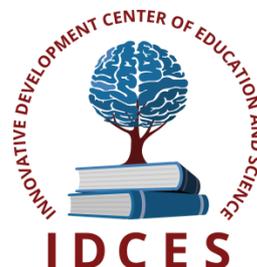


**ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**  
**INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE**



## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

### **Выпуск II**

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

**г. Челябинск  
2015 г.**

**Перспективы развития технических наук/Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 2. Челябинск, 2015. 99 с.**

**Редакционная коллегия:**

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

В сборнике научных трудов по итогам международной научно-практической конференции «Перспективы развития технических наук» (г.Челябинск) представлены научные статьи, тезисы, сообщения студентов, аспирантов, соискателей учёных степеней, научных сотрудников, докторантов, специалистов практического звена Российской Федерации, а также коллег из стран ближнего и дальнего зарубежья.

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

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

## Оглавление

<b>СЕКЦИЯ №1.</b>	
<b>ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01) .....</b>	<b>6</b>
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СКВОЗНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ	
Тимофеев В.Н., Петракова Е.А. ....	6
<b>СЕКЦИЯ №2.</b>	
<b>ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00) ....</b>	<b>8</b>
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯЗЫКА SQL ДЛЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ В ПРОЦЕССЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ЗНАНИЙ В БАЗАХ ДАННЫХ	
Зими́на Е.Ю., Савченко А.В. ....	8
КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ МОДЕЛИ АВТОГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВЕ КУСОЧНО-ПОЛИНОМИАЛЬНОГО МЕТОДА	
Буланов С.Г., Джанунц Г.А. ....	11
РАЗРАБОТКА БЕСПРОВОДНОГО СЕНСОРНОГО УЗЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ	
Суханов А.В., Артемова А.И. ....	15
УПРАВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ КВО НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ	
Нечаев Д.Ю., Черешкин Д.С. ....	18
УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ НАРУШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ	
Цыгичко В.Н. ....	28
<b>СЕКЦИЯ №3.</b>	
<b>ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00).....</b>	<b>37</b>
ПАРЦИАЛЬНЫЕ ДАВЛЕНИЯ ОКСИДОВ КАТОДОВ ВАКУУМНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ	
Зоркин А.Я., Семенов С.В., Вавилина Н.А. ....	37
<b>СЕКЦИЯ №4.</b>	
<b>МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00) .....</b>	<b>41</b>
ИСПЫТАНИЕ НОВОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ПРУЖИН	
Белков Е.Г., Землянушнова Н.Ю., Землянушов Н.А., Фадеев В.В. ....	41
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИЗВЕСТНЫХ СПОСОБОВ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРУЖИН	
Землянушов Н.А., Землянушнова Н.Ю., Белков Е.Г. ....	45
<b>СЕКЦИЯ №5.</b>	
<b>ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00) .....</b>	<b>49</b>
КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЕПЛОВЫХ РАСШИРЕНИЙ МНОГОЦИЛИНДРОВОЙ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПЕРЕКОСА НА ФЛАНЦАХ ЦИЛИНДРОВ	
Мурманский Б.Е., Сосновский А.Ю., Целищев М.Ф. ....	49
<b>СЕКЦИЯ №6.</b>	
<b>ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00) .....</b>	<b>53</b>
<b>СЕКЦИЯ №7.</b>	
<b>МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00).....</b>	<b>53</b>
<b>СЕКЦИЯ №8.</b>	
<b>ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00).....</b>	<b>53</b>
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА	
Луковенко А.С. ....	53
ПОВЫШЕНИЕ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ СВОЙСТВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ	
Поликутина Е.С. ....	55

<b>СЕКЦИЯ №9.</b>	
<b>АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10).....</b>	<b>58</b>
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ (ПАРКА) ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ	
Мышкин Л.В., Беляев С.И.....	58
<b>СЕКЦИЯ №10.</b>	
<b>СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00) .....</b>	<b>63</b>
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ МАЯТНИКОВОГО ТИПА НА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЯ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ	
Денисов И.В., Харланов В.Л. ....	63
ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА КРЕПЛЕНИЯ ГИПСОКАРТОННЫХ ЛИСТОВ НА ЗВУКОИЗОЛЯЦИЮ ПЕРЕГОРОДКИ	
Шпилёв И.А., Масалов А.В.....	66
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ КРОВЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ РУЛОННЫХ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	
Ульшин А.Н.....	68
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОДЗЕМНОЙ УРБАНИСТИКИ	
Лезина Е.П. ....	71
<b>СЕКЦИЯ №11.</b>	
<b>ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00) .....</b>	<b>73</b>
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР	
Кондрашева Н.К., Зырянова О.В., Киреева Е.В., Ивкин А.С. ....	73
<b>СЕКЦИЯ №12.</b>	
<b>ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00) .....</b>	<b>75</b>
РАЗРАБОТКА СУХИХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО АГЛЮТЕНОВЫХ КЕКСОВ	
Тефикова С.Н., Никитин И.А., Старикова А.В., Мануковская М.В. ....	75
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧЕЧЕВИЧНОЙ МУКИ	
Клочкова И.С.....	78
<b>СЕКЦИЯ №13.</b>	
<b>ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00) .....</b>	<b>80</b>
<b>СЕКЦИЯ №14.</b>	
<b>ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00) .....</b>	<b>80</b>
КОНТРОЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СТАНКОВ	
Бушуев С.В. ....	80
<b>СЕКЦИЯ №15.</b>	
<b>ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00).....</b>	<b>84</b>
<b>СЕКЦИЯ №16.</b>	
<b>БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00) .....</b>	<b>84</b>
ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЕ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ КАК ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
Вишневская Н.Л., Залазаев А.В., Плахова Л.В. ....	84
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ЖИВОТНЫМИ, ЗАРАЖЕННЫМИ ОПАСНЫМИ ВИРУСНЫМИ ИНФЕКЦИЯМИ	
Деренок А.Н., Долговых К.С., Чулков Н.А. ....	86
РАЗРАБОТКА СПОСОБА ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В СТОЧНЫХ ВОДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАТАЛИЗАТОРОВ В НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ФОРМЕ	
Зарапина И.В., Яцинина М.А., Космынин Ф.Г. ....	89
<b>СЕКЦИЯ №17.</b>	
<b>ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12) .....</b>	<b>90</b>

