляется в благоприятные периоды года, преимущественно в летний период, когда температуры окружающего воздуха достигают максимальных годовых значений. При проведении высотных измерений, с использованием нивелира, при высоких температурах воздуха ограничивают длину луча визирования, тем самым снижают влияние рефракции. При линейно-угловых измерениях, с использованием тахеометров, оборудованных светодальномерами, уменьшить длину луча визирования невозможно, так как необходимо устанавливать приборы и отражатель над смежными пунктами геодезических сетей. Кроме того, работу оптическими приборами можно производить только в светлое время суток, что вызывает необходимость заблаговременно планировать работы и устанавливать планово-высотную разбивку с опережением.

Использование ГНСС позволяет производить разбивочные работы в любое время суток, при любой погоде. Для обеспечения возможности работ используется минимум два приемника, один из которых устанавливается на пункте с известными координатами (базовая станция), а другой используется непосредственно для разбивочных работ (ровер). Обязательным условием является обеспечение связи между базовым приемником и ровером. Преимуществом систем ГНСС является также то, что от одной базовой станции могут работать несколько роверов, то есть могут производиться разбивочные работы, в то же самое время может осуществляться управление техникой.

В настоящее время современные геодезические системы также позволяют осуществлять управление и контроль за работой дорожно-строительной техники. При этом могут применять либо роботизированные тахеометры, либо системы ГНСС. Преимуществом роботизированных тахеометров является более высокая точность производства работ, однако для этих систем необходимо обеспечивать постоянную взаимную видимость между дорожно-строительной машиной и прибором. В темное время суток могут наблюдаться сбои из-за света фар, что необходимо учитывать в дорожном строительстве. У ГНСС данная проблема отсутствует, однако необходимо обеспечивать постоянство сигнала от базовой станции к роверу.

Таким образом, современное геодезическое оборудование позволяет решать большой ряд задач. Однако производство геодезических работ при строительстве автомобильных дорог должно обеспечивать соблюдение необходимых параметров точности, указанных в таблице 1.

В существующей методике расчета допусков на производство работ приведена формула, основанная на принципе равного влияния ошибок геодезических и строительных работ [3].

$$\Delta_{c.d.} = \sqrt{\Delta_{c.p.}^2 + \Delta_{c.m.}^2 + \Delta_{маш}^2},$$

где  $\Delta_{c.d.}$  – строительный допуск;

$\Delta_{c.p.}$  – предельная погрешность геодезических работ;

$\Delta_{c.m.}$  – предельная точность строительно-монтажных работ;

$\Delta_{маш}$  – предельная точность строительных машин.

Таким образом, точность геодезических работ можно выразить через уравнение:

$$\Delta_{c.p.} = \Delta_{c.m.} = \Delta_{маш} = \frac{\Delta_{c.d.}}{\sqrt{3}}.$$

Согласно таблице 1, высотные отметки по оси дороги при устройстве покрытий дорожных одежд, могут иметь отклонения от проектных значений до  $\pm 10$  мм. Получаем  $\Delta_{c.p.} = 5.8$  мм.

Нормированные среднеквадратические погрешности определим по формуле:

$$m = \frac{\Delta}{t},$$

где  $t$  – коэффициент Стьюдента.

Для доверительной вероятности  $P=0,9$  примем  $t=1.64$ . Тогда:

$$m = \frac{5.8}{1.64} = 3.5 \text{ мм}$$

Таким образом, можно сделать вывод, что использованием ГНСС для производства высотных измерений при устройстве оснований и покрытий невозможно, с точки зрения обеспечения требуемой точности.

Определенный интерес также представляет работа [4], в которой рассмотрены методы, основанные на принципе ничтожного влияния отдельных источников ошибок на конечный результат, методы расчета допусков по заданной доверительной вероятности строительного допуска и с учетом коэффициентов точности технологических процессов их устройства. Выводы данной работы также подтверждают положение, согласно которому, использование ГНСС и электронных тахеометров для выполнения высотных исполнительных съемок, не обеспечивает требуемых точностных параметров.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Использование современного геодезического оборудования является обоснованным, так как оно позволяет автоматизировать процесс получения и обработки данных;
2. Современное оборудование позволяет обеспечить одновременную работу как непосредственно геодезистов, так и строительной техники, оборудованной соответствующими системами. При этом влияние условий окружающей среды на результаты геодезических работ снижается.
3. При выборе приборов необходимо применять научно-обоснованный подход для соблюдения строительных допусков при производстве геодезических разбивочных работ.

### Список литературы

1. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96.
2. СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85.
3. ВСН 5-81 Инструкция по разбивочным работам при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог и искусственных сооружений.
4. Столбов Ю.В., Столбова С.Ю., Пронина Л.А., Старовойтов И.Е. Анализ методов расчета допусков на геодезические работы при изыскании и строительстве автомобильных дорог для обеспечения их высотного положения / Столбов Ю.В. // Вестник СибАДИ. - 2016. - №5(51). - С. 124-130.

## ПРИРОДНЫЙ КАМЕНЬ В АРХИТЕКТУРЕ

**Олейникова А.Р., Лапунова К.А.**

АСА ДГТУ РФ, г. Ростов-на-Дону

*Аннотация:* в статье рассматривается история применения природного камня в архитектуре, его свойства, разновидности по характеру применения, декоративные качества.

*Ключевые слова:* камень, архитектура, облицовка, тектоничность.

Камень –великолепный строительный материал, созданный природой. Крупнейший знаток камня, академик А.Е. Ферсман писал: «Камень сейчас в руках человека – не забава и роскошь, а прекрасный материал, которому мы сумеем вернуть свое место, материал, среди которого прекраснее и веселее жить. Шире дорогу камню в науку и технику, в искусство, архитектуру, в самую жизнь – жизнь яркую, красочную, полную труда и творчества!»[1].

Архитекторы до сих пор мало занимались проблемами применения каменных пород в строительстве, в основном ограничиваясь облицовочным камнем. Нет специальных трудов по теоретическому осмыслению роли природного камня в процессе развития современных архитектурных форм. Слабо изучены вопросы взаимодействия материалов из природного камня с изменившейся в результате издержек технического прогресса окружающей средой.

Свойства камня – твердость, прочность природная декоративность, символизирующие надежность, незыблемость, созидание и силу духа, предопределили его повсеместное использование в архитектурно-строительной практике и скульптурной пластике с древнейших времен.

К эпохе первобытнообщинного строя относится возведение из многотонных необработанных или примитивно обработанных блоков из известняка или песчаника монументальных культовых мегалитических сооружений – дольменов, кромлехов, менгиров.

Неизмеримо возросла роль природного камня в строительстве, архитектуре и прикладном искусстве в исторический период возникновения и развития древних культур Египта, стран передней и средней Азии и античного мира.

Египтяне одними из первых начали возводить монументальные каменные сооружения, где масса преобладала над внутренним пространством, и достигли в обработке камня высокого совершенства. Этому способствовала правильная трещиноватость, характерная для гранитов, известняков и песчаников нижнего Нила. Из грубоколотых блоков-кубов и параллелепипедов массой от 2,5 до 15 тонн, а также отесанных и с высокой точностью подогнанных облицовочных каменных плит осуществлялось возведение погребальных сооружений фараонов – пирамид. Кладка велась на известково-песчано-глиняном растворе, а наружные облицовочные квадраты и плиты укладывались с ювелирной точностью «насухо», т.е. без раствора[2].

Главной отличительной чертой древнегреческой архитектуры является тектоничность, наиболее ярко проявившаяся при возведении культовых и общественных зданий. Из камня (известняка, мрамора) «насухо» выкладывались как стены, так и стоечно-балочные конструкции оформляющих вход в здание портиков и галерей.

Пришедшая на смену романской архитектуре, готическая, непосредственно связана с дальнейшим развитием мастерства каменотесов, которые использовали местные породы камня не только для кладки и облицовки стен, но и для изготовления разнообразных декоративно-художественных деталей, украсивших фасады и интерьеры великолепных готических храмов[2].

Монументальные памятники каменного зодчества оставила эпоха феодализма, с которой, в частности, связано зарождение и развитие древнерусской архитектуры, нашедшей свое отражение в монолитных крепостных стенах и башнях Кремлей, каменных палатах, церквях и соборах.

В древнерусском государстве природный камень повсеместно применяли не только для кладки фундаментов и стен, но и в качестве материала для укладки различного типа декоративных полов и устройства кровли.

В южных княжествах домонгольской Руси функции бутового камня выполнял колотый песчаник, известняк и булыжник. Для Новгородско-Псковских земель характерна кладка из валунов, а фундаменты памятников архитектуры Московского, Нижегородского и Рязанского княжеств выкладывались из грубоотесанных каменных квадров.

В XIV в. из местного белого известняка был возведен московский Кремль, его каменные палаты и соборы, что послужило основанием для закрепления за нашей столицей образного наименования – Москва белокаменная. В качестве облицовочного материала использовался Лыткаринский и Татаровский песчаники, а также известняки Тарусского, Мячковского, Пудостского, Пахорского и других месторождений.

Для эпохи Возрождения характерно применение природного камня в качестве облицовочного материала. Камень становится одним из элементов пышного декора, зарождающихся стилей барокко и рококо, ставших предвестниками строгой и одновременно изысканной архитектуры классицизма[3,4].

Каменные материалы по характеру применения делятся на две большие группы: штучный и дробленый камень.

Для каменных пород, разрабатываемых как штучный камень, на первое место выдвигается требование блочности. Иными словами, массив породы должен иметь минимальное количество трещин, чтобы из него можно было бы выпиливать блоки камня. В противном случае, при большой трещиноватости породы, она может разрабатываться только на дробленый камень. Среди штучных камней

по характеру применения особо выделяется облицовочный камень, для которого важнейшим является требование декоративности.

Дробленный камень используется в строительстве шире, чем штучный, и требования к нему ниже хотя бы потому, что здесь не требуется декоративность и блочность. В строительстве он применяется как инертное основание бетонов и асфальтобетонов, а также, как дорожный щебень. В целом, около 90% стоимости всего добываемого камня приходится на долю дробленого камня и только 10% составляет штучный камень.

Важнейшими свойствами, которые выделяют природный камень среди других строительных материалов, являются его долговечность, прочность и декоративность. Богатая цветовая гамма, разнообразие текстуры и возможность получения различной фактуры поверхности составляют декоративные свойства камня, делаая его незаменимым материалом не только в отделке фасадов, но и в облицовке интерьеров и в напольных покрытиях. О долговечности камня говорит тот факт, что первые признаки разрушения в сооружениях из кристаллических пород появляются через 200-300, в иногда и через 500 лет. Прочностные свойства природного камня определяют широкий диапазон его использования: от применения в мощении улиц и площадей, до тончайших деталей декоративного рельефа и орнамента в отделке зданий. Кроме того, строительные изделия из камня огнестойки и гигиеничны –не имеют токсичных выделений, запахов и статического электричества, способствующего накоплению пыли, поддаются очистке и ремонту[1].

Замечательные свойства камня могут быть выявлены в полной мере только при правильном использовании его в постройках, поэтому при выборе камня необходимо учитывать целый комплекс его физико-механических свойств: твердость, прочность, объемную массу, водопоглощение, пористость, теплопроводность и морозостойкость.

В качестве облицовочных материалов находили применение диабазы и брекчии, уральский мрамор и малахит, прибайкальский лазурит, карельские граниты, гнейсы, кварциты, мраморы, сланцы, эстонские доломиты и мраморы. Из Польши и Германии ввозились песчаники, из Афганистана – бадахшанский лазурит, из Италии – разнообразные мраморы – белый Каррарский, голубовато-серый «бардиллио», зеленый левантийский, желтый сиенский, черный генуэзский, а также красный «гриотто» мрамор из Франции и гранито-порфиры из Швеции[4].

Все это многообразие каменной палитры участвовало в сооружении таких шедевров отечественной архитектуры, как Исаакиевский и Казанский соборы, Зимний, Михайловский и Мраморный дворцы, ансамбль Биржи, ансамбли городских проспектов и Дворцовой площади, здания Адмиралтейства и исторического Смольного, монументальные гранитные набережные Невы и др.[4].

Природный камень – это, пожалуй, единственный строительный материал который может называться вечным, по праву считается символом прочности и надежности. Камень – это износоустойчивость, прочность, стойкость к перепадам температуры и влажности плюс уникальные эстетические качества: богатая цветовая гамма, рисунок прожилок, различная фактура. Новые индустриальные методы обработки расширили возможность применения камня как отделочного материала, позволили существенно снизить себестоимость. Сегодня из предмета роскоши камень становится товаром повседневного спроса.

Использование природного камня в отделке фасадов, интерьеров, в архитектуре малых форм (фонтаны, беседки и т.п.) делает многие здания и площади стильными, уютными, оригинальными. Респектабельность внешнему виду и внутренним интерьерам придает именно отделка природным камнем. Умелое сочетание различных фактур и цветовых переходов позволяет максимально раскрыть неповторимую красоту используемых материалов.

#### Список литературы

1. Айрапетов Д.П. Архитектурное материаловедение. – М.: Стройиздат, 1983. – 192 с.
2. Айрапетов Д.П. Материал и архитектура. – М.: Стройиздат, 1978. – 270 с.
3. Лебединский В.И. В удивительном мире камня. – М.: Недра, 1978. – 160 с.
4. Едике Юрген. История современной архитектуры. Синтез формы, функции и конструкции. Пер. с нем. – М.: Искусство, 1972. – 246 с.

# РАЗВИТИЕ ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАК ВОЗМОЖНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ

**Перфильев В.В., Немченко И.О., Иляхин А.В.**

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, РФ, г. Барнаул

Зарубежные и отечественные города в большинстве своем столкнулись с необходимостью развития существующей застройки взамен строительства на новых территориях.

Необходимо также учесть, что значительная часть жилья в городах существенно изношена, наблюдается рост числа аварийных домов. Нуждаются в реконструкции объекты инженерной и транспортной инфраструктур [2].

Поэтому, на наш взгляд, необходимо изучить и провести анализ накопленного положительного опыта в данной сфере, как зарубежного, так и отечественного.

Последние десятилетия за рубежом получила развитие джентрификация или городская рециркуляция. Она предполагает реконструкцию и обновление строений в непрестижных ранее городских кварталах согласно программе запланированного городского восстановления или в результате решений, принимаемых профессионалами и управляющими [1].

В основном, джентрификация – это процесс, при котором индустриальные районы превращаются в фешенебельные, со значительным последующим удорожанием объектов недвижимости.