<b>СЕКЦИЯ №18.</b>	
<b>ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ</b>	
<b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23) .....</b>	<b>90</b>
<b>СЕКЦИЯ №19.</b>	
<b>НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08) .....</b>	<b>91</b>
<b>ОБЗОР СПОСОБОВ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ НАНОМАТЕРИАЛАМИ</b>	
Бесперстова Г.С. ....	91
<b>СЕКЦИЯ №20.</b>	
<b>ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05) .....</b>	<b>93</b>
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ</b>	
<b>МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЯ</b>	
Кирюхина И.Я., Лебедева С.А. ....	93
<b>СЕКЦИЯ №21.</b>	
<b>МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08) .....</b>	<b>96</b>
<b>ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2015 ГОД .....</b>	<b>97</b>

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

### **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СКВОЗНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**к.т.н., доц. Тимофеев В.Н., к.т.н., доц. Петракова Е.А.**

Московский государственный индустриальный университет

Уровень развития общества в последние десятилетия, его информационно-технологическая база, развитие компьютерной техники дали толчок поиску и развитию новых технологий в преподавании графических дисциплин, и открыли качественно новые возможности для преподавателей и студентов.

Кафедра графики и промышленного дизайна Московского государственного индустриального университета ведет подготовку бакалавров и специалистов по направлениям машиностроительного профиля. Чтобы подготовить студента к инженерно-конструкторской деятельности, необходимо уделять особое внимание развитию технических способностей, пространственному мышлению и воображению. Повышенные требования к выпускникам технических вузов сделали необходимым ввести в курс «Инженерная графика» использование новейших программ проектирования, таких как Autodesk Inventor и Creo PARAMETRIC (в зависимости от направлений подготовки). При выборе в качестве базовых данных программных продуктов учитывались следующие требования: востребованность в профессиональной деятельности, возможность приобретения (получения) для учебного процесса, соответствие ГОСам и другим нормативным документам. Кафедра принимает студентов первого курса и обеспечивает выполнение начального этапа сквозной компьютерной подготовки, которая начинается с общетехнических кафедр и заканчивается выпускающими кафедрами на четвертом курсе. Для практической реализации этих целей на кафедре используются три специальные аудитории, оснащенные современными компьютерами с лицензионными программными продуктами и мультимедийными проекторами. Причем компьютер используется как чертежный инструмент, который имеет большие возможности помочь студенту преодолеть трудности усвоения разделов курса инженерной графики.

Приоритетным направлением в научно-методической работе кафедры является усовершенствование учебного процесса на базе новых образовательных технологий, предусматривающих повышение эффективности самостоятельной работы студентов. В этом направлении кафедра проводит большую работу: изданы рабочие тетради и учебные пособия к выполнению графических работ, разработана и активно используется система контроля знаний студентов в виде тестирования по дисциплинам кафедры.

В первом семестре студенты параллельно с изучением дисциплины «Начертательная геометрия» изучают курс «Геометрическое моделирование в машиностроении». Благодаря профилирующим кафедрам нашего университета, было выделено определенное количество часов для преподавания данной дисциплины. При изучении этого курса студенты выполняют задания на геометрические построения в системе AutoCAD, которая логически связана с полноформатными системами профессионального уровня. При этом студенты осваивают азы компьютерной 2D графики. К концу семестра студенты изучают основы работы по построению геометрических моделей в одном из графических пакетов 3D- проектирования Autodesk Inventor или Creo PARAMETRIC. Учебный процесс построен таким образом, что к концу семестра студенты на компьютере решают задачи и выполняют домашние задания по начертательной геометрии. При этом проверяют правильность построения линий пересечения геометрических тел, выполняют разрезы и сечения, строят аксонометрические проекции.

Во втором семестре студенты изучают дисциплины: «Инженерная графика» и «Геометрическое моделирование в машиностроении». Чертежи различных деталей студенты выполняют в системе AutoCAD, а некоторые студенты выполняют геометрические модели и по геометрическим моделям выполняют чертежи в одной из программ геометрического моделирования. Задания подобраны таким образом, что позволяют освоить и компьютерный графический программный продукт, и классический компонент графической деятельности. Очевидно, что выполнение работ с использованием персонального компьютера прививает навыки самостоятельной учебной деятельности студента.

Начиная с третьего семестра, студенты выполняют курсовую работу по дисциплине «Инженерная графика» с использованием программ геометрического моделирования. Применение программного продукта осуществляется по рекомендациям профилирующей кафедры соответствующей специальности. На сегодняшний день фирма Autodesk (Inventor) предлагает техническим университетам полнофункциональные версии, как для

учебного процесса, так и для установки на личных компьютерах дома. В курсовом проекте студенту выдается задание на разработку геометрической модели блока штампа для листовой штамповки. Необходимо по рабочим чертежам создать геометрические модели следующих деталей: плита верхняя, плита нижняя, направляющая колонка, направляющая втулка, хвостовик. По геометрическим моделям необходимо выполнить рабочие чертежи этих деталей и произвести виртуальную сборку блока штампа с последующим выполнением сборочного чертежа и спецификации. Причем проект студенты выполняют и на занятиях в компьютерной аудитории и во время самостоятельной работы дома.

Не менее важной является задача дальнейшего использования полученных знаний, поскольку конечной целью являются профессиональные навыки, приобретенные студентами в процессе обучения. На четвертом семестре обучения при изучении дисциплины «Детали машин и основы конструирования» студенты используют навыки работы с программными продуктами AutoCAD, Autodesk Inventor, Creo PARAMETRIC, полученными на кафедре графики и промышленного дизайна и реализуют их при курсовом проектировании. Изучение курса «Детали машин и основы конструирования» продолжается в течение двух семестров: на первом семестре студенты выполняют все проектные расчеты и эскизную компоновку, а во втором – курсовой проект. Это первый курсовой проект, требующий от студентов навыков самостоятельной работы и умения объединить знания, полученные при изучении предыдущих дисциплин. На кафедре деталей машин и метрологии разработаны рабочие тетради и учебно-методические пособия, в которых последовательно изложены этапы расчета и проектирования деталей, сборок различных типов редукторов, приводов ленточных конвейеров, муфт. В пособиях представлены также примеры составления спецификаций к сборочным чертежам, примеры выполнения рабочих чертежей редукторов и деталей: валов, зубчатых колес, крышек подшипников, шкивов, звездочек; приведен большой раздел по стандартным изделиям.