Чтобы выбрать для инвестиций перспективный рынок, нужно учитывать несколько факторов, являющихся предвестниками последующего комплексного развития и, как следствие, роста цен на жильё.

## **1. Расположение рядом с центром города.**

Первыми начинают подвергаться комплексному развитию районы, находящиеся рядом с центром или имеющие с ним хорошее транспортное сообщение.

Так, например, в Нью-Йорке последовательно развиваются территории, прилегающие к Бруклину и Манхэттену, что существенно повышает стоимость находящегося в них жилья.

## **2. Облагораживание территории, перспективы развития инфраструктуры.**

Примером может служить район West Chelsea, который расположен в Нью-Йорке, где в начале 2000-х власти приняли решение реконструировать заброшенную железнодорожную ветку, превратив её в парк. В еще до начала работ цены на недвижимость в окрестностях выросли на 64 %, при этом за этот же период стоимость жилья по городу в целом увеличилась в среднем на 25 %.

## **3. Развитие транспортной инфраструктуры.**

Для примера отметим, что росту цен на недвижимость в некоторых районах Лондона будет способствовать строительство системы высокоскоростной железной дороги Crossrail. В центре недвижимость слишком дорогая, поэтому оптимальный вариант — объекты, расположенные в транспортных зонах близко к центру и поблизости с железной дорогой.

## **4. Строительство отелей, бизнес-и торговых центров.**

Например, в Нью-Йорке в конце 2003 года рядом с круговой развязкой Columbus Circle был открыт многофункциональный центр. С этого момента начали расти цены на недвижимость в окрестностях: за два года жильё здесь подорожало на 62 %, тогда как в среднем по Нью-Йорку — только на 27 %.

## **5. Рост популярности у состоятельных слоёв населения.**

Изучим отечественный опыт. Здесь представляется интересным опыт Новосибирска, наиболее близкий к Барнаулу территориально и климатически [3].

При этом прежде всего необходимо обратить внимание на строительство новых мостов, дорог, линий метро, что почти всегда почти всегда увеличивает привлекательность территорий, к которым они ведут.

Например, строительство каждой станции метро даже на уровне планирования увеличивает стоимость жилья на несколько тысяч рублей за кв.м. Если это мероприятие следует в совокупности с другими мероприятиями по комплексному развитию, то стоимость возрастает на 10 и более процентов. Свежий пример – ввод в строй станции «Золотая нива» в Дзержинском районе. Еще до ввода станции в строй появились покупатели, которые предвидели такое развитие событий. Кто-то покупал квартиру для себя, чтобы жить рядом с метро. Кто-то – в качестве удачного вложения денег. Ввод в

эксплуатацию станции метро «Березовая роща» повысил также существенно повысил цены квартир в домах около станции.

Велика вероятность того, вырастут цены на квартиры там, где пройдет продолжение Красного проспекта в сторону городского аэропорта, так там уже ведутся строительные работы. В качестве примера приведем также территорию вдоль Ипподромской магистрали. Еще десять лет назад этот район был малопривлекательным для проживания. Сегодня здесь построены новые жилые комплексы, проводится комплексное интенсивное освоение территории, имеется хорошая транспортная доступность.

И, наконец, отметим, что в Новосибирске строится крупнейший инфраструктурный объект – Бугринский мост. Для жителей, которые хотят быстро попасть на другой берег Оби, это очень важный фактор, чтобы определиться с покупкой.

Перейдем к Барнаулу. У нас также имеется опыт, когда стоимость объектов недвижимости в одном микрорайоне увеличивается существенно, на других территориях города. Это всем известный район: ул. Балтийская и Шумакова («Новостройки»).

Он массово застраивался в 90-х годах. Тогда стоимость жилья там составляла около 75 % стоимости такой же жилой недвижимости в районе кинотеатра «Первомайский» (центр города).

На сегодняшний день ситуация изменилась. Территорию новостроек существенно и в лучшую сторону изменила комплексная квартальная застройка между ул. Малахова и ул. Лазурная.

Заметим, что основным преимуществом квартальной застройки является комплексный подход: застройщик планирует не только строительство жилых домов, но и сопутствующей инфраструктуры – обеспечение транспортной доступности и подведение инженерных коммуникаций.

Очень важно, что при подготовке проекта квартальной застройки, в обязательном порядке учитывается обеспеченность жителей проектируемого комплекса школами, детскими садами, спортивными сооружениями и достаточным количеством парковочных мест.

При этом достигается не только определенная автономность жителей квартала, но и улучшение качества жизни горожанам, проживающим по соседству. Это район улиц Попова, Балтийская, Шумакова и др. Они также могут использовать инфраструктуру новых кварталов.

За минувшие два десятилетия проведен целый комплекс мероприятий по реконструкции дорожного хозяйства именно в районе улиц Малахова, Балтийская и Шумакова:

1. Шоссе Ленточный бор, построенное более 20-ти лет назад, соединило район новостроек со Змеиногорским трактом и предоставило горожанам возможность двигаться на юго-запад Алтайского края в объезд перегруженного транспортом центра.

На сегодняшний день по нему передвигается до 16-ти тыс. автомобилей в час за счет расширения дорожного полотна на путепроводе через железнодорожные пути.

2. Проведен ремонт дорожного полотна на ул. Власихинской.

3. Продолжается строительство третьего Малаховского кольца на пересечении улиц Малахова и Власихинской.

Со следующего года запланирован серьезный комплекс работ по реконструкции и ремонту дорожного хозяйства в том же юго-западном направлении.

Необходимо подчеркнуть, что более половины финансирования для дорог Барнаула предоставлено федеральным центром.

Результатом реализации данной многолетней разносторонней деятельности стало следующее: стоимость жилой недвижимости на территории новостроек увеличивалась опережающими темпами и, на сегодняшний день, сравнялась со стоимостью жилья в районе «Первомайский».

Внесем свои предложения. Очевидно, что разноплановая многолетняя работа может изменить не только архитектурный облик отдельных районов города, но и резко поднять стоимость любых объектов недвижимости, прежде всего – жилой.

Для примера возьмем микрорайон Поток в Барнауле (рисунок 1). На сегодняшний день он является одним из самых непрестижных в нашем городе.

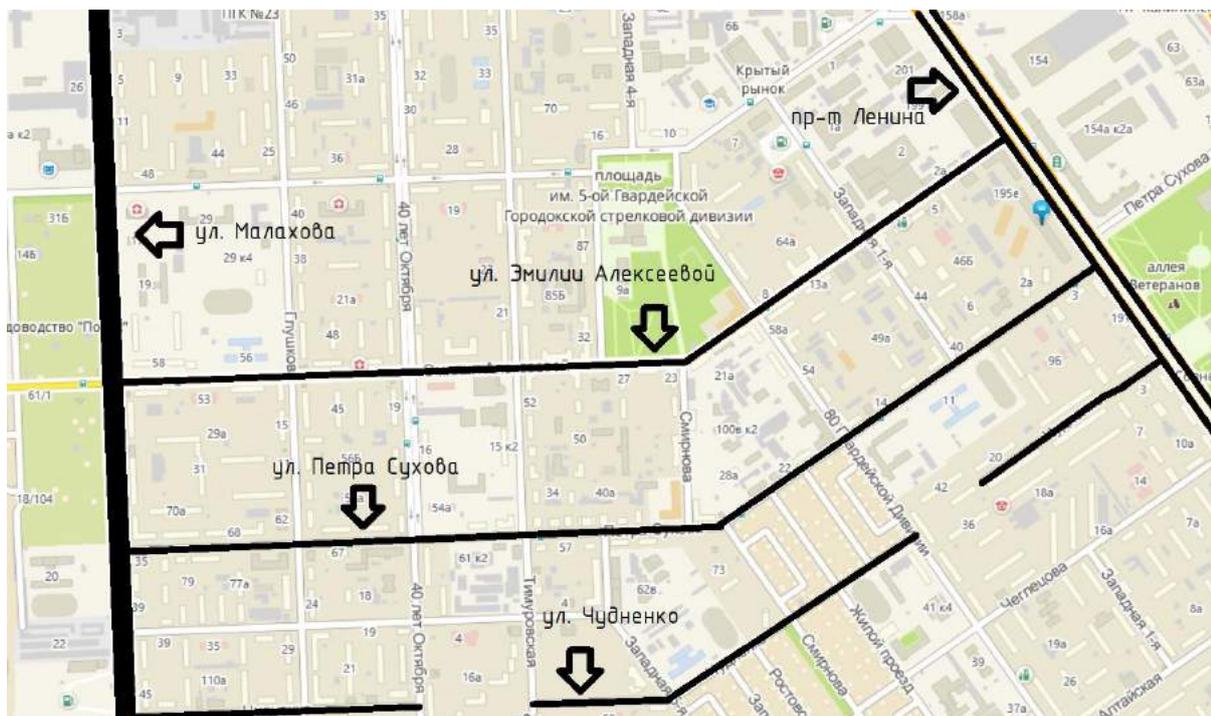


Рисунок 1. Микрорайон Поток

Отметим, что на данной территории расположены «очаги аварийности», т.е. множество аварийных домов расположено компактно на нескольких площадках.

Обозначим несколько моментов:

1. Финансовые ресурсы на расселение жителей аварийных домов будет выделяться при софинансировании бюджетов различных уровней, в большей степени за счет федеральных средств, что немаловажно для нашего города.

2. При сносе многочисленных аварийных домов, не являющихся энергоэффективными, высвобождается большое количество тепловой энергии, которое может быть использовано для снабжения теплом и горячей водой вновь построенного энергоэффективного жилья для переселенцев. При этом не потребуются дорогостоящая перекладка магистрального трубопровода. Также резко сократятся потери в тепловых сетях при замене изношенной изоляции трубопроводов на новую, с эффективным утеплителем.

3. Специалисты АлтГТУ им. И.И. Ползунова провели исследование и установили, что ул. П. Сухова на всем ее протяжении за счет сноса аварийных домов может быть расширена с 2-х до 4-х полос. В результате осуществления данного мероприятия резко возрастет ее пропускная способность, и она превратится в дорогу-дублер для других магистралей города.

4. Ввиду компактного расположения аварийного жилья можно и здесь организовать квартальную застройку с организацией зеленых зон для отдыха горожан.

Таким образом, используя передовой зарубежный и отечественный опыт, в том числе и барнаульский, мы можем увеличить рыночную стоимость объектов недвижимости в изученном районе, повысить его престижность, комфортность проживания горожан и, в конечном итоге, поднять имидж Барнаула.

#### Список литературы

1. Березина Д. Джентрификация и рост цен на недвижимость [Электронный ресурс] / Березина Д., Кожевникова Ю., Траньо. Режим доступа: [https://tranio.ru/traniopedia/tips/dzhentrikaciya\\_i\\_rost\\_cen\\_na\\_nedvizhimos\\_kak\\_raspoznat\\_perspektivny\\_rupok\\_dlya\\_pokupki\\_zhilya/](https://tranio.ru/traniopedia/tips/dzhentrikaciya_i_rost_cen_na_nedvizhimos_kak_raspoznat_perspektivny_rupok_dlya_pokupki_zhilya/) (Дата обращения: 24.10.2017).
2. Грабовый П. Г., Реконструкция и обновление сложившейся застройки города: учебное пособие для вузов [Текст]. / Под общей ред. П.Г. Грабового, В.А Харитонова. – М.: Изд – во АСВ, 2006. – 624 с.
3. Ланская А. Вперед в будущее: места в Новосибирске, где может вырасти цена на жилье [Электронный ресурс] / А. Ланская, А. Александронк. Режим доступа: <http://www.gazeta.bn.ru/articles/2014/05/19/171413.html> (Дата обращения: 24.10.2017).

# НЕСТАЦИОНАРНАЯ ЗАДАЧА ТЕРМОУПРУГОСТИ

Шляхин Д.А., Пичугина Л.О.

АСА СамГТУ, РФ, г. Самара

## Аннотация

Построено новое замкнутое решение задачи термоупругости для шарнирно закрепленной круглой пластины. На лицевые поверхности рассматриваемого элемента воздействует температура. Расчётные соотношения получены методом конечных интегральных преобразований по радиальной и аксиальной координатам.

Численные результаты расчёта позволяют определить напряженно-деформируемое состояние рассматриваемой конструкции в случае нестационарного её нагрева.

**Ключевые слова:** теория термоупругости, нестационарная нагрузка, конечные интегральные преобразования.

## Введение

При проектировании современных строительных конструкций возникает проблема расчёта упругих систем в цилиндрической форме в случае действия нестационарной температурной нагрузки. Неравномерный нагрев конструкций приводит к образованию деформаций и механических напряжений. Данные температурные напряжения необходимо учитывать при проведении инженерных расчётов.

Для расчёта конструкций на неравномерный нагрев, как правило, рассматривается только уравнение термоупругости в линейной постановке, а объектом исследований является бесконечно длинные цилиндры или пластины [1,2]. Задача существенно усложняется, если на напряженное состояние и температурное поле оказывают влияние деформации рассматриваемой конструкции. Такие задачи в основном решаются в несвязной постановке, а именно отдельно исследуются задачи термоупругости и упругости. В связной постановке можно отметить отдельные работы, посвященные исследованию бесконечно длинного цилиндра, и конечного цилиндра с мембранным закреплением его торцов [2,3].

В настоящей работе рассматривается круглая шарнирно-закрепленная пластина. Исходные расчётные соотношения включают дифференциальные уравнения движения и термоупругости. В пространственной постановке замкнутое решение строится методом конечных интегральных преобразований.

**1. Постановка задачи.** В настоящей работе рассматривается осесимметричная динамическая задача теории термоупругости для шарнирно закрепленного сплошного изотропного диска, занимающего в цилиндрической системе координат  $(r_*, \theta, z_*)$  область  $\Omega: \{0 \leq r_* \leq b, 0 \leq \theta \leq 2\pi, 0 \leq z_* \leq h_*\}$ . На торцевые поверхности пластины действуют нестационарная температура  $\omega_1(r_*, t_*)$  при  $z = 0$  и  $\omega_2(r_*, t_*)$  при  $z = h^*$  (рис. 1).

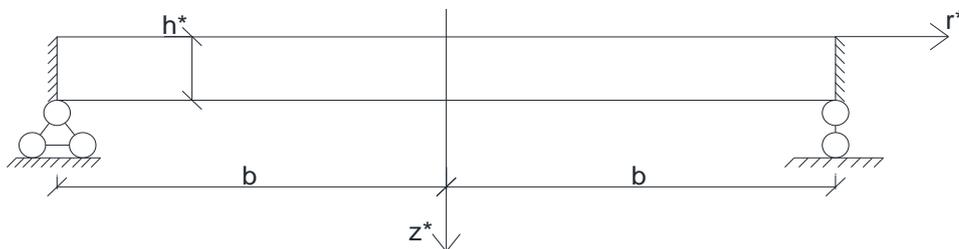


Рис. 1. Расчетная схема

В общем случае дифференциальные уравнения осесимметричного движения и термодинамики однородной упругой изотропной среды в цилиндрической системе координат относительно функций  $U, W, T$  записываются в виде:

$$\nabla_1^2 U + a_1 \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} + a_2 \frac{\partial^2 W}{\partial r \partial z} - \frac{\partial T}{\partial r} - \frac{\partial^2 U}{\partial r^2} = 0, \quad (1)$$

$$a_1 \nabla_2^2 W + \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} + a_5 \frac{\partial}{\partial z} \nabla U - \frac{\partial T}{\partial z} - \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} = 0,$$

$$\nabla_1^2 T + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} - a_6 \frac{\partial T}{\partial z} - a_7 \frac{\partial}{\partial z} \left( \nabla U + \frac{\partial W}{\partial z} \right) = 0.$$

$$r=1 \quad \sigma_{rr} = \frac{\nu E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \left( \frac{1-\nu}{\nu} \frac{\partial U}{\partial r} + \frac{U}{r} + \frac{\partial W}{\partial z} \right) - \gamma T = 0, \quad (2)$$

$$W(1, z, t) = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=1} = 0;$$

$$r=0 \quad U(0, z, t) < \infty, \quad W(0, z, t) < \infty, \quad T(0, z, t) < \infty.$$

$$z=0 \quad \sigma_{zz} = \frac{\nu E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \left( \frac{\partial U}{\partial r} + \frac{U}{r} + \frac{1-\nu}{\nu} \frac{\partial W}{\partial z} \right) - \gamma T = q(r, 0, t),$$

$$T(r, 0, t) = \omega_1, \quad \sigma_{rz} = \frac{E}{2(1+\nu)} \left( \frac{\partial W}{\partial r} + \frac{\partial U}{\partial z} \right) = 0. \quad (3)$$

$$z=L \quad \sigma_{zz} = \frac{\nu E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \left( \frac{\partial U}{\partial r} + \frac{U}{r} + \frac{1-\nu}{\nu} \frac{\partial W}{\partial z} \right) - \gamma T = 0, \quad T(r, L, t) = \omega_2,$$

$$\sigma_{rz} = \frac{E}{2(1+\nu)} \left( \frac{\partial W}{\partial r} + \frac{\partial U}{\partial z} \right) = 0.$$

$$t=0 \quad U(r, z, 0) = U_0(r, z), \quad W(r, z, 0) = W_0(r, z), \quad T^*(r, z, 0) = T_0(r, z), \quad (4)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} \Big|_{t=0} = \dot{U}_0(r, z), \quad \frac{\partial W}{\partial t} \Big|_{t=0} = \dot{W}_0(r, z).$$

$$\text{где} \quad a_1 = \frac{(1-2\nu)}{2(1-\nu)}, \quad a_2 = \frac{1}{2(1-\nu)}, \quad a_3 = \frac{\gamma(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)}, \quad a_4 = \frac{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)}, \quad a_5 = \frac{1}{(1-\nu)},$$

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r}, \quad U^*(r_*, z_*, t_*), \quad W^*(r_*, z_*, t_*), \quad \sigma_{pk}(r_*, z_*, t_*) - \text{компоненты вектора}$$

перемещений и тензора механических напряжений ( $p, k = r, \theta, z$ );  $t_*$  – время;  $T^*$  – изменение температуры ( $T^* = T - T_0$ ,  $T_0$  – абсолютная температура начального состояния тела);  $E, \nu, \gamma$  – модуль упругости, коэффициент Пуассона и термомеханическая постоянная изотропного материала,

$$\gamma = \frac{E}{(1-2\nu)} \alpha_t, \quad \alpha_t - \text{коэффициент линейного теплового расширения материала.}$$

Соотношения (1) – (4) представляют собой математическую формулировку рассматриваемой начально-краевой задачи теории термоупругости в безразмерной форме.

Замкнутое решение несамосопряженной системы дифференциальных уравнений (1) в общем случае получить не удастся. Поэтому необходимо рассмотреть задачу (1) – (4) в несвязанной постановке.

На первом этапе решается уравнение термоупругости относительно функции  $T(r, z, t)$  с заданными начально – краевыми условиями. Предполагая, что функции  $U, W$  равны нулю, определяется функция  $T$ . На втором этапе рассматривается задача теории упругости относительно

функций  $U, W$  с учетом заданной (известной) функцией  $T$ . На следующем этапе происходит уточнение функции  $T$ ; в результате решения задачи с учетом найденных значений  $U, W$ . Данный итерационный процесс выполняется до тех пор, пока численные результаты обеих краевых задач не совпадут с заданной точностью.

#### **Выводы**

На основании построенного решения можно сделать следующие выводы:

1. Построено новое замкнутое решение задачи термоупругости для шарнирно закрепленной круглой пластины;
2. Расчётные соотношения позволяют определить напряженно деформируемое состояние упругой конструкции и закон распределения температурного поля в его теле;
3. Взаимное уточнение решений в процессе исследования позволяет установить взаимозависимость между характером распределения температуры и деформаций шарнирно закрепленной упругой пластины.

#### **Список литературы**

1. Кудинов В.А., Карташев Э.М., Калашников В.В. «Аналитические решения задач тепломассопереноса и термоупругости для многослойных конструкций. - М., Высшая школа, 2005, 430 с.;
2. Кудинов В.А., Клебнеев Р.М., Куклова Е.А. «Получение точных аналитических решений нестационарных задач теплопроводности ортогональными методами //Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. Науки, 2017, том 21, №1, с. 197-206;
3. Сеницкий Ю.Э. «К решению связанной динамической задачи термоупругости для бесконечного цилиндра и сферы //Прикл. мех. АН УССР. 1982. Т. 18. №6. с. 34-41;
4. Лыгев С.А. «Связанная динамическая задача термоупругости для конечного цилиндра //Вестник Самарского государственного университета. 2003. №4 (30). с. 112-124.

#### **СЕКЦИЯ №11.**

#### **ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)**

#### **СЕКЦИЯ №12.**

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

#### **СЕКЦИЯ №13.**

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

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ В СТРУКТУРЕ БЕЛКОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ БИОБЕЗОПАСНОГО МАТЕРИАЛА**

**Самигуллина К.Р., Кашапова А.Р., Гребенщикова М.М.**

ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань

Исследование структуры и способов модификации натуральных коллагеновых материалов является актуальным направлением современной науки, поскольку коллаген - это основной белок многих материалов, используемых в медицине. В том числе, одним из перспективных и доступных материалов, применяемых довольно обширно, является перикардальная ткань крупного рогатого скота (КРС).[2] Одними из важнейших, после биологической совместимости, свойств коллагенсодержащих медицинских материалов, являются прочность и упругость. Эти свойства напрямую зависят от структуры ткани.[1]

Поскольку материалы, применяемые в медицине достаточно дорогостоящие, в качестве экспериментального объекта исследования использовалась натуральная кожа, состав и свойства которой практически полностью повторяют соединительные ткани, используемые в хирургии.

Для проведения экспериментальных исследований по установлению изменений структуры натурального коллаген содержащего материала проведена плазменная модификация натуральной кожи хромового и растительного дубления по ГОСТ 3674-74. Для придания биологически активных свойств натуральной коже проведено нанесение наноструктурированных покрытий с доказанной биологической активностью (Cu, Ti, Hf) на поверхность натурального биополимера методом конденсации из плазменной фазы (КИБ). Ряд образцов был подвергнут высокочастотной емкостной плазменной модификации (ВЧЕ). Режимы обработки образцов представлены в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Обозначение образцов и режимы их обработки

Обозначение	Вид кожи	Метод модификации
A <sub>1</sub>	кожа хромового дубления, по ГОСТ 3674-74	контрольный образец
B <sub>1</sub>	кожа хромового дубления, по ГОСТ 3674-74	ВЧЕ обработка G = 0,04 г/с; P = 26,6 Па; U = 4,5 кВт; газ – аргон Покрытие Cu:τ = 60с; I <sub>Cu</sub> = 55А; P = 2 * 10 <sup>-3</sup> мм.рт.ст.
C <sub>1</sub>	кожа хромового дубления, по ГОСТ 3674-74	–
D <sub>1</sub>	кожа хромового дубления, по ГОСТ 3674-74	Без ВЧЕ обработки Покрытие Cu:τ = 60с; I <sub>Cu</sub> = 55А; P = 2 * 10 <sup>-3</sup> мм.рт.ст.
E <sub>1</sub>	Вет-блю	контрольный образец
F <sub>1</sub>	Вет-блю	Без ВЧЕ обработки Покрытие (Hf+Ti)N: τ = 180с; I <sub>Ti</sub> = 55А; I <sub>Hf</sub> = 70А; P = 3 * 10 <sup>-3</sup> мм.рт.ст.; газ – азот
G <sub>1</sub>	кожа хромового дубления, по ГОСТ 3674-74	Без ВЧЕ обработки Покрытие (Hf+Ti)N: τ = 180с; I <sub>Ti</sub> = 55А; I <sub>Hf</sub> = 70А; P = 3 * 10 <sup>-3</sup> мм.рт.ст.; газ – азот
H <sub>1</sub>	кожа хромового дубления, по ГОСТ 3674-74	ВЧЕ обработка G = 0,04 г/с; P = 26,6 Па; U = 4,5 кВт; газ – аргон Покрытие (Hf+Ti)N: τ = 180с; I <sub>Ti</sub> = 55А; I <sub>Hf</sub> = 70А; P = 3 * 10 <sup>-3</sup> мм.рт.ст.; газ – азот
I <sub>1</sub>	кожа хромрастительного дубления, по ГОСТ 3674-74.	ВЧЕ обработка G = 0,04 г/с; P = 26,6 Па; U = 4,5 кВт; газ – аргон Покрытие Cu:τ = 60с; I <sub>Cu</sub> = 55А; P = 2 * 10 <sup>-3</sup> мм.рт.ст.
J <sub>1</sub>	кожа хромрастительного дубления, по ГОСТ 3674-74.	Без ВЧЕ обработки Покрытие (Hf+Ti)N: τ = 180с; I <sub>Ti</sub> = 55А; I <sub>Hf</sub> = 70А; P = 3 * 10 <sup>-3</sup> мм.рт.ст.; газ – азот

Для определения гидрофильных свойств поверхности определили время впитывания капли модифицированной поверхности. Для этого использовался экспресс-метод определения. В таблице 1.2 приведено время впитывания воды материалом в секундах. На рисунке 1.2 приведен график измерений.

Таблица 1.2 – Результаты измерений времени впитывания капли поверхностью

№ образца	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	I <sub>1</sub>	J <sub>1</sub>
Время, сек	≥300	≥300	≥300	269	193	208	≥300	≥300	≥300	≥300

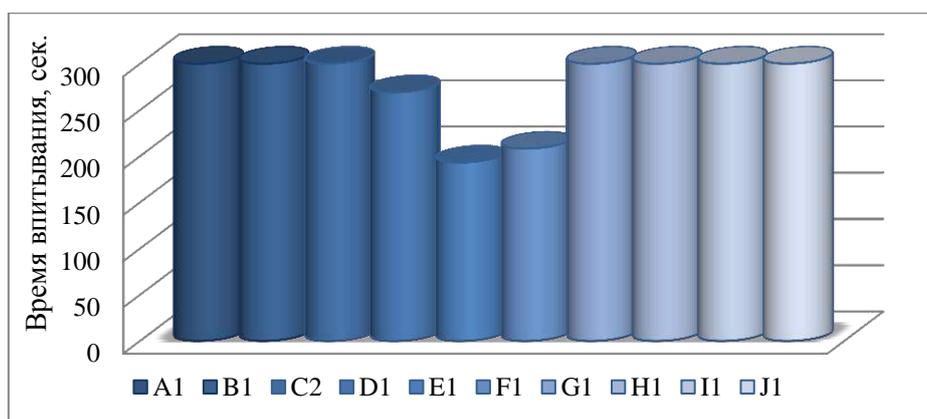


Рисунок 1.2 – Гистограмма изменения гидрофобных свойств

Провели исследование пористости образцов с покрытиями пикнометрическим методом и с использованием поромера.

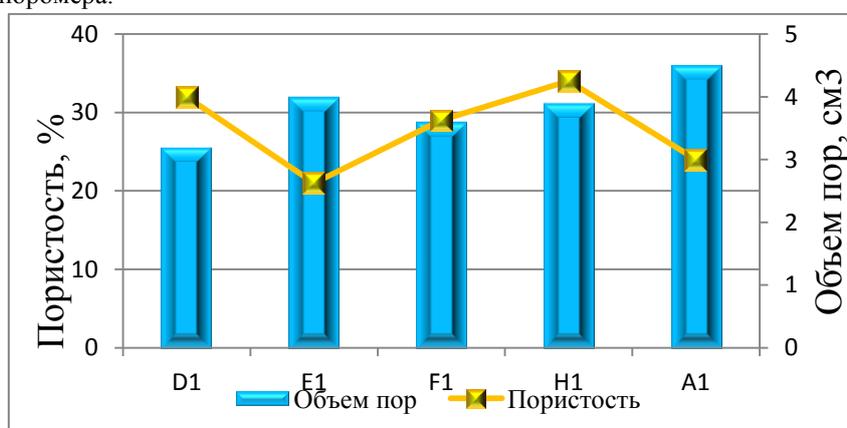


Рисунок 1.3 – Изменение пористости и объема пор в зависимости от вида обработки

У кожевенных материалов с покрытием на поверхности объем пор меньше, чем у контрольного образца. Пористость кожевенных материалов с покрытием в основном больше пористости контрольного образца (кроме образца с ВЧЕ-покрытием и образца, покрытого с обеих сторон гафнием и титаном). Это можно объяснить тем, что условия нанесения покрытий – вакуум и температура, отрицательно воздействуют на пористость натуральных материалов. Часть пор ссыхается, слипается. Часть пор забивается капельной фазой. Для снижения данного эффекта проводят емкостную высокочастотную обработку объемно-пористого материала.