Следует особо отметить, что стандартные изделия широко используются при проектировании редукторов (это подшипники различных типов, крепежные изделия, шпонки, уплотнения, пробки резьбовые и др.). Для этого студенты встраивают в сборочные чертежи готовые стандартные изделия из электронной библиотеки, что существенно снижает трудоемкость выполнения чертежей и способствует лучшему усвоению студентами понятий «стандартных» и «нестандартных» деталей и изделий.

В рамках курсового проекта по дисциплине "Детали машин и основы конструирования" студенты выполняют не только плоские чертежи в AutoCAD, но и 3D-модели деталей редуктора (в Autodesk Inventor или Creo PARAMETRIC). Далее, для создания трехмерной модели редуктора студенты выполняют виртуальную сборку валов с зубчатыми колесами, подшипниками, шпонками и размещают под сборки в корпусе. В итоге студенты получают полную 3-D модель редуктора, сборочный чертеж и спецификацию. Этот процесс способствует лучшему усвоению студентами этапов сборки редуктора.

Процесс курсового проектирования проходит в компьютерных классах, оснащенных лицензионными программными продуктами, в присутствии и под контролем преподавателя. Важно заметить, что указанные программные продукты применяются практически на всех предприятиях, где работают студенты (по программе целевого приема).

Выполнение курсового проекта с применением CAD-технологий в учебном процессе способствуют развитию навыков инженерного мышления и переходу к современным методам проектирования взамен бумажных технологий. Кроме того, освоение программ электронного моделирования значительно облегчает усвоение учебного материала студентами на профилирующих кафедрах при выполнении последующих курсовых и дипломных проектов. Таким образом, студенты получают хорошую практику 3D-моделирования, которая способствует в дальнейшем выполнению дипломных проектов на самом современном уровне. Защита курсового проекта по дисциплине «Детали машин и основы конструирования» происходит с использованием мультимедийного оборудования, с выводом чертежей на экран. Данная методика обучения на кафедре деталей машин и метрологии МГИУ практикуется в течение нескольких лет и показала свою высокую эффективность, которая подтверждена отзывами работодателей целевых предприятий, на которых студенты проходят практику. Особое внимание на кафедрах уделяется повышению квалификации профессорско-преподавательского состава. Эта деятельность осуществляется в двух направлениях: освоение современных компьютерных программ геометрического моделирования и педагогическая подготовка (освоение теории, методологии, методики, технологии вузовского обучения).

На старших курсах студенты выполняют графические работы в сочетании с прочностными расчетами и знакомятся с программами, имеющими в своем составе элементы САПР. Причем эти программы ежегодно обновляются, совершенствуются, в них добавляются новые команды и функции, что позволяет процессы расчета и проектирования проводить на современном уровне. Применение новых технологий преподавания графических дисциплин позволяет университету успешно проводить подготовку будущих специалистов в

соответствии с современными требованиями и положительным образом повлияло на приток новых кадров в конструкторские подразделения промышленных предприятий.

## СЕКЦИЯ №2.

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

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯЗЫКА SQL ДЛЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ В ПРОЦЕССЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ЗНАНИЙ В БАЗАХ ДАННЫХ

Зимина Е.Ю., Савченко А.В.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г.Нижний Новгород

Введение.

В настоящее время все большее распространение получают системы автоматического распознавания изображений (машинное зрение, распознавание лиц по фото и видео и т.п.). Несмотря на широкую коммерциализацию рынка программных продуктов распознавания, исследования в данной области не прекращаются, так как эффективность работы алгоритмов, реализующих распознавание изображений, далека от идеала. Одним из известных способов повышения скорости распознавания являются алгоритмы приближенного поиска ближайшего соседа (approximate nearest neighbor), которые возвращают эталоны, с большой вероятностью являющиеся ближайшим (в смысле расстояний Манхэттена, Евклида и Хи-квадрат между анализируемыми признаками) соседом к входному изображению, но не требуют полного перебора всей базы данных эталонов [1].

Цель настоящей работы состоит в экспериментальном исследовании повышения вычислительной эффективности систем обнаружения знаний в базах данных на основе реализации методов классификации в виде хранимых процедур SQL. Ставятся и решаются задачи реализации метода поиска ближайшего соседа в виде хранимых процедур SQL, которые реализуют классификацию изображений, для различных расстояний: Манхэттена, Евклида и Хи-квадрат, и проведения экспериментальных исследований с помощью тестового проекта распознавания изображений, который производит свою работу с данными базы лиц FERET.

Реализация алгоритмов приближенного поиска ближайших соседей в виде хранимых процедур SQL. Для решения задачи классификации в процессе обнаружения знаний в базах данных использовалась задача распознавания изображений методом поиска ближайшего соседа. Прежде всего, для входного изображения распознаваемого объекта  $X$  с высотой  $U$  и шириной  $V$  осуществляется предварительная обработка (нормирование по освещенности, эквализация гистограмм, медианная фильтрация и т.п.). Далее выполняется его сегментация на

$K_1 \times K_2$  блоков фиксированного размера и вычисляются направления градиента, множество значений которых разбивается на  $N$  частей и для каждого сегмента  $(k_1, k_2)$  вычисляют гистограммы (HOG, Histograms of Oriented Gradients)  $H(k_1, k_2) = [w_1(k_1, k_2), \dots, w_N(k_1, k_2)]$ . Предполагается, что база данных содержит эталоны  $X_r$  с высотой  $U_r$  и шириной  $V_r$ , которые тоже разбиваются на  $K_1 \times K_2$  фрагментов и для каждого блока вычисляют гистограммы направлений градиентов  $H_r(k_1, k_2) = [\theta_1^{(r)}(k_1, k_2), \dots, \theta_N^{(r)}(k_1, k_2)]$ . Соседями сегмента  $(k_1, k_2)$  считаются участки  $(\tilde{k}_1, \tilde{k}_2)$ ,

такие, что  $|\tilde{k}_1 - k_1| \leq \Delta$ ,  $|\tilde{k}_2 - k_2| \leq \Delta$ , где параметр  $\Delta$  определяет размер окрестности. Решение задачи ищется в следующем виде [2]

$$v = \arg \min_{r \in \{1, \dots, R\}} \left( \sum_{k_1=1}^{K_1} \sum_{k_2=1}^{K_2} \min_{|\Delta_1| \leq \Delta, |\Delta_2| \leq \Delta} \rho(H(k_1, k_2), H_r(k_1 + \Delta_1, k_2 + \Delta_2)) - \ln p_r \right) \quad (1)$$

где  $\rho(H_r(k_1 + \Delta_1, k_2 + \Delta_2), H(k_1, k_2))$  - некоторая мера близости между гистограммами признаков блока  $(k_1, k_2)$  входного изображения и эталона.

Для хранения информации обо всех эталонах была использована модель «Entity-Attribute-Value» (EAV) [3], согласно которой признаки изображений хранятся в таблице, состоящей из трех атрибутов:

- 1) Entity - это идентификатор сущности (конкретное изображение) - внешний ключ к таблице, где хранится общая информация - класс (идентификатор изображенного человека) и тому подобное.
- 2) Attribute - это номер атрибута (признака). Количество признаков соответствует количеству атрибутов.
- 3) Value - это значение признака с номером Attribute для изображения с номером Entity.

Первичный ключ представляет собой пару Entity-Attribute. Для такой модели с помощью СУБД PostgreSQL была создана база данных, которая включает в себя три таблицы (Рисунок 1):

- 1-я таблица содержит в себе id или имя класса;
- 2-я таблица создана по модели EAV и содержит в себе id изображения-эталона, номера атрибутов и их значения;
- 3-я таблица аналогична 2ой таблице, но содержит в себе значения признаков тестовых изображений для проведения исследований.

Далее с помощью программы Eclipse значения признаков и имен классов были перенесены в созданную базу данных из файлов FERET.

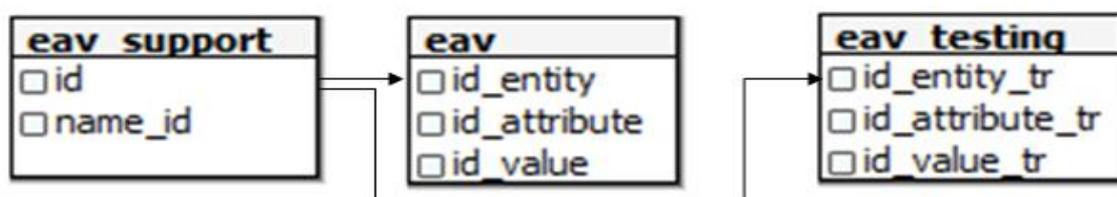


Рис.1. Таблицы базы данных EAV.

Метод поиска ближайшего соседа реализован в виде хранимой процедуры SQL, для уменьшения времени работы классификации изображений. Далее в таблице 1 представлен пример хранимой процедуры SQL, которая реализует классификацию изображений для расстояния Манхеттена без эффекта выравнивания ( $\Delta = 0$ ).

Таблица 1

Исходный код хранимой процедуры классификации

```

DELIMITER //
CREATE PROCEDURE search_0_0 (@testFeatures FLOAT)
begin
  DECLARE best_ind = (SELECT name_id FROM EAV_support HAVING MIN(SELECT
SUM((EAV.id_value-EAV_testing.id_value_tr)*(EAV.id_value-EAV_testing.id_value_tr)) FROM EAV,EAV_testing
WHERE EAV_testing.id_entity_tr=@testFeatures AND EAV.id_attribute=EAV_testing.id_attribute_tr));
  return best_ind
end //
  
```

Результаты экспериментального исследования.

Для проведения данного исследования использовался проект на языке программирования C++ в Visual Studio 2010, который реализует тестовое распознавание изображений или, другими словами, он классифицирует изображение по его признакам. Программа считывает признаки тестового изображения и считывает признаки изображения-эталона, далее методом поиска ближайшего соседа находит ближайший класс из признаков эталона для тестируемого изображения, тем самым проект производит распознавание изображения.

Для проведения эксперимента используется стандартная база данных фотографий лиц FERET, которая включает в себя изображения 2413 изображений лиц, представляющих собой 856 людей. Для данной работы использовались данные о 1288 людях. Часть данных изображений базы данных FERET была описана с помощью методики компонентных гистограмм HOG, которая была модифицирована специально для данной библиотеки. Таким образом, для данного исследования использовались файлы базы данных FERET, которые содержат информацию о классах и градиентах гистограмм. Информация в этих файлах получена путем преобразования. При процессе распознавания изображений каждое из них разбито на квадратную сетку размером 10x10, в каждой

клетке вычисляются ориентации градиента и далее высчитывается их гистограмма из 8-ми значений. Таким образом, у каждого изображения получается 800 значений признаков в векторе признаков, с которыми и оперирует метод поиска ближайшего соседа.

Экспериментальное исследование проводилось для двух видов классификаций изображений: с эффектом выравнивания ( $\Delta=1$ ) и без него ( $\Delta=0$ ). При  $\Delta=0$  выравнивания гистограмм при поиске ближайшего соседа не происходит, то есть сравниваются только 8 значений гистограммы тестового изображения с 8-ми значениями гистограммы изображения-эталона. При  $\Delta=1$  происходит выравнивание гистограмм, то есть с 8 признаками тестового изображения сравниваются 9 признаков изображения-эталона. Таким образом, получается более высокая точность распознавания.