Целью данного эксперимента было изучение изменения структуры белковой составляющей. Для этого исследовали структурные характеристики материала при помощи рентгеновских лучей (рентгеноструктурный анализ)

На рисунках 1.4 и 1.5 представлены диаграммы образцов.

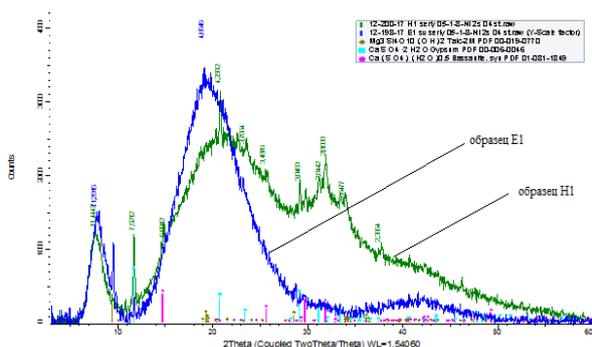


рисунок 1.4

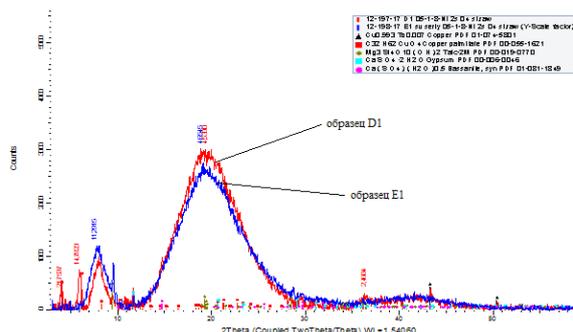


рисунок 1.5

Рисунок 1.4– Сравнительная дифрактограмма контрольного образца  $E_1$  и образца хромового дубления  $H_1$  – ВЧЕ обработка+покрытие (Hf+Ti)

Рисунок 1.5 – Сравнительная дифрактограмма контрольного образца  $E_1$  и образца хромового дубления  $D_1$  – без ВЧЕ обработки+покрытие Cu

По дифрактограммам видно, что структура белковой составляющей совсем не изменилась. Это можно наблюдать по схожести пиков на рисунках. Острый пик при  $11.29^\circ$  указывает на расстояние между молекулярными цепями  $\alpha$ -спирали, в то время как широкий рефлекс (размытый максимум) при  $4,6^\circ$  (0,45 нм) соответствует аморфному рассеянию вследствие неупорядоченности компонентов коллагеновых волокон. Пик небольшой интенсивности (0,29 нм) соответствует периодичности между аминокислотными остатками вдоль коллагеновых молекул тройных спиралей, то есть межвитковому расстоянию в  $\alpha$ -спирали. Так же можно отметить, что образцы с ВЧЕ обработкой имеют покрытие лучше, чем образцы обработанные ВЧЕ, подтверждением этому является пики указанные на рисунке 4.6  $2,8^\circ$ .

Проведено исследование гидрофобных и гидрофильных свойств поверхностей образцов. Результаты измерений времени впитывания капли поверхностью представлены в таблице 1.2. По результатам видно, что высокую степень гидрофобности показали образцы кожи хромового и хромрастительного дубления с покрытием. Наиболее гидрофильна – кожа вет-блю без покрытия и обработки.

Провели исследование пористости образцов. Пористость кожевенных материалов с покрытием в основном больше пористости контрольного образца.

Для оценки изменения укладки волокон провели микроскопию срезов. Установлено, что нанесение металлического покрытия на коллагенсодержащий материал методом КИБ приводит к уплотнению волокон кожи хромового дубления.

ВЧЕ обработка наносилась на образцы для лучшего сцепления покрытия с материалом. Выяснилось, что обработка ВЧЕ и нанесение покрытия методом КИБ никак не влияет на структуру образцов. Было установлено, что образцы обработанные ВЧЕ имеют лучшее покрытие, чем образцы не подвергшиеся обработки. Это хорошо заметно на дифрактограммах (рисунки 4.6 и 4.7). Можно сделать вывод, что при нанесении покрытия на кожу, допускает обработку ВЧЕ.

#### Список литературы

1. Мазуров В. И. Биохимия коллагеновых белков. – Москва.: «Медицина», 1974. – 248 с.
2. Райх Г. Коллаген (Проблемы, методы, исследования, результаты)/ Г. Райх; Перевод с немецкого О.О. Баблюян, Л.П. Истранов. – М.: Легкая индустрия, 1969. – 328 с.

#### СЕКЦИЯ №14.

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

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАМЕДЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОАКУУМНЫХ ПРИБОРОВ

Болотникова С. Н., Перекрестов А. П., Вавилина Н. А., Семенов С. В.

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

Для вакуумных электронных приборов, работающих в миллиметровом диапазоне, одним из основных требований является увеличение теплорассеивающей способности спиральных замедляющих систем и увеличение мощности. В настоящее время большое распространение получили замедляющие системы в виде металлической спирали, закреплённой диэлектрическими опорами, так как они обладают наибольшей широкополосностью [1].

Термическое сопротивление системы „замедляющая система - система охлаждения” прибора равно сумме тепловых сопротивлений: частично спирали (замедляющей системы), контактного границы спираль – керамические стержни, керамических стержней, контактного границы керамические стержни – оболочка, оболочки и системы „оболочка - система охлаждения”. Тепловое сопротивление деталей можно рассчитать с определённой ошибкой, но рассчитать все контактные сопротивления практически невозможно. Они определяются геометрическими размерами деталей, их классом обработки и допусками, реально существующими в приборе, технологией сборки. Однако термическое сопротивление прибора можно измерить и тем самым определить качество сборки и возможности прибора по мощности. Определяющим является качество сборки ВЧ пакета, т. е. тепловое сопротивление системы „спираль - оболочка”.

Термическое сопротивление ВЧ пакета определяется формулой:

$$R_T = \frac{T_{cn} - T_{об}}{Q}, \quad (1)$$

где  $R_T$  — термическое сопротивление пакета, К/Вт;  
 $T_{cn}$  — средняя температура спирали, К ( $^{\circ}\text{C}$ );  
 $T_{об}$  — температура внешней поверхности оболочки, К ( $^{\circ}\text{C}$ );  
 $Q$  — тепловой поток от спирали к внешней поверхности оболочки, в условиях работы прибора приблизительно равный мощности, высаживаемой на спираль, Вт.

При измерениях теплового сопротивления ВЧ пакета  $Q$  определяется следующим образом:

$$Q = U \cdot I, \quad (2)$$

где  $U$  — постоянное напряжение, подаваемое на спираль, В;  
 $I$  — сила протекающего при этом в спирали тока, А.

Температура внешней поверхности оболочки определяется с помощью термопары (пренебрегая погрешностью, вносимой тепловым контактным сопротивлением границы оболочка - термопара и неравномерностью температурного поля данной поверхности).

Средняя температура спирали определяется по исходной её температуре и относительному изменению её электрического сопротивления. Зависимость удельного электрического сопротивления молибдена от абсолютной температуры можно выразить соотношением следующего вида:

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot T^n), \quad (3)$$

где  $\rho$  — удельное электрическое сопротивление молибдена при абсолютной температуре  $T$  (К), Ом·м;  
 $\rho_0$  — удельное электрическое сопротивление при абсолютном нуле, Ом·м;  
 $\alpha$  — температурный коэффициент электрического сопротивления,  $\text{K}^{-n}$ ;  
 $n$  — показатель степени температурной зависимости сопротивления.

Тогда, пренебрегая температурным изменением отношения длины к площади поперечного сечения спирали, получим выражение для относительного изменения электрического сопротивления:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{1 + \alpha \cdot T_2^n}{1 + \alpha \cdot T_1^n}, \quad (4)$$

где  $R_1$  — электрическое сопротивление спирали при абсолютной температуре  $T_1$ , Ом;  
 $R_2$  — электрическое сопротивление спирали при абсолютной температуре  $T_2$ , Ом.  
Откуда:

$$T_2 = \left( \frac{1}{\alpha} \cdot \left( \frac{R_2}{R_1} - 1 \right) + \frac{R_2}{R_1} \cdot T_1^n \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (5)$$

Параметры  $\alpha$  и  $n$  данной зависимости для замедляющей системы определялись по следующей методике. Замеряемая спираль надевалась на керамический стержень (или трубку) большей длины (за счёт размотки краевых витков для уменьшения влияния эффекта краевого охлаждения, приводящего к неравномерному прогреву спирали), которые затем вставлялись в керамическую трубку с плотно навитой на ней с постоянным шагом спиралью нагревателя. В разрез посередине внешней трубки (вносящий некоторую погрешность в равномерность температуры замедляющей системы) вставлялась термопара и упиралась во внутренний стержень в специально увеличенное для этого межвитковое пространство. К выступающим концам измеряемой внутренней спирали подключался миллиомметр, а концы внешней спирали крепились к силовым (подводящим) электродам установки, которые при этом выполняли и роль крепежа. На электроды подавалось напряжение, в результате чего во внешней спирали протекал постоянный электрический ток задаваемых значений, приводивший к выделению тепла на нагревателе. Теплоотвод обеспечивался находившимся под стеклянным колпаком установки воздухом. Для более быстрого установления стационарного теплового режима через также находившуюся под колпаком трубку с плитой охлаждения пропускалась вода. При каждом из задаваемых значений тока нагревателя (которые в каждом цикле измерений сначала увеличивались с определённым шагом от нуля до максимального, а затем после выдержки уменьшались с тем же шагом до нуля) после отсутствия изменения температуры (с дискретностью  $0,1^\circ\text{C}$ ) в течение не менее 5 мин записывались значения электрического сопротивления и температуры спирали. По этим данным, полученным в 3 циклах измерений для каждой из 3 замедляющих систем из различных партий плюшенки, с помощью метода наименьших квадратов были определены параметры аппроксимирующей зависимости, аналогичной формуле 3, только для полного электросопротивления с индивидуальным для каждого цикла измерения параметром  $\rho_0$  и общими указанными определяемыми параметрами. В результате с относительным средним квадратичным отклонением, составившим по всем использованным точкам  $0,7\%$  (для температур в К), получено следующее соотношение для определения температуры спирали в  $^\circ\text{C}$ :

$$T_{cn} = \left( \frac{1}{0,014} \cdot \left( \frac{R}{R_0} - 1 \right) + \frac{R}{R_0} \cdot (T_0 + 273)^4 \right)^{\frac{3}{4}} - 273, \quad (6)$$

где  $R$  – электрическое сопротивление спирали при  $T_{cn}$ ,  $R=U/I$ ;

$R_0$  – исходное электрическое сопротивление спирали при исходной температуре ВЧ пакета  $T_0$  ( $^\circ\text{C}$ ), Ом.

При измерениях термического сопротивления ВЧ пакета  $T_0$  и  $R_0$  определяются следующим образом. В начале и конце цикла измерения (закрывающегося в подачи на спираль некоторых фиксированных значений постоянного электрического напряжения сначала в возрастающем, а затем после некоторой выдержки при максимальном значении напряжения в убывающем порядках) подаётся минимальное значение напряжения  $U_H = U_K \approx 0,01$  В. После отсутствия изменения температуры (соответственно,  $T_H$  и  $T_K$ ) с дискретностью  $0,1^\circ\text{C}$  в течение 5 мин записываются значения напряжения и тока. Затем определяются начальное  $R_H$  и конечное  $R_K$  электрические сопротивления замедляющей системы, как отношения соответствующих значений напряжения и тока.

Исходная температура  $T_0$  определяется следующим образом:

$$T_0 = \frac{T_H + T_K}{2} + \Delta T_{HK}, \quad (7)$$

где  $\Delta T_{HK}$  — оценка сверху изменения температуры спирали в результате приложения к ней напряжения  $U_H(U_K)$ ,  $\Delta T_{HK} = 0,2^\circ\text{C}$ .

Далее определённые описанным способом по формуле 1 по данным измерений значения теплового сопротивления ВЧ пакета аппроксимируются зависимостями (для каждого цикла измерений отдельными для режимов повышения и понижения напряжения) расчётного сопротивления от средней температуры ВЧ пакета, определяемой как полусумма  $T_{cn}$  и  $T_{об}$ . При подборе вида данной зависимости использовались целочисленные показатели степени при температуре от -2 до 2. Данные расчётов на основе метода наименьших квадратов (с понижающими весовыми коэффициентами нескольких точек при наименьших напряжениях из-за более высокой их относительной погрешности, а также завышенных значений тепловых

сопротивлений в случае плохого контакта при ненагретой замедляющей системе) показали, что удовлетворительной аппроксимацией обладает зависимость следующего вида:

$$RT_p = RT_0 + RT_1 \cdot T_{cp} + \frac{RT_2}{RT_3 + T_{cp}}, \quad (8)$$

где  $RT_p$  — расчётное термическое сопротивление пакета,  $K(^{\circ}C)/Вт$ ;  
 $T_{cp}$  — средняя температура ВЧ пакета,  $^{\circ}C$ ;  $RT_0$ ,  $RT_1$ ,  $RT_2$  и  $RT_3$  — параметры зависимости, соответственно,  $^{\circ}C/Вт$ ,  $1/Вт$ ,  $^{\circ}C^2/Вт$  и  $^{\circ}C$ .

Теоретически такой вид зависимости объясняется тем, что сначала резко уменьшаются контактные тепловые сопротивления (особенно при низкокачественном контакте спирали, стержней и оболочки) из-за большого прогрева замедляющей системы и, соответственно, роста её линейных размеров по сравнению с оболочкой и внешними сопряжёнными деталями при подаче на спираль напряжения, а затем после практического прекращения снижения контактных сопротивлений изменение теплового сопротивления ВЧ пакета определяется таковыми его деталей (в пределах диапазона температур, в котором теплообмен излучением пренебрежимо мал), главным образом, керамических стержней (материал которых имеет коэффициент теплопроводности, практически линейно уменьшающийся с температурой в рассматриваемом диапазоне).

### Список литературы

1. Орлова, М. Д. Твердофазное соединение элементов металлокерамических узлов спиральных замедляющих систем ламп бегущей волны [Текст] : автореферат дис. ... канд. техн. наук : 05.27.02 / Марина Дмитриевна Орлова ; науч. рук. А. Я. Зоркин ; НПП "Алмаз". - Саратов, 2014. - 109 с.

## АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ АНТЕНН РАДИОРЕЛЕЙНЫХ СТАНЦИЙ Е-ДИАПАЗОНА НА ОСНОВЕ ОДНОРОДНЫХ РАДИОЛИНЗ

**Кочетков В. А., Солдатов И. В., Черкасов А. Е., Леонов И. М.**

(Кочетков В. А., к.т.н., доцент)  
Академия ФСО России, г. Орёл

Необходимость передачи больших объемов данных на короткие (до 3-7 км) расстояния по каналам систем беспроводного доступа определяет роль и место радиорелейных станций (РРС) миллиметрового диапазона как средств связи с высокой пропускной способностью и эксплуатируемых на основе простого юридического оформления использования ресурсов радиоканала. РРС миллиметрового диапазона представляют собой сравнительно недорогую альтернативу волоконно-оптическим линиям связи (ВОЛС). Они оперативно развертываются и не требуют наличия кабельной канализации. Такие решения используются для широкого круга задач, например, в качестве беспроводной вставки в ВОЛС для преодоления естественных и искусственных препятствий, не позволяющих проложить оптический кабель: водных преград, железнодорожных путей, автомагистралей, исторических зданий, памятников в городе [1]. Они эффективны для построения распределительных сетей для инфраструктур сотовой связи 4G/LTE/5G, быстрого развертывания временных линий связи, резервирования высокоскоростных оптических каналов и колец (рис. 1) [1-3].

Радиорелейные станции миллиметрового диапазона могут применяться для построения как локальных вычислительных, так и корпоративных сетей.

15 июля 2010 г. было принято решение ГКРЧ, в соответствии с которым введен уведомительный порядок регистрации РРС диапазонов 71–76/81–86 ГГц. 20 декабря 2011 г. аналогичное решение было принято в отношении диапазона 58,25–63,25 ГГц [4]. Использование этих диапазонов представляется обоснованным с учетом того, что создать помехи в этих диапазонах сложно: узкие диаграммы направленности (ДН) антенн и большое затухание радиосигнала делают помехи маловероятными.

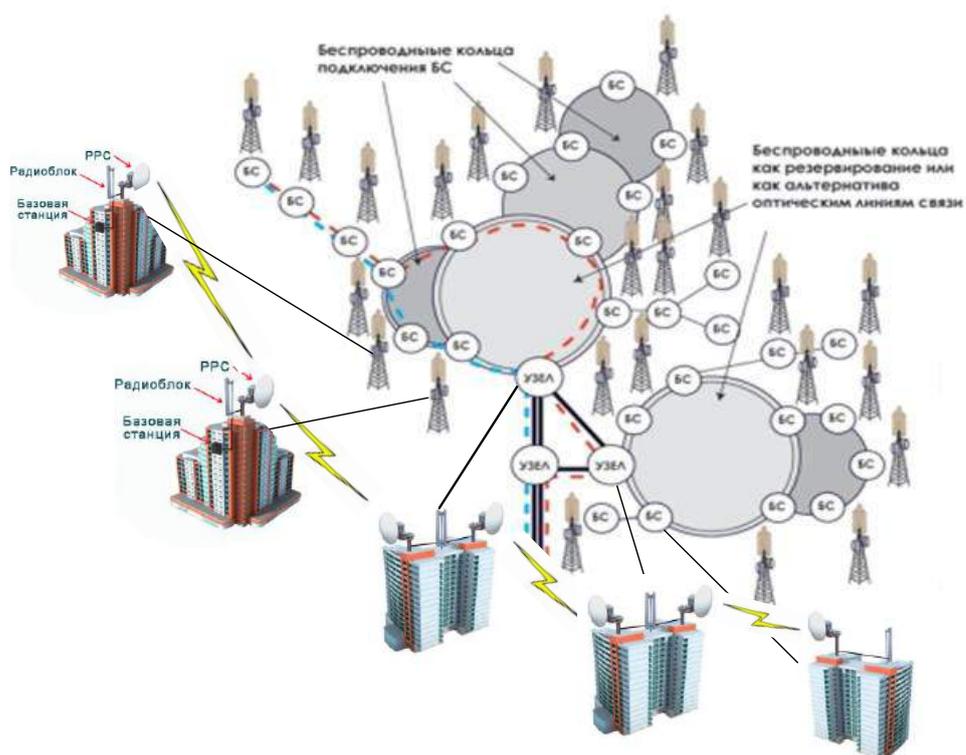


Рис. 1 – Фрагмент топологии и размещения базовых станций и РРС миллиметрового диапазона современной сети сотовой связи в городских условиях

Диапазон 71–76/81–86 ГГц, называемый Е-диапазоном, в большинстве стран относится к диапазонам с упрощенным порядком лицензирования. Затухание в молекулах кислорода и водяных парах значительно меньше, чем в диапазоне 60 ГГц, типовое значение дальности находится в пределах от 3 до 7 км при гигабитных скоростях в радиоканале. Для работы в этом диапазоне выпускается достаточно разнообразное оборудование радиорелейной связи [1, 3], преимущественно зарубежного производства, основные характеристики которого представлены в таблице 1.

Таблица 1 – ТТХ зарубежных и отечественных РРС Е-диапазона

Производитель	Intracom-Telecom (Греция)	E-Band Communic. (США)	Ericson (Швеция)	SIAE (Италия)	Siklu (Израиль)	ДОК (Россия)
Модель	UltraLink F80	E-link 10000	MINI-LINK PT 6010	ALFO plus80	Ether Haul-1200	PPC-1000
Диапазон, ГГц	71-76/ 81-86	71-76/ 81-86	71-76/ 81-86	71-76/ 81-86	71-76	71-76/ 81-86
Максимальная ширина канала, МГц	2x500	2x1000	2x1000	2x1000	500	2x1250
Модуляция	QPSK/16/ 64 QAM	QPSK	QPSK	QPSK/16/ 64 QAM	QPSK/16/ 64 QAM	QPSK
Дуплекс	FDD	FDD	FDD	FDD	TDD	FDD
Пропускная способность (QPSK), Мбит/с	2x365	2x1000	2x1000	2x1000	365	2x1000
Мощность передатчика (QPSK), дБм	6	22	19	18	6	20
Чувствительность BER*10 <sup>-6</sup> (QPSK), дБм	-69	-66	-63	-63	-69	-67
КУ антенны 0,3 м, дБ	45	45	н/д	н/д	45	45

<b>КУ антенны 0,6 м, дБ</b>	50	52	н/д	н/д	50	51
<b>Потребляемая мощность, Вт</b>	25	44	42	35	25	35
<b>Рабочая температура ODU, °C</b>	-45 ÷ +55	-45 ÷ +60	-33 ÷ +55	-35 ÷ +55	-45 ÷ +55	-40 ÷ +60

Диапазон 92–94 ГГц и 94,1–95 ГГц пока недостаточно освоен. Затухание сигнала такое же, как в E-диапазоне. Каких-либо особых преимуществ по сравнению с диапазоном 71–76/81–86 ГГц он не имеет [4].

В качестве антенных систем РРС E-диапазона используются параболические антенны, в том числе двухзеркальные, выполненные по схеме Кассегрена, с диаметрами апертуры 0.3 м, 0.45 м и 0.6 м, обеспечивающими ширину диаграммы направленности (ШДН) по уровню половинной мощности, равную одному градусу.

Зависимость коэффициента усиления антенн радиорелейных станций E-диапазона (71–76 ГГц) от протяженности интервала, рассчитанная по известной формуле Фрииса [5], с учетом типовых характеристик модемного оборудования современных РРС, представлена на рисунке 2, где обозначены:  $G_a$  – коэффициент усиления антенны,  $P_T$  – мощность на выходе передающего устройства,  $P_R$  – чувствительность приемника,  $\Delta F_{\text{канал}}$  – максимальная ширина канала, BER – вероятность ошибки принимаемого цифрового сигнала.

Альтернативой зеркальным антеннам в миллиметровом диапазоне волн могут быть линзовые антенные системы, которые отличаются простотой конструкции, широкими возможностями формирования диаграмм направленности (ДН) различного вида и постоянством характеристик в относительно широком диапазоне частот.

Линзовая антенна в общем случае состоит из облучателя и радиолинзы. Облучатель должен иметь фазовый центр, совпадающий с фокусом линзы, и формировать ДН, обеспечивающую требуемое амплитудное распределение на излучающей поверхности и минимум потерь энергии на "переливание" за края линзы [6].

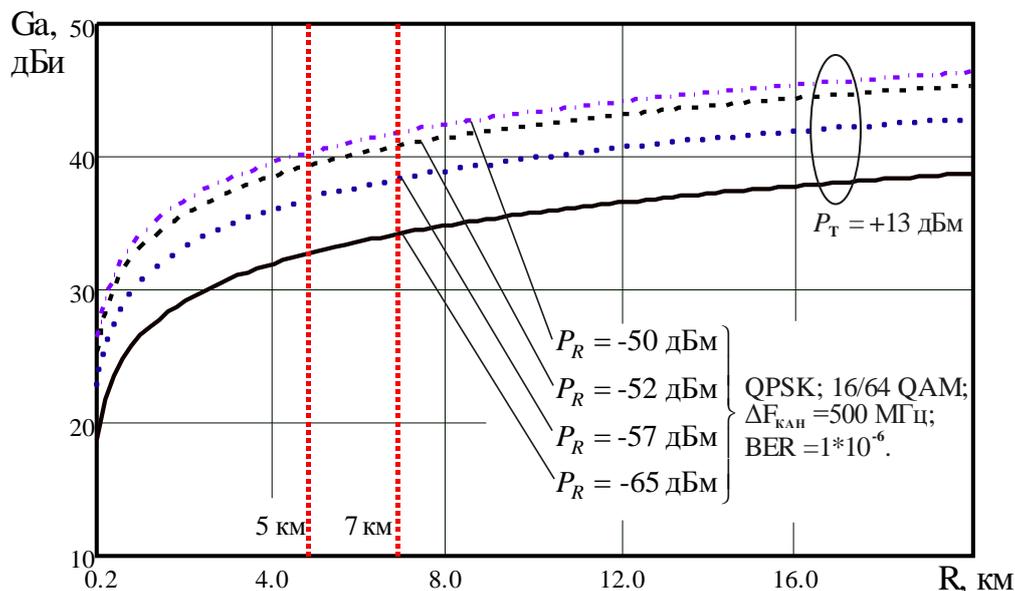


Рис. 2 – Зависимость коэффициента усиления антенн РРС E-диапазона от протяженности радиорелейного интервала

При расчете осесимметричной радиолинзы известным считается ее диаметр  $D$ , который определяют по заданной ШДН по формуле [7]:

$$D = (65 \div 70) \cdot \frac{\lambda}{2\theta_{0,5}}, \quad (1)$$

где  $2\theta_{0,5}$  – ШДН на уровне 0,5 по мощности, а  $\lambda$  – рабочая длина волны.

Расчеты диаметра линзовой антенны в соответствии с (1) для Е-диапазона, показывают, что его максимальное значение не превышает 29–30 см, в то время как у зеркальных систем этот параметр соответствует минимальным размерам поверхности рефлектора для рассматриваемого диапазона частот.

Последнее обстоятельство позволяет предположить, что при использовании однородных (гомогенных) радиолинз в качестве антенн радиорелейных линий Е-диапазона при одинаковой протяженности интервала, мощности передающего устройства, чувствительности приемника, ширине канала передачи данных и модуляции, по сравнению с антеннами зеркального типа, возможно оснащение РРС антенно-фидерными устройствами с меньшими габаритными размерами, массой и требованиями к точности изготовления поверхности антенны.

Важным достоинством обычных радиолинз из однородного диэлектрика является простота их конструкции. Линзу изготавливают из блока – диэлектрика, профили ее поверхности обрабатывают на обычных станках. При этом при производстве применяют диэлектрические материалы с высокой неоднородностью: наличие неоднородностей приводит к рассеянию энергии внутри линзы и возрастанию уровня боковых лепестков ДН. Другое преимущество гомогенных радиолинз – независимость диэлектрической проницаемости диэлектрика от частоты в широком диапазоне. Благодаря этому линзовые антенны относят к одним из самых широкополосных.

Радиолинзы с одной преломляющей поверхностью, имеющей форму эллипса, перераспределяют энергию в раскрыве, увеличивая к краям раскрыва амплитудное распределение, и тем самым компенсируют спадание мощности к краям у облучателя. В раскрыве однородной линзы можно получить поле, близкое к равномерному, что обеспечивает максимальное значение коэффициента усиления антенны.

Таким образом, для количественной оценки параметров антенной системы радиорелейных станций Е-диапазона на основе однородных радиолинз необходимо проведение электродинамического моделирования с использованием современных САПР, таких как *FEKO*, *CST Studio*, *HFSS*, в процессе которого возможна более точная оценка самих значений характеристик диаграммы направленности и влияния геометрических размеров и диэлектрических свойств линзы на параметры характеристики направленности антенны.

### Список литературы

1. Авдеев С.М. и др. Линзовые антенны с электрически управляемыми диаграммами направленности / С.М. Авдеев, Н.А. Бей, А.Н. Морозов. – М.: Радио и связь, 1987. – 128 с.
2. Жук М.С., Молочков Ю.Б. Проектирование линзовых, сканирующих, широкодиапазонных антенн и фидерных устройств. – М.: Энергия, 1973. – 439 с.
3. Писарев Ю.А. Гигабитные радиорелейные станции диапазона 80 ГГц // Журнал сетевых решений. Электронный ресурс. URL: <http://www.osp.ru/telecom/2012/03/13014193> (дата обращения 30.10.2017).
4. Радиомост ДОК, 71-76/81-86 ГГц, 1250 Мбит/с. Электронный ресурс: <https://shop.nag.ru/catalog/archive/07394.RRS-1000-7176-8186> (дата обращения 30.10.2017).
5. РРЛ как стратегический элемент сети. Электронный ресурс. URL: <http://www.telekomza.ru/2012/05/31/rri-kak-strategicheskij-element-seti> (дата обращения 31.10.2017).
6. Р. Уоллес. Максимальная дальность связи по радиоканалу в системе: как этого добиться? // Новости электроники. – 2015. № 11. – С. 3-13. Электронный ресурс. URL: [https://www.terraelectronica.ru/files/news/NE\\_2015\\_11\\_3.pdf](https://www.terraelectronica.ru/files/news/NE_2015_11_3.pdf) (дата обращения 02.11.2017).
7. The world's highest powered, lowest latency 70 & 80 GHz millimeter wave backhaul radios. Электронный ресурс. URL: <http://www.lightpointe.com/70--80-ghz.html> (дата обращения 31.10.2017).

## ОСОБЕННОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ РАСХОДА ПРИМЕНЯЕМЫХ В ТЕПЛОУЧЕТЕ

Кузовенков Л.С.

СФ ФБУ «Самарский ЦСМ», аспирант ФГБОУ ВО «СамГТУ»

Метрология это наука об измерениях, методах и способах обеспечения их единства, с требуемой точностью. Измерение это сравнение физической величины с ее единицей или, другими словами, нахождение значения данной величины. Средством измерений является техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени. Метрологические характеристики это характеристики средства измерений, влияющая на результаты (точность) измерений. И метрологические характеристики любого средства измерений нормированы, т.е. «вписаны» в определенные рамки. Для того, чтобы подтвердить соответствие метрологических характеристик каждого конкретного средства измерений регламентированным значениям, средство измерений при выпуске из производства, а также в процессе эксплуатации подвергается метрологической поверке. Метрологическая поверка средств измерений это совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим характеристикам. Погрешность измерения является характеристикой точности измерения.

«Главная» метрологическая характеристика любого средства измерений — это его погрешность. Погрешностью средства измерений - мы называем разность между показаниями данного средства и истинным значением измеряемой физической величины. Но здесь есть одна «философская» тонкость. Истинные значения нам неизвестны в принципе — иначе измерения не нужны были бы вовсе. Поэтому мы определяем погрешность во время проведения поверки, сравнивая показания поверяемого средства измерений с неким эталоном (то есть с показаниями эталонного средства измерений) — и считаем, что в ходе эксплуатации наше средство измеряет с погрешностью не хуже той, которая была продемонстрирована в метрологической лаборатории.

Открыв паспорт какого-либо расходомера, мы прочитаем: предел допускаемой основной относительной погрешности при преобразовании расхода в выходной электрический сигнал —  $\pm 1,0\%$ . Понятно, что «относительная погрешность» — это та, которая нормируется не в литрах (кубометрах), а в процентах. Т.е. при измерениях расхода  $1 \text{ м}^3/\text{час}$  данный расходомер «имеет право» ошибаться на  $0,01 \text{ м}^3/\text{час}$ , при измерениях расхода  $100 \text{ м}^3/\text{час}$  — уже на  $1 \text{ м}^3/\text{час}$ . А вот что такое «основная погрешность»? И если есть «основная», то должны быть и некие «дополнительные»?

Да, они есть. Например, температурная погрешность, которая зависит от температуры измеряемой жидкости. Подавляющее большинство отечественных производителей в своей документации о дополнительных погрешностях ничего не пишут. Вероятно, тем самым они намекают на то, что любые дополнительные погрешности пренебрежимо малы по сравнению с основной. Но в руководствах по эксплуатации некоторых приборов можно найти, например, такие сведения: пределы дополнительной погрешности от влияния температуры измеряемой среды —  $0,05\%$  на каждые  $10^\circ\text{C}$ .

Много это или мало? На  $100^\circ\text{C}$  — уже  $0,5\%$ , т.е. половина основной погрешности...

Всё это к тому, что, говоря о погрешности, нужно ясно понимать, что это такое, и о какой именно погрешности идет речь. Производитель, указывая в документации только предел основной относительной погрешности, как бы «минимизирует свои риски». Ведь раз нормирована только эта погрешность (эта составляющая погрешности), то и при поверке — на стенде — будет контролироваться только она, по ней расходомер будет получать допуск в эксплуатацию. Когда в самой эксплуатации будут проявляться и другие, дополнительные погрешности, и они могут быть значительными, но мы о них ничего не знаем и не можем их контролировать. Т.е. расходомер должен ошибаться, например, не более чем на  $1\%$ , но может ошибаться и на  $1,5\%$ , и еще на сколько-нибудь, и это может быть объяснено, но не может повлечь за собою никаких санкций.

Что интересно: в наших «Правилах учета тепловой энергии и теплоносителя» требования к метрологическим характеристикам расходомеров (водосчетчиков) сформулированы так:

«Водосчетчики должны обеспечивать измерение массы (объема) теплоносителя с относительной погрешностью не более 2%...».

Данная формулировка порождает вопросы. Во-первых, о какой погрешности идет речь — «основной» или «вообще»? Если в документах моего водосчетчика написано: «основная относительная — 2%», то пригоден ли он для учета «по Правилам»? Ведь если основная — уже 2%, и есть какие-либо дополнительные, то «в сумме» получим больше... Во-вторых, в правилах говорится о погрешности измерений «массы (объема)». Но подавляющее большинство типов применяемых в теплоучете расходомеров массу не измеряют — это функция вторичного преобразователя. Мы можем предположить, что погрешность «расчета» вычислителем массы по показаниям «объемных» расходомеров (в таком расчете будут участвовать еще и показания термопреобразователей, и датчиков давления, если они есть) пренебрежимо мала, и можно считать погрешность измерений массы вычислителем равной погрешности измерений объема водосчетчиком (расходомером). Но это, в общем-то, не совсем строгое и не вполне законное предположение.

Также некорректно отождествлять погрешность измерений расхода и объема, поскольку расход и объем — это разные физические величины. Когда мы берем отдельный расходомер, в паспорте которого — «предел допускаемой основной относительной погрешности преобразования объема в выходной электрический сигнал», то понять, соответствует ли он требованиям правил учета, непросто. Также непросто сравнить его с каким-либо другим расходомером, для которого производитель указал, например, «предел допускаемой относительной погрешности измерений расхода». Разные формулировки, но разный ли в них смысл? Формально — да.

Следующий нюанс: любой расходомер метрологически работоспособен только в каком-то определенном диапазоне измеряемых расходов. Т.е. не может измерять (или может, но с погрешностями, при которых измерения уже не имеют практического смысла) слишком маленькие и слишком большие расходы. Величины нижнего и верхнего пределов диапазона, а также соотношение между ними (так называемый динамический диапазон) зависят от диаметра расходомера ( $D_u$ , условный проход) и от его типа. Так, например, качественный электромагнитный расходомер способен измерить меньший расход, чем качественный же вихревой того же  $D_u$ ; электромагнитный расходомер  $D_u20$  способен измерить меньший расход, чем электромагнитный расходомер той же марки  $D_u200$  — и т.д., и т.п. Иллюстрации приведена в таблице 1, где указаны диапазоны вихревого, ультразвукового и электромагнитного преобразователей расхода, в которых «относительная погрешность преобразования расхода и объема в выходные сигналы» (вероятно, основная), не выходит за рамки  $\pm 1\%$ .

Ду	Диапазоны расхода ( $m^3/час$ ), в которых погрешность измерений расхода не превышает 1%		
	Вихревой расходомер	Ультразвуковой расходомер	Электромагнитный расходомер
20	0,5-8	0,12-6	0,12-12
32	1,0-16	0,6-30	0,3-30
50	2,0-32	1,4-70	0,72-72
80	5,0-80	3,6-180	1,8-180
Динамический диапазон	1:16	1:50	1:100

Таблица 1. Рабочие диапазоны преобразователей расхода

При этом производитель для тех же расходомеров в рекламе может указывать большие динамические диапазоны: например, 1:100 для ультразвукового и т.д. Это не обман: просто «широкий» диапазон делится на поддиапазоны: «внизу» (например, от 0,7 до 1,4  $m^3/час$  для  $D_u50$ ) погрешность не превышает 3%, «вверху» (от 1,4 до 70  $m^3/час$ ) 1:100 не превышает 1%, что и отражено в нашей таблице. А, например, для нашего вихревого «рекламный» диапазон составит 1:32, но в его нижней части (например, от 1,0 до 2,0  $m^3/час$  для  $D_u50$ ) погрешность нормирована на уровне 1,5%. Таким образом, сравнивать эти «1:32»

с «1:100» ультразвукового расходомера напрямую нельзя; корректно сравнивать только те диапазоны, в которых для данных расходомеров нормирована одинаковая погрешность.

Часто в разговорах применительно к расходомерам используют понятие класс точности - обобщенную характеристику СИ, отражающую предел основной и дополнительной погрешности, а также другие характеристики, влияющие на точность. Поэтому расходомер, у которого предел основной относительной погрешности — 1%, нельзя назвать расходомером «класса точности 1%», ведь в эту «цифру» не входят ни дополнительные погрешности, ни другие характеристики, влияющие на точность.

Итак, из всего вышесказанного должно стать понятно, что, оценивать или сравнивать метрологические характеристики различных расходомеров можно только тогда, когда они, образно говоря, «приведены к общему знаменателю». Т.е. когда речь идет об одних и тех же составляющих погрешности и о диапазонах, в которых погрешности рассматриваемых приборов одинаковы.

### Список литературы

1. [РМГ 29-2013 «ГСОЕИ. Метрология. Основные термины и определения»](#) - Стандартинформ, 2014. – 56 с.
2. «FB.ru» [Электронный ресурс]: МХСИ. ГМС. - Режим доступа: <http://fb.ru/article/332301/metrologicheskie-harakteristiki-sredstv-izmereniy-gosudarstvennaya-metrologicheskaya-služba> от 10.11.2017 г.
3. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества веществ: Справочник: Кн. 2/5-изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2004. - 412 с.
4. «Мир Знаний» [Электронный ресурс]: Особенности выбора расходомера. - Режим доступа: <http://mirznaniy.com/a/321654/osobennosti-vybora-raskhodomera> от 17.11.2017 г.

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТА ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРОПУНКТУРНОЙ ДИАГНОСТИКИ

**Тюрина М.М., Семенова Е.П.**

ФГБОУ ВПО КНИТУ им. А.Н. Туполева – КАИ, РФ, г. Казань

В настоящее время в медицинской практике широко применяются методы электропунктурной диагностики, использующие способы определения функционального состояния по биологически активным точкам. Начало такому виду диагностики в середине XX века положил немецкий врач Рейнхольд Фолль. Им был разработан эффективный метод электропунктурной диагностики, основанной на практиках китайской акупунктуры, применяющийся по всему миру.

Согласно принципам традиционной китайской медицины, расположенные на коже биологически активные точки (БАТ) связаны с функциональным состоянием внутренних органов. Рейнхольд Фолль научно обосновал электропунктурную диагностику как метод измерения электропроводности биологически активных точек. После проведения нескольких тысяч исследований было установлено, что определенные нарушения в организме приводят к снижению электропроводности конкретных БАТ. При этом изменения по БАТ можно выявить еще до появления симптомов болезни и даже до ее признаков в лабораторных анализах. Это очень важно, ведь чем раньше выявлены нарушения, тем легче предупредить дальнейшее развитие заболевания.

В рассматриваемом методе Фолля [4] значимым параметром для диагностики является величина тока протекающего через БАТ, по величине которого оценивают степень функциональных нарушений. Согласно методу на активный электрод подают напряжение порядка 1,3 вольта, пассивный электрод испытуемый берет в руку, затем активный электрод прикладывают к БАТ и в течение 5 секунд измеряют величину тока в микроамперах от 0 до 13 микроампер или в эквиваленте - в условных единицах от 0 до 100. Кроме того, известно, что органы и системы биологического объекта имеют характеристические частоты своего функционирования, которые использовались в указанном методе с целью коррекции функционального состояния при электростимуляции.

Недостатком способа Фолля является продолжительное время обследования из-за необходимого количества диагностируемых точек, которых согласно методике в среднем составляет порядка 150, и зависимость результатов диагностики от квалификации медицинского персонала. Кроме того, отсутствует оценка спектральных составляющих формы диагностического тока.

Другой способ электропунктурной диагностики с реперной точкой (по патенту на изобретение RU2471416) заключается в измерении тока в биологически активных точках (БАТ). Для этого устанавливают точечный электрод в реперную точку. Осуществляют подбор тестирующего напряжения путем увеличения напряжения на точечном электроде от нулевого значения с шагом приращения 0,1 В. В цикле измерения тока повторяют четыре раза, с временной задержкой в диапазоне 4-5 миллисекунд и вычислением среднего арифметического значения тока в цикле. Процесс повторяют до тех пор, пока среднее арифметическое значение тока в цикле не достигнет значений 10 мкА. После этого процесс увеличения напряжения прекращают. Напряжение снижают на один шаг 0,1 В. Затем увеличивают напряжение с шагом 0,02 В. Снова повторяют цикл измерения тока с временной задержкой в диапазоне 4-5 миллисекунд. Вычисляют среднее арифметическое значение тока в цикле. Процесс повторяют до тех пор, пока среднее арифметическое значение тока в цикле не достигнет значения 10 мкА. После этого процесс увеличения напряжения прекращают. С полученным значением тестирующего напряжения производят измерения значений тока в исследуемых БАТ и их регистрацию. Вычисляют среднее арифметическое значение тока, по величине которого определяют степень выраженности патологии. Способ повышает точность измерений при проведении электропунктурной диагностики за счет определения тестирующего напряжения.

Недостатком такого способа измерений является широкий спектр изменения омического сопротивления в диапазоне десятков и сотен кОм, что требует применения измерительных систем с высоким входным сопротивлением – порядка нескольких мОм, т.к. измерения проводятся на биологических объектах, и чувствительность к синфазным наводкам, к которым относятся сетевые наводки с частотой 50 или 60 Гц.

Другим известным способом является метод Накатани [3]. В этом способе значимым диагностическим параметром также является величина тока, протекающего через БАТ, по величине которого оценивают степень функциональных нарушений. Согласно методу Накатани на активный электрод подают напряжение порядка 9-18 вольт, пассивный электрод испытуемый берет в руку, затем полый активный электрод с гидрофильной прокладкой прикладывают к БАТ и в течение нескольких секунд измеряют величину тока в микроамперах от 0 до 200 микроампер или в его эквиваленте – в условных единицах.

Недостатком метода Накатани является значительное напряжение тестирования порядка 9...18 вольт и, соответственно, значительная величина тока в БАТ порядка 200 мкА, что приводит к возникновению неприятных ощущений у чувствительных пациентов и оказывает значимое влияние на величину электрокожного сопротивления в БАТ, тем самым снижая достоверность диагностики. Кроме того, отсутствует оценка спектральных составляющих формы диагностического тока. Еще одним недостатком является большое количество диагностируемых точек, равное 36.

Одним из методов повышения точности диагностики является метод, по которому определяется индивидуальное напряжение тестирования. Напряжение тестирования это напряжение на электродах, которые прикладывают к биологически активным зонам на поверхности кожи. Под действием этого напряжения в электрической цепи измерительной аппаратуры протекает ток, который пропорционален электропроводности в данной зоне. Необходимость определения индивидуального напряжения тестирования обусловлена зависимостью общей электропроводности биологических объектов, как от факторов внешней среды, так и от уровня симпатической активации вегетативной нервной системы [2].