Так же в ходе экспериментов было вычислено среднее время считывания информации из базы данных при использовании алгоритмов классификации на C++, которое составило 20,46 с. На вход передается значение тестового атрибута, а на выходе возвращается имя класса, который имеет наименьшее расстояние между значениями атрибутов тестового изображения и эталона.

Все основные результаты эксперимента представлены в Табл.2.

Таблица 2

Результаты работы метода ближайшего соседа.

Реализация	$\Delta$	Расстояние	Общее время, с	Среднее время, с	Точность, %
C++	0	Манхэттена	7,839	0,0061	91,69
Хранимая процедура	0	Манхэттена	2,223	0,0017	91,69
C++	1	Манхэттена	62,776	0,0487	92,77
Хранимая процедура	1	Манхэттена	22,498	0,0175	92,77
C++	0	Евклида	8,117	0,0063	89,98
Хранимая процедура	0	Евклида	2,561	0,0019	89,98
C++	1	Евклида	68,128	0,0529	91,14
Хранимая процедура	1	Евклида	23,503	0,0182	91,14
C++	0	Хи-квадрат	20,894	0,0162	91,69
Хранимая процедура	0	Хи-квадрат	3,054	0,0024	91,69
C++	1	Хи-квадрат	141,389	0,1098	93,24
Хранимая процедура	1	Хи-квадрат	23,714	0,0184	93,24

Использование языка SQL ускорило работу алгоритма классификации изображений. В среднем время работы сократилось на 75%. Точность работы реализованных хранимых процедур совпадает с точностью работы стандартного метода поиска ближайшего соседа, что подтверждает верность написания хранимых процедур. Так же следует отметить, что при использовании эффекта выравнивания время реализации намного возрастает относительно использования данного метода без эффекта выравнивания.

Закключение.

В настоящей работе выявлено, что использования языка SQL значительно ускоряет работу алгоритмов классификации, как было экспериментально доказано на примере использования алгоритма поиска ближайшего соседа для распознавания изображений лиц базы данных FERET. Алгоритм ближайшего соседа был реализован в виде хранимых процедур для расстояний Манхэттена, Евклида и Хи-квадрат. Так же были проведены экспериментальные исследования представленных выше алгоритмов с помощью тестового проекта, реализующего классификацию изображений.

Благодарности.

Исследование выполнено в Национальном исследовательском университете «Высшая школа экономики» за счет средств гранта Российского научного фонда (проект № 14-41-00039).

#### Список литературы

1. Muja M., Lowe D., Fast Approximate Nearest Neighbors with Automatic Algorithm Configuration // Proc. of International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP'09).– 2009.– 331-340
2. Savchenko A.V. Nonlinear Transformation of the Distance Function in the Nearest Neighbor Image Recognition // In Proc. of Int. Conf. on Computational Modeling of Objects Presented in Images (CompIMAGE 2014), LNCS.– 2014.– Vol. 8641.– P.261-266.
3. Wróblewski J., Stawicki S., Kryszkiewicz M. : SQL - Based KDD with Infobright' s RDBMS: Attributes, Reducts, Trees; LNAI 8537, pp. 28–41 (2014).

### КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ МОДЕЛИ АВТОГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВЕ КУСОЧНО-ПОЛИНОМИАЛЬНОГО МЕТОДА

Буланов С.Г., Джанунц Г.А.

Таганрогский институт имени А.П. Чехова (филиал)  
ФГБОУ ВО «РГЭУ (РИНХ)», РФ, г. Таганрог

Модель электрического равновесия автогенератора с внутренней обратной связью можно представить в виде нелинейной системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ):

$$\frac{du}{dt} = -\frac{f(u)}{C} - \frac{i}{C}, \quad \frac{di}{dt} = \frac{u}{L}, \quad (1)$$

где  $u$  – напряжение на контуре,  $i$  – ток индуктивного элемента.

Система (1) описывает процессы в автоколебательной системе в несколько идеализированной форме и является частным случаем уравнения  $\frac{d^2u}{dt^2} - \alpha(1 - ku^2)\frac{du}{dt} + \omega_0^2 u = 0$ , при использовании кубической аппроксимации ВАХ туннельного диода, для которой  $f(u) = -G(u - ku^3/3)$ , где  $G$  – модуль дифференциальной проводимости туннельного диода в рабочей точке.

Анализ устойчивости системы (1) выполняется на основе критерия, полученного в общем случае для системы вида [2]

$$\frac{dY}{dt} = F(t, Y), \quad Y(x_0) = Y_0. \quad (2)$$

Для корректной реализации критерия предполагается, что существует  $\delta_0 > 0$  такое, что для всех невозмущенных и возмущенных решений системы (2), начальные условия которых удовлетворяют условию  $\|\tilde{Y}_0 - Y_0\| \leq \delta_0$ , выполнены все условия существования и единственности на полуоси  $[t_0, \infty)$  и  $k$ -я компонента функции  $F(t, Y)$ ,  $k = 1, \dots, n$ , удовлетворяет аналогу условия Липшица с единой константой на произвольном промежутке полуоси:

$$\left| f_k(t, Y) - f_k(t, \tilde{Y}) \right| \leq L |y_k - \tilde{y}_k|, \quad L = \text{const}, \quad \forall t \in [t_0, T] \wedge \forall T \in (t_0, \infty).$$

В рассматриваемых условиях для устойчивости решения задачи (2) необходимо и достаточно существование  $\Delta_1$ ,  $0 < \Delta_1 \leq \delta_0$ , такого, что для всех решений  $Y = Y(t)$ ,  $Y(t_0) = \tilde{Y}_0$  при ограничении  $0 < \|\tilde{Y}_0 - Y_0\| \leq \Delta_1$  выполняется неравенство

$$\left| \frac{\tilde{y}_k(t) - y_k(t)}{\tilde{y}_{k0} - y_{k0}} \right| \leq \tilde{c}, \quad \tilde{c} = \text{const}, \quad \forall t \in [t_0, \infty), \quad k = 1, \dots, n. \quad (3)$$

Для асимптотической устойчивости в тех же условиях необходимо и достаточно, чтобы выполнялось (3) и существовало  $\Delta_2 \leq \Delta_1$ , такое, что неравенство  $0 < \|\tilde{Y}_0 - Y_0\| \leq \Delta_2$  влечет  $\lim_{t \rightarrow \infty} \left| \frac{\tilde{y}_k(t) - y_k(t)}{\tilde{y}_{k0} - y_{k0}} \right| = 0$ ,  $k = 1, \dots, n$ .

Для анализа устойчивости системы (1) также можно использовать критерий, полученный в общем случае для задачи вида

$$\frac{dY}{dt} = A(t)Y + F(t, Y), \quad Y(t_0) = Y_0 \quad (4)$$

в предположении, что выполнены все условия существования и единственности решения на  $[t_0, \infty)$ , все функции  $a_{ij}(t)$   $i, j = 1, \dots, n$  и вектор-функция  $F(t, Y)$  определены, непрерывны и непрерывно дифференцируемы на отрезке  $[t_0, T]$ , при любом выборе  $T = \text{const}$ ,  $T \in [t_0, \infty)$ .

В данных предположениях и при условии устойчивости системы  $\frac{dY}{dt} = A(t)Y$  для устойчивости решения задачи (4) необходимо и достаточно чтобы для произвольного  $\tilde{\epsilon} > 0$  нашлось  $\tilde{\delta} > 0$  такое, что при  $\|\tilde{Y}_0 - Y_0\| \leq \tilde{\delta}$  выполнялось неравенство [2]

$$\left\| \tilde{Y}(t) - Y(t) - \lim_{i \rightarrow \infty} \prod_{\ell=0}^i (E + hA(t_{i-\ell})) (\tilde{Y}_0 - Y_0) \right\| \leq \tilde{\epsilon}, \quad \forall t \in [t_0, \infty). \quad (5)$$

В рассматриваемых условиях и при условии асимптотической устойчивости системы  $\frac{dY}{dt} = A(t)Y$  решение задачи (4) асимптотически устойчиво тогда и только тогда, когда выполняется неравенство (5) и существует некоторое положительное значение  $\delta_1$ , такое, что при  $\|\tilde{Y}_0 - Y_0\| \leq \delta_1$  выполняется соотношение [2]

$$\left\| \tilde{Y}(t) - Y(t) - \lim_{i \rightarrow \infty} \prod_{\ell=0}^i (E + hA(t_{i-\ell})) (\tilde{Y}_0 - Y_0) \right\| \rightarrow 0 \quad \text{при } t \rightarrow \infty.$$

Значение полученных критериев заключается в том, что они позволяют определить характер устойчивости, асимптотической устойчивости либо неустойчивости систем ОДУ данного класса без представления решения в аналитической форме, непосредственно по значениям разностных приближений. Мультипликативная форма выражений под знаком предела в левой части предоставляет возможность запрограммировать вычисление этих выражений в виде цикла по числу сомножителей. Необходимо отметить важную особенность предложенных критериев. Для их применения достаточно подать на вход стандартной процедуры, подсчитывающей в виде цикла, значения правой части системы ОДУ в некоторой начальной точке. После этого никаких аналитических преобразований правой части не требуется, равно как не требуется ввод дополнительных данных по ходу работы программы или же ее прерывание. Отсюда следует, что для анализа устойчивости системы, модель которой описывается системой ОДУ рассматриваемого вида, можно использовать стандартный блок в виде процедуры, программно реализующей представленные критерии. Поскольку для этого не требуется ввод дополнительных данных, компьютерный анализ устойчивости допускает выполнение в режиме реального времени.

Необходимые приближения решений в (3), (5) можно получить на основе разностных методов различного порядка, а также с использованием метода кусочно-полиномиального приближения решений систем ОДУ. Подробное описание схемы построения кусочно-полиномиальных приближений, а также доказательство сходимости к решению и оценки скорости сходимости представлены в [3], непосредственно ниже дается краткое описание схемы. Метод позволяет получить непрерывные и непрерывно-дифференцируемые приближения искомых решений на всем промежутке интегрирования. При моделировании на основе жестких и нежестких

систем ОДУ применение метода позволяет получать приближение решений нежестких систем с точностью порядка  $10^{-19}$ , жесткие системы решаются с понижением погрешности по сравнению со специализированными методами [4]. Программная реализация метода и численный эксперимент представлены в [4].

Для приближенного решения задачи Коши для ОДУ первого порядка

$$\frac{dy}{dx} = f(x, y), \quad y(x_0) = y_0 \quad (6)$$

на произвольно фиксированном отрезке  $[a, b] \subset \mathbb{R}^2$  данный отрезок делится на интервалы равной длины, каждый из которых разбивается на  $2^k$  подынтервалов также равной длины. На каждом подынтервале строится интерполяционный полином Ньютона для аппроксимации функции правой части. В качестве значений зависимой переменной при вычислении значений функции в узлах интерполяции используются разностные приближения решения. Выполняются преобразования, основанные на алгоритме получения коэффициентов полинома по известным значениям корней, отличном от формул Виета. В результате данных преобразований интерполяционный полином на подынтервале принимает вид  $\Psi_n(x) = a_0 + \sum_{\ell=1}^n a_\ell x^\ell$ . На текущем

подынтервале определяется табличная первообразная от построенного полинома

$$\int \psi_{jn}(t) dt = C + h \sum_{\ell=0}^n \frac{a_{j\ell}}{\ell+1} t^{\ell+1},$$

которая при соответствующей подынтервалу подстановке значения

константы принимается за первоначальное приближение искомого решения на рассматриваемом подынтервале. Далее полученный полином используется при вычислении значений в узлах интерполяции для повторного построения полинома Ньютона, аппроксимирующего правую часть (6). Такие итерации повторяются фиксированное число раз. Степень интерполяционного полинома и число подынтервалов программно варьируются. Программная вариация этих параметров обеспечивает наименьшую погрешность приближенного решения.

Компьютерный анализ устойчивости системы (1) выполняется на основе критерия (3). Результаты анализа устойчивости при начальных условиях  $u_0 = 1$ ,  $i_0 = 4$  и значении параметра  $G = 4$  представлены в Табл.1. В столбце *norma 1* представлены значения нормы, вычисленные на основе метода Рунге-Кутты 4-го порядка, в столбце *norma 2* – на основе кусочно-полиномиального метода.