Известен способ (по патенту на изобретение RU 2180516) электропунктурной диагностики состояния организма человека, по которому повышение точности диагностики основано на повышении точности измерений электропроводности БАТ за счет использования среднего арифметического значения измеряемого тока.

В этом способе отсутствует определение индивидуального напряжения тестирования. Кроме того, использование среднего арифметического значения измеряемого параметра для подавления синфазных наводок с частотой 50 или 60 Гц без специализированного алгоритма затруднительно, поскольку в самой формуле для вычисления среднего значения измеряемого параметра нет аналитической связи с какими либо частотными характеристиками измеряемых параметров [5]. Повышение достоверности диагностики

функционального состояния организма по одной точке может быть достигнуто за счет снижения неблагоприятного влияния шумовой компоненты.

Известен способ электропунктурной диагностики функционального состояния организма [1], при котором генерируемые электрические импульсы сериями подаются через электроды на поверхность кожи в биологически активную зону МС7 (содержит информацию о состоянии всего энергетического меридиана, отражающего функционирование головного мозга человека), затем проводятся измерения зашумленных сигналов каждого импульса серии в виде тока, проходящего через электроды, записывается каждое значение зашумленного сигнала. Полученная информация подвергается цифровой обработке с выделением полезного сигнала путем расчета спектральной функции для каждого измерения с последующим многократным суммированием амплитуд соответствующих частот. Далее методом скользящего среднего определяется количество частот, отличающихся по амплитуде более чем на  $\pm 30\%$  до и после преобразования методом скользящего среднего, подсчитывают индекс функциональных нарушений, равный отношению количества этих отличий к общему количеству характеристических частот для каждого органа или системы. Рассмотренный способ позволяет обеспечить диагностику путем осуществления воздействия серии электрических импульсов на одну биологически активную точку, а зашумленный сигнал тока обрабатывается путем осуществления определенного порядка действий, которые позволяют увеличить достоверность диагностики путем улучшения соотношения сигнал/шум (помехи) [1].

Таким образом, проведенный в работе анализ современных нетрадиционных методов диагностики функционального состояния организма показал, перспективность применения метода Фолля, как метода диагностики. Дальнейшее повышение точности диагностики можно достигнуть путем совершенствования инструментальных средств измерений и применения алгоритмических решений для снижения влияния помех.

#### Список литературы

1. Гуров А.А., Будников Ю.Ф., Королева М.В., Мейзеров Е.Е. Экспериментальные исследования характеристик поверхностного импеданса при чрескожной электростимуляции. //Труды научно-практической конференции Электростимуляция - 2002. М.: Изд-во «ВНИИМП-ВИТА» НИИ медицинского приборостроения, 2002. – С. 118-123.
2. Клинико-физиологическое обоснование биореперного метода электропунктурной диагностики в практике восстановительной медицины, Автореф. дисс., к.м.н., Черныш И.М. М., 2004 г.
3. Неборский А.Т., Неборский С.А. Электрокожная проводимость в оценке функционального состояния. Тверь: Издательство «Триада», 2007. – 222 с.
4. Самохин А.В., Готовский Ю.В. Электропунктурная диагностика и терапия по методу Р. Фолля. Москва, "Имедис", 1995 г. – 94 с.
5. Сидоренко Е.В. Методы математической обработки в психологии. СПб.: Речь, 2002. – с.21

#### СЕКЦИЯ №15.

#### ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)

#### НАСТРОЙКА СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ЧАСТОТЫ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА НА СИММЕТРИЧНЫЙ ОПТИМУМ

**Бутаков В.М., Дудкин И.М, Самигуллин Р.Р.**

КГЭУ, РФ, г. Казань

Система стабилизации частоты синхронного генератора (ССЧСГ), настроенная на оптимум по модулю (ОМ) при отработке линейно возрастающего воздействия по цепи якоря имеет значительную величину погрешности [1]. Для её устранения представляется целесообразным применить настройку на симметричный оптимум (СО), что позволит повысить порядок астатизма системы.

Задачей исследования является синтез регулятора частоты, обеспечивающего настройку ССЧСГ, структурная схема динамической модели (ССДМ) которого показана на рис.1, на симметричный оптимум.

Задающим воздействием ССЧСГ является номинальное значение частоты  $f_0$ , выходной координатой – фактическая частота синхронного генератора  $f_{сг}$ , а возмущающими воздействиями – отклонение напряжения на якоре  $\Delta U_{я}$  и момент нагрузки  $M_{н}$ . Отклонение частоты от номинального значения  $\Delta f = f_0 - f_{сг}$  является ошибкой системы.

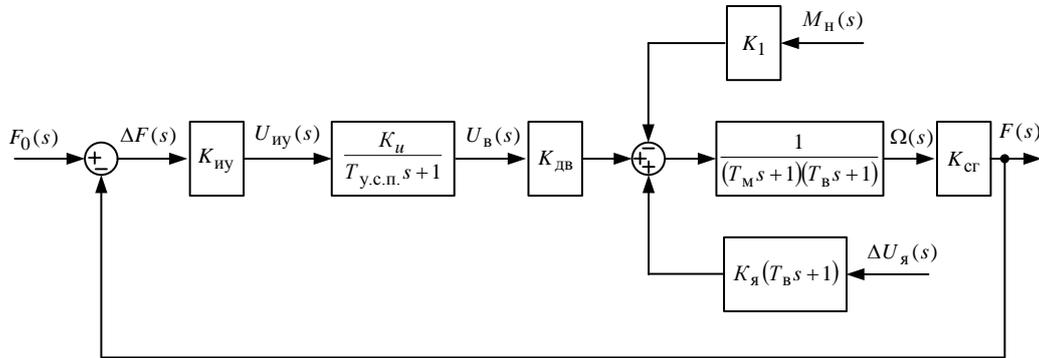


Рис. 1. ССДМ системы стабилизации частоты синхронного генератора

( $K_{иу} = 5$  В/Гц;  $K_u = 4,22$ ;  $T_{у.с.п.} = 0,0125$  с;  $K_{дв} = 1,706$  рад/В·с;  $T_m = 0,4$  с;  $T_v = 0,02$  с;  $K_{сг} = 0,48$  Гц·с/рад;  $K_1 = 10$  1/Н·м·с;  $K_я = 227$  рад/В·с;  $M_n = 0,2$  Н·м;  $f_0 = 500$  Гц;  $\Delta U_{я} = 2$  В)

Для определения структуры регулятора частоты необходимо рассчитать передаточную функцию разомкнутой ССЧСГ с учётом включенного последовательно с усилителем регулятора частоты и сопоставить полученное выражение с известной передаточной функцией настроенного на СО контура [2]

$$W_{рч}(s) \frac{K_{иу} K_u K_{дв} K_{сг}}{(T_{у.с.п.} s + 1)(T_m s + 1)(T_v s + 1)} = \frac{(4T_{\Sigma} s + 1)}{8T_{\Sigma}^2 s^2 (T_{\Sigma} s + 1)},$$

где  $T_{\Sigma} = T_{у.с.п.} + T_v$  – суммарная малая постоянная времени.

Тогда передаточная функция регулятора запишется как

$$W_{рч}(s) = \frac{(T_m s + 1)(4T_{\Sigma} s + 1)}{8T_{\Sigma}^2 K_{иу} K_u K_{дв} K_{сг} s^2} \frac{0,052s^2 + 0,53s + 1}{0,146s^2}.$$

Из полученного выражения следует, что структура регулятора частоты представляет собой последовательное соединение двух ПИ-регуляторов.

ССДМ ССЧСГ с рассчитанным регулятором частоты представлена на рис. 2.

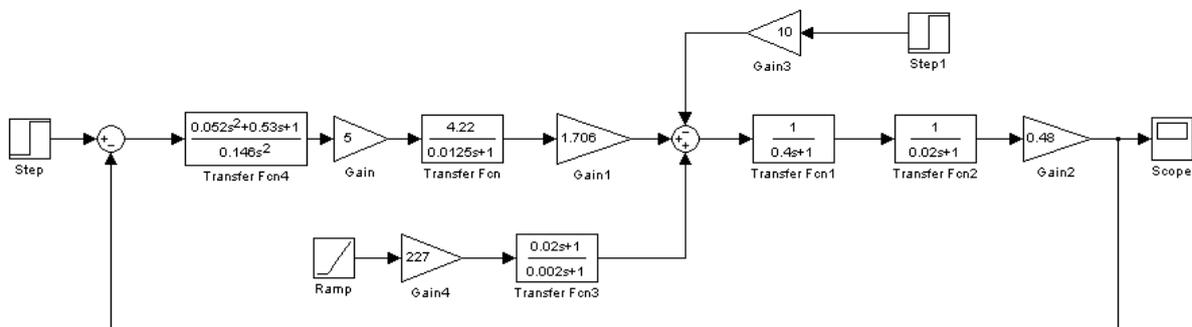


Рис. 2. Структурная схема динамической модели ССЧСГ, настроенной на симметричный оптимум

В результате моделирования получены: график переходной характеристики при отработке задающего воздействия  $f_0 = 500$  Гц (рис. 3),

график переходной характеристики контура скорости при обработке

линейно возрастающего напряжения на якоре  $\Delta \dot{U}_я = 2$  В/с (рис. 4) и графики ЛЧХ (рис. 5).

Как видно из анализа графика переходной характеристики при обработке задающего воздействия (см. рис. 3), появление в структуре ССЧСГ, настроенной на СО, дополнительного интегрирующего звена по сравнению с ССЧСГ, настроенной на ОМ, увеличило перерегулирование

$$\sigma = \frac{f_{\max} - f_{уст}}{f_{уст}} \cdot 100 \% = \frac{523 - 500}{500} \cdot 100 \% = 46 \%$$

и уменьшило время нарастания до величины  $t_H^{KC} = 0,1$  с, соответствующей расчётному значению

$$t_H^{KC} \cong 3,1T_{\Sigma} = 3,1 \cdot 0,0325 = 0,1 \text{ с.}$$

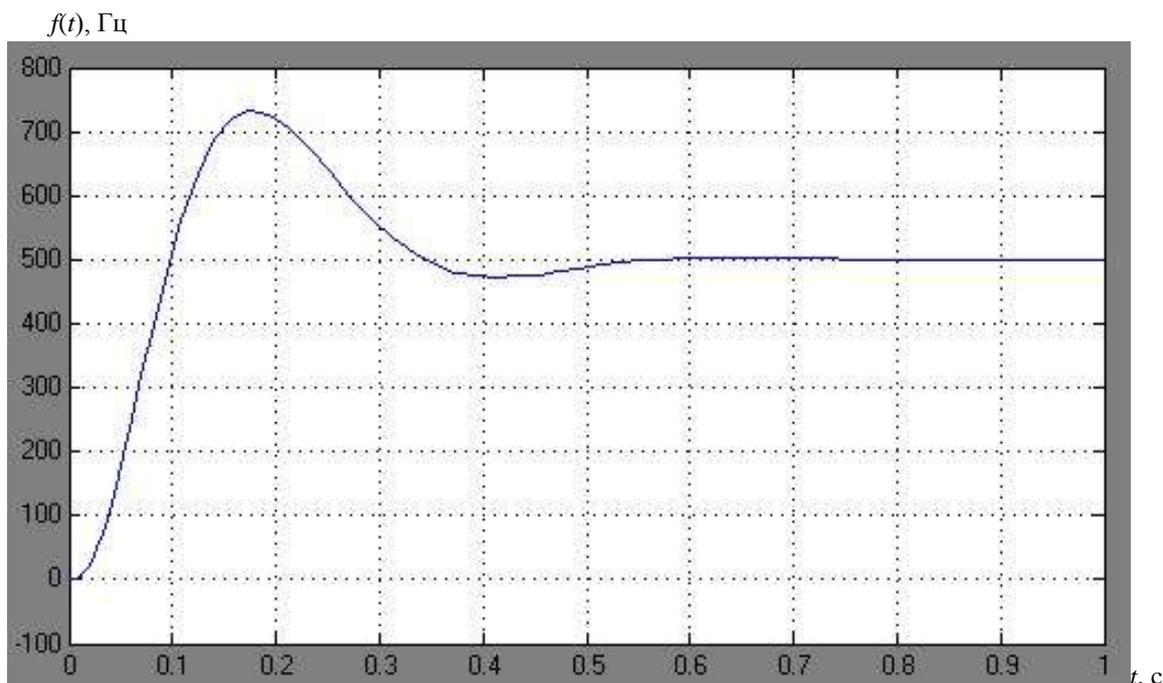


Рис. 3. Переходная характеристика контура скорости по задающему воздействию  $f_0$

Из графика переходной характеристики контура скорости при обработке линейно возрастающего напряжения на якоре  $\Delta \dot{U}_я t$  (см. рис. 4) видно, что за время 2,5 с составляющая ошибки становится равной нулю. Это свидетельствует о том, что система, настроенная на СО, стала точнее, чем система, настроенная на ОМ.