Таблица 1

Значения нормы по критерию (3) для ненулевого решения системы (1) при  $u_0 = 1$ ,  $i_0 = 4$ ,  $G = 4$

$t$	<i>norma 1</i>	<i>norma 2</i>
10	1.19809181195747	1.19809181195671
20	1.29782313865814	1.29782313874997
30	1.38260131407007	1.38260131407718
40	1.45708602330176	1.45708602340333
50	1.52406313586707	1.52406313586269
60	1.58531613906153	1.58531613916368
70	1.64205052841963	1.64205052841811
80	1.69511765107952	1.69511765119003
90	1.74514075576015	1.74514075577179
100	1.79258994287041	1.79258994298294

Значения нормы в обоих столбцах ограничены константой, что в соответствии с критерием (3) свидетельствует о не асимптотической устойчивости. Представленные оценки устойчивости получены для начального возмущения  $\delta = 0.00001$ . Изменения величины возмущения начальных данных не влияет на полученную оценку характера устойчивости решений исследуемой системы.

На Рисунке 1 представлены графики численного решения первого и второго уравнения системы (1) при  $u_0 = 1$ ,  $i_0 = 4$ ,  $G = 4$ , которые отражают ожидаемый характер колебаний [1].

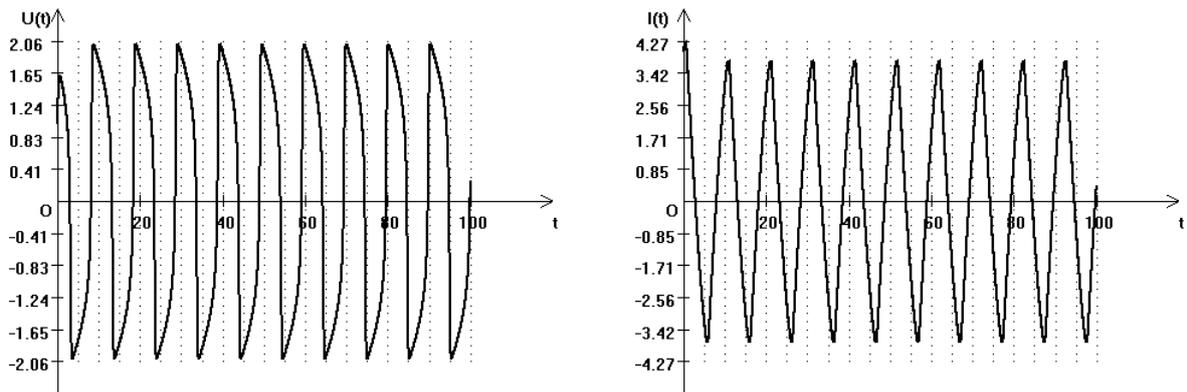


Рис.1. Решение уравнения автогенератора для релаксационных колебаний

Результаты анализа устойчивости при начальных условиях  $u_0 = 1$ ,  $i_0 = 0,05$  и значении параметра  $G = 0,05$  представлены в Табл.2.

Таблица 2

Значения нормы по критерию (3) для ненулевого решения системы (1) при  $u_0 = 1$ ,  $i_0 = 0,05$ ,  $G = 0,05$

$t$	<i>norma 1</i>	<i>norma 2</i>
10	1.53361697796280	1.53361697796487
20	1.40891909728972	1.40891909729261
30	1.63041574342092	1.63041574342232
40	1.66526615337882	1.66526615337839
50	1.55936454500774	1.55936454501102
60	1.78079495627693	1.78079495627538
70	1.29599629115621	1.29599629115473
80	1.83851880302923	1.83851880302781
90	1.73563961741051	1.73563961740814
100	1.64305542986208	1.64305542985885

Как и в предыдущем случае значения нормы ограничены, что соответствует устойчивости.

Графики приближенного решения первого и второго уравнения системы (1) при  $u_0 = 1$ ,  $i_0 = 0,05$ ,  $G = 0,05$  представлены на Рисунке 2 и соответствуют колебаниям близким к гармоническим.

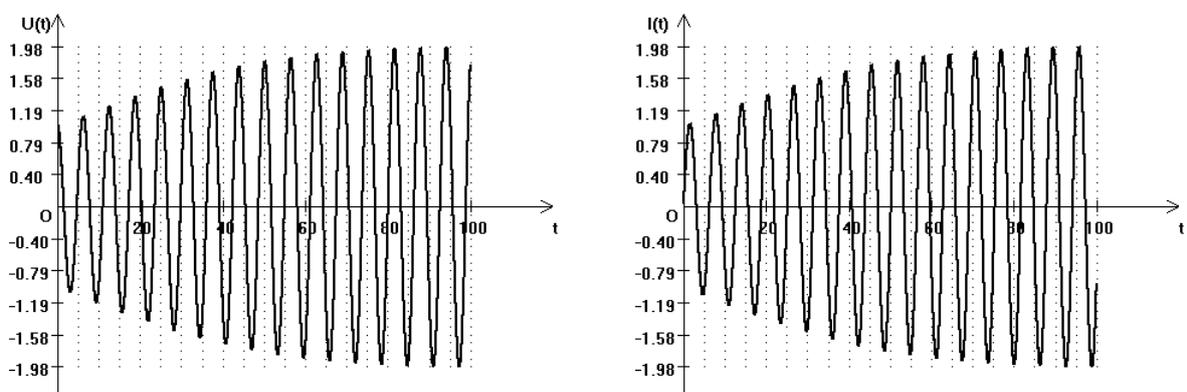


Рис.2. Решение уравнения автогенератора для колебаний близких к гармоническим

Представлен метод компьютерного анализа устойчивости систем ОДУ на основе преобразования разностных схем и кусочно-полиномиальных приближений решения. Метод по построению отличается от методов качественной теории дифференциальных уравнений и методов, основанных на символьной обработке, при этом дает возможность выполнять анализ устойчивости по разностному приближению решения. Метод распространяется на системы с матрицей постоянных коэффициентов; в этом случае его применение не связано с построением характеристического многочлена и с оценками значений характеристических чисел.