$f(t)$ , Гц

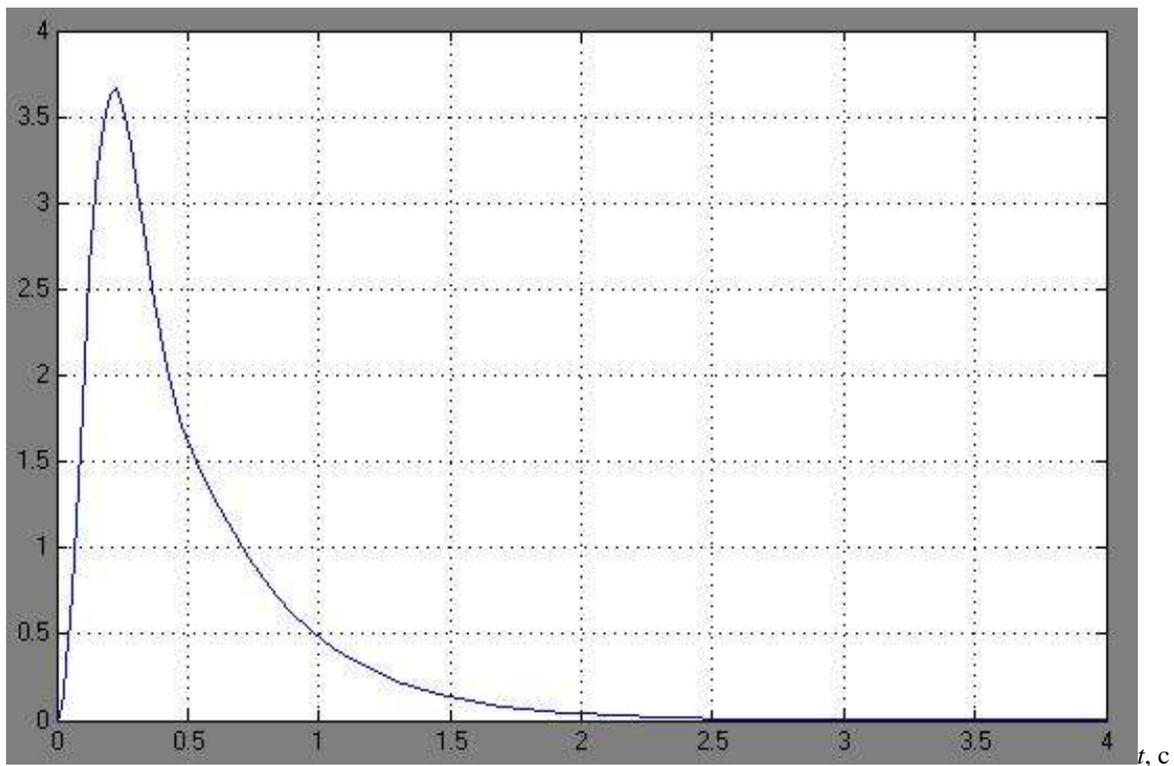


Рис. 4. Переходная характеристика контура скорости при отработке линейно возрастающего напряжения на якоре  $\Delta \dot{U}_я t$

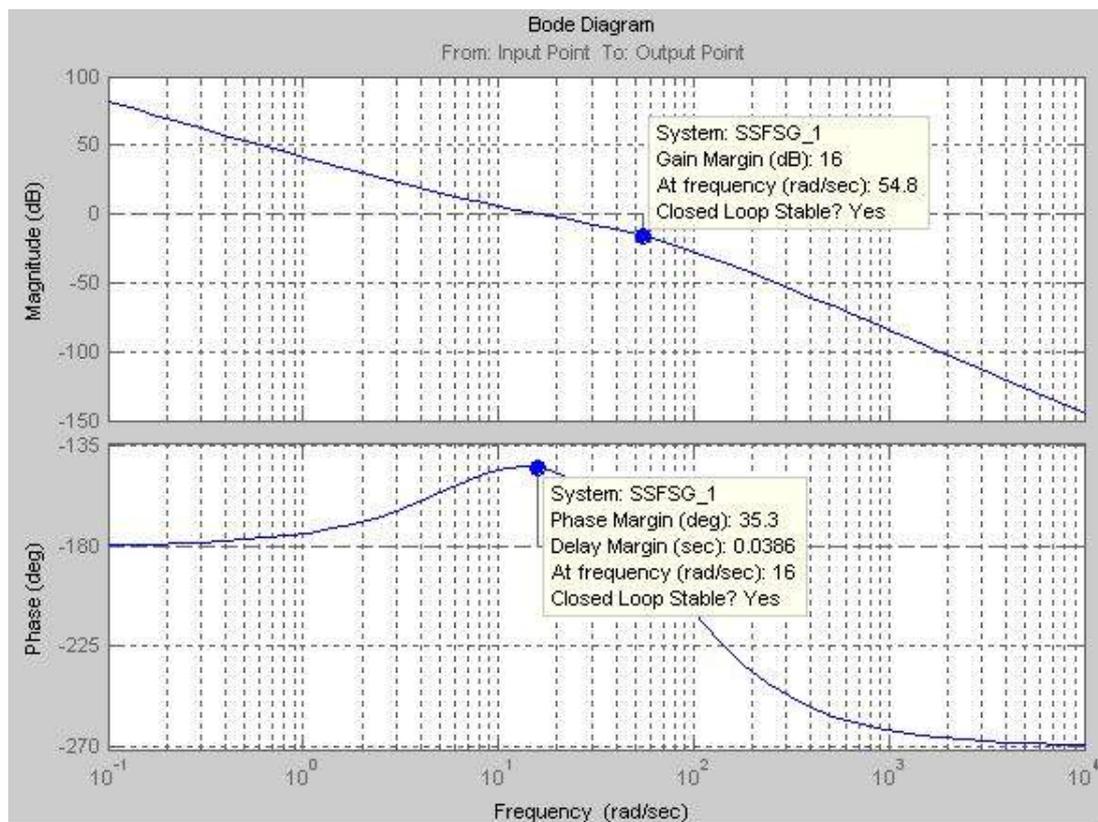


Рис. 5. ЛЧХ ССЧСГ, настроенной на симметричный оптимум

Запасы устойчивости по фазе  $\theta_3 = 35,3^\circ$  (Phase Margin) и амплитуде  $L_3 = 16$  дБ (Gain Margin), полученные на основе анализа графика ЛЧХ ССЧСГ (см. рис. 5) подтверждают правильность расчёта параметров регулятора скорости.

## Список литературы

1. Бутаков В.М., Дудкин И.М., Самигуллин Р.Р. Настройка системы стабилизации частоты синхронного генератора на оптимум по модулю // Технические науки: научные приоритеты учёных: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 2. – Пермь, 2017. – с. 59–62.
2. Бутаков В.М., Гатин Б.Ф., Хрисанов А.А. Настройка замкнутого электропривода на симметричный оптимум // Проблемы и достижения в науке и технике: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 3. – Омск, 2016. – с. 175–177.

### **СЕКЦИЯ №16.**

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

### **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)**

#### **НОРМАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И ОБЩИЕ ПОДХОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Горячкин В.П., Салимов Р.И.**

КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева-КАИ, РФ, г. Казань

Требования, регламентирующие энергетический менеджмент (ЭМ) предприятий, определяются документами, которые условно можно подразделить на правовые - обязательные для применения и нормативные, носящие рекомендательный и информационный характер.

К правовой документации относятся: федеральные и региональные законы и подзаконные акты, указы Президента Российской Федерации, постановления Правительства Российской Федерации, распоряжения и приказы министерств и ведомств, нацеленные на эффективное использование энергетических ресурсов при их добыче, производстве, переработке, транспортировке, хранении и потреблении.

Наибольшее развитие правовое регулирование в области ЭМ получило с выходом Федерального закона «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 261-ФЗ и Закона Республики Татарстан «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности на территории Республики Татарстан» № 49-ЗРТ. Документы являются правовой основой создания организационных и экономических основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности на предприятиях и в организациях.

К нормативным документам относятся национальные, межгосударственные и международные стандарты, нацеленные на улучшение энергетической результативности, включая энергетическую продуктивность, использование и потребление энергии и др.

В настоящее время в процесс развития энергоменеджмента вовлечено большое число зарубежных стран, в которых разработаны свои стандарты: США - ANSI/MSE 2000:2008; Дания - DS2403:2001, DS/INF 136:2001; Швеция - SS 627750:2003; Ирландия - I.S. 393:2005; Южная Корея - KS A 4000: 2007; Китай -

GB/T 23331:2009; Франция - ВР Х30-120-2006; Германия - VDI 4602-1:2007, VDMA21498 и др. В 2009 г. вступил в силу европейский стандарт EN 16001:2009, в основу которого легли стандарты Швеции, Испания, Дании и Ирландии.

В Российской Федерации в области ЭМ действует аналог международного стандарта ISO 50001: 2011 национальный стандарт ГОСТ Р ИСО 50001-2012 (далее - ИСО 50001-2012). Сертификация предприятий по ИСО 50001-2012 является добровольной. Регулирование вопросов энергоменеджмента осуществляется потребителем предоставляемых товаров и услуг через требования наличия сертифицированной системы энергетического менеджмента.

Число предприятий, сертифицированных по стандарту ISO 50001: 2011 неуклонно растет, если, по данным международной организации по стандартизации International Organization for Standardization (ISO), в 2015 году 6800 предприятий прошло сертификацию по ISO 50001: 2011, то в 2016 году уже - 12 тысяч, что говорит о новом тренде развития мировой экономики, построенном на принципах энергоэффективности.

Базовыми требованиями ИСО 50001-2012 является создание энергетической политики и разработка энергетических целей и процедуры энергетического планирования. Для осуществления этих задач необходимо определить показатели энергетической результативности предприятия, подходящие для осуществления мониторинга и измерения результативности его энергетической деятельности, а также осуществлять энергетический анализ.

Положения национальных стандартов дополняют и конкретизируют требования Федерального закона № 261-ФЗ (далее - Закон). Так, например, предписываемое Законом (статья 15) энергетическое обследование, осуществляющееся в целях получения объективных данных об объеме используемых энергетических ресурсов, определения показателей энергетической эффективности, находит свое отражение в положениях ИСО 50001-2012, в виде энергетического анализа, представляющего собой определение энергетической результативности организации, возможностей для улучшения деятельности.

Аналогично, энергетический паспорт, формируемый в соответствии с ГОСТ Р 51379 по результатам обследования предприятий и отражающий баланс потребления и содержащий показатели эффективности использования организацией энергоресурсов, можно расценивать, как конкретизацию требований статьи 25 вышеупомянутого закона по разработке программы в области энергоэффективности с мероприятиями и целевыми показателями.

Так как в правовых и нормативных документах есть некоторые непротиворечивые расхождения в терминологии, то системой ЭМ согласно ИСО 50001-2012 будем считать набор взаимосвязанных элементов, используемых для разработки и внедрения энергетической политики и энергетических целей, а также процессов и процедур для достижения этих целей. Таким образом, инструментами деятельности по руководству ЭМ являются энергетическая политика и цели, а по управлению – процессы и процедуры в области ЭМ.

Большинство предприятий уже использует основные принципы энергосбережения, снижая энергозатраты отдельных производств и процессов, но, несомненно, только системный подход, заложенный в основах стандартов энергетического менеджмента, в том числе ИСО 50001-2012, может комплексно решить задачу непрерывного улучшения энергоэффективности предприятий [1].

Очевидно, что наибольший эффект от внедрения систем энергетического менеджмента может быть получен на производствах с большим потреблением энергоресурсов, например, на авиационных, электротехнических предприятиях, предприятиях по производству автомобилей, сталелитейных предприятиях и др.

При внедрении системы ЭМ можно выделить два типа основных мероприятий: организационные и технические.

Необходимые при внедрении системы ЭМ типовые организационные мероприятия включают следующие обязательные шаги:

1. Проведение энергетического обследования предприятия (энергоаудит).
2. Разработка программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Программа внедрения ЭМ предприятия должна строиться с учетом специфики профиля деятельности организации и его ведомственной и территориальной принадлежности. Для чего проводится ряд предварительных исследований, включая:

- анализ нормативных правовых документов;
- систематизация и четкое и однозначное определение терминов в области ЭМ;
- анализ и расстановка приоритетов среди задач, требующих решения;

- анализ влияния внедрения ЭМ на эффективность деятельности предприятия и т.д.
3. Разработка и внедрение системы ЭМ, в том числе:
- разработка и принятие энергетической политики предприятия;
  - разработка внутренних регламентов энергопользования;
  - определение критериев и методов контроля и оценки функционирования процессов;
  - проведение идентификации сооружений, оборудования, процессов и персонала, которые воздействуют на энергопотребление;
  - разработка системы мониторинга контрольных энергопараметров и индикаторов энергоэффективности (ЕPI).

4. Проведение обучения и повышение квалификации персонала в сфере энергоэффективности и энергосбережения.

5. Осуществление стимулирования участников энергосберегающих мероприятий.

В рамках осуществления технических мероприятий по снижению энергозатрат наиболее целесообразно на предприятиях применять принципы Lean Production (Бережливого производства), которые направлены на снижение себестоимости продукции, снижение трудоемкости и потерь при производстве, в том числе энергетических.

Принимая во внимание особенности организации производства энергоемких предприятий, и основываясь на принципах Lean Production, можно выделить ряд типовых решений по снижению энергозатрат, разделив мероприятия, направленные на снижение энергозатрат непосредственно при производстве и второстепенные энергозатраты [2].

Особо стоит отметить те мероприятия, которые имеют небольшой срок окупаемости.

#### **Список литературы**

1. Хохлявин С.А. Внедрение системы энергоменеджмента ISO 50001: ключевые шаги // Главный энергетик, 2010. – №8. – С.8-15.
2. Горячкин В., Салимов Р., Галимов М. Принципы бережливого производства. // Энергонадзор. Екатеринбург: Издательский Дом «Информ-Медиа». 2015. № 4 (68). С. 20-21.

#### **СЕКЦИЯ №19.**

#### **НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)**

#### **СЕКЦИЯ №20.**

#### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)**

#### **СЕКЦИЯ №21.**

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

## ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2018 ГОД

### Январь 2018г.

IV 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 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 февраля 2018г.

### Февраль 2018г.

IV 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 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 марта 2018г.

### Март 2018г.

IV 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 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 апреля 2018г.

### Апрель 2018г.

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

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 мая 2018г.

### Май 2018г.

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

Прием статей для публикации: до 1 мая 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июня 2018г.

### Июнь 2018г.

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

Прием статей для публикации: до 1 июня 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июля 2018г.

#### **Июль 2018г.**

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

Прием статей для публикации: до 1 июля 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 августа 2018г.

#### **Август 2018г.**

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

Прием статей для публикации: до 1 августа 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 сентября 2018г.

#### **Сентябрь 2018г.**

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

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 октября 2018г.

#### **Октябрь 2018г.**

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

Прием статей для публикации: до 1 октября 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 ноября 2018г.

#### **Ноябрь 2018г.**

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

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 декабря 2018г.

#### **Декабрь 2018г.**

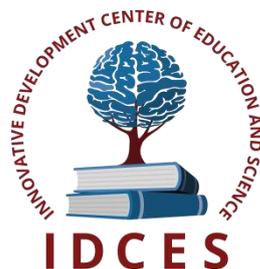
IV Международная научно-практическая конференция **«Развитие технических наук в современном мире», г. Воронеж**

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 января 2019г.

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**



**Развитие технических наук в современном мире**

**Выпуск IV**

**Сборник научных трудов по итогам  
международной научно-практической конференции  
(11 декабря 2017 г.)**

**г. Воронеж**

**2017 г.**

Печатается в авторской редакции  
Компьютерная верстка авторская

Подписано в печать 10.12.2017.  
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 10,9.  
Тираж 250 экз. Заказ № 123.

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