В ходе исследования модели электрического равновесия автогенератора с внутренней обратной связью теоретические выводы [1] подтверждены результатами численного эксперимента, полученными на основе компьютерного моделирования критериев. Применение кусочно-полиномиального метода позволило повысить достоверность вычисления значения нормы по представленным критериям вследствие высокой точности приближенного решения.

#### Список литературы

1. А.М. Пилипенко, В.Н. Бирюков Исследование эффективности современных численных методов при анализе автоколебательных цепей // «Журнал Радиоэлектроники» №9, 2013.
2. Я.Е. Ромм, С.Г. Буланов Компьютерный анализ устойчивости по Ляпунову систем линейных дифференциальных уравнений. – Таганрог: Изд-во Таганрог. гос. пед. ин-та имени А.П. Чехова, 2012. – 148 с.
3. Я.Е. Ромм, Г.А. Джанунц Компьютерный метод варьруемой кусочно-полиномиальной аппроксимации функций и решений обыкновенных дифференциальных уравнений // Кибернетика и системный анализ, Киев, 2013, № 3. – С. 95 – 112.
4. Я.Е. Ромм, Г.А. Джанунц Г.А. Кусочно-полиномиальные приближения функций и решений дифференциальных уравнений в применении к моделям периодических реакций / Монография. – Изд-во ТГПИ имени А.П. Чехова. – Таганрог, 2013. – 240 с.

### РАЗРАБОТКА БЕСПРОВОДНОГО СЕНСОРНОГО УЗЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ

**Суханов А.В., Артемова А.И.**

НПК «Технологический центр», г.Зеленоград

Беспроводные сенсорные сети в настоящее время являются актуальной передовой технологией в области самоорганизующихся систем контроля и управления различными процессами. В настоящее время актуален вопрос создания беспроводных сенсорных сетей (БСС) для контроля концентрации взрывчатых и опасных газов на промышленных объектах [1].

Современные беспроводные сенсорные узлы (БСУ) состоят из микроконтроллера, приемопередатчика, газового датчика, интеллектуального источника питания (ИИП) на основе альтернативных источников энергии. Разрабатываемые промышленные БСУ должны включать в себя универсальные газовые датчики, которые обладают одним цифровым протоколом и интерфейсом обмена данными, одним набором команд, методиками настройки, калибровки и поверки. Для обслуживания таких БСС требуются возможность «горячей замены» и частая калибровка датчиков.

Для обеспечения универсальности газовый датчик представляет собой аналогово-цифровую схему (Рисунок 1) с микроконтроллером, который используя АЦП преобразует показания чувствительного элемента, передает обработанные данные в едином протоколе по шине SPI. У таких универсальных газовых сенсоров всегда один разъем подключения к БСУ, который содержит - вход питания, сигнал сброса RST, интерфейс SPI, вход опорного напряжения для АЦП датчика и земля. Заменяется лишь чувствительный элемент и иногда схема измерения сигнала.



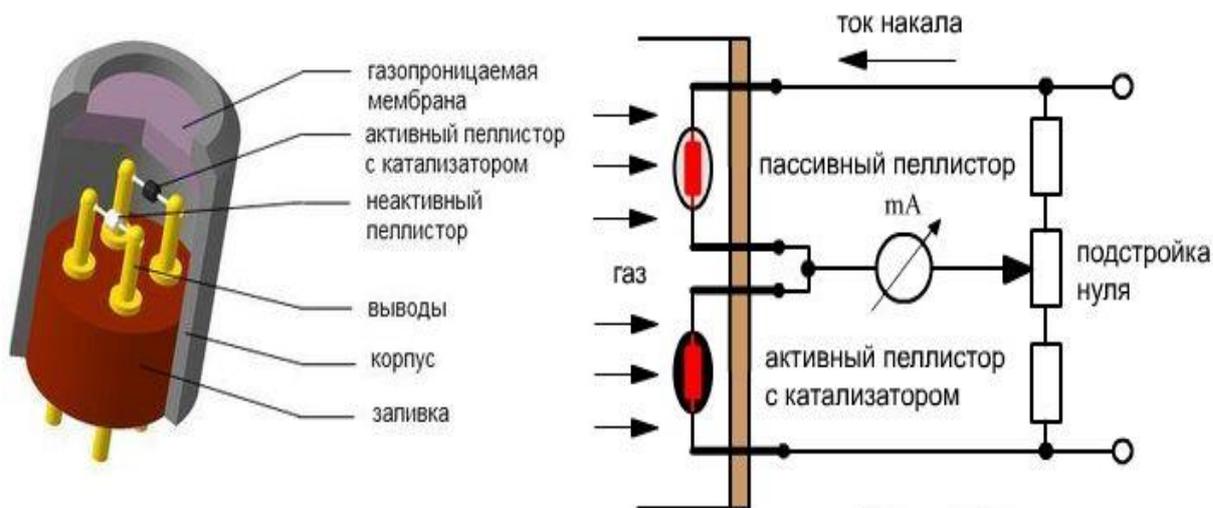


Рис.2. Схема работы термокаталитического чувствительного элемента

Принцип работы электрохимического сенсора заключается в следующем: газ, через противопылевой фильтр (выполняющий кроме того функцию селективного фильтра), и гидрофобную мембрану попадает на газопроницаемый измерительный электрод из благородного металла (Рисунок 3). Высвобождающиеся при этом электроны проходят через электролит и эталонный электрод и образуют во внешней цепи электрический ток. Сила этого тока прямопропорциональна концентрации измеряемого газа. С помощью контрэлектрода потенциал электродов поддерживается на постоянном уровне, значительно повышая стабильность сенсора и улучшая его измерительные свойства. Селективный фильтр спроектирован для устранения эффекта перекрестной чувствительности. Фильтры пропитаны специальным веществом, связывающим с помощью химической реакции определенные газы, к которым имеется перекрестная чувствительность у сенсора.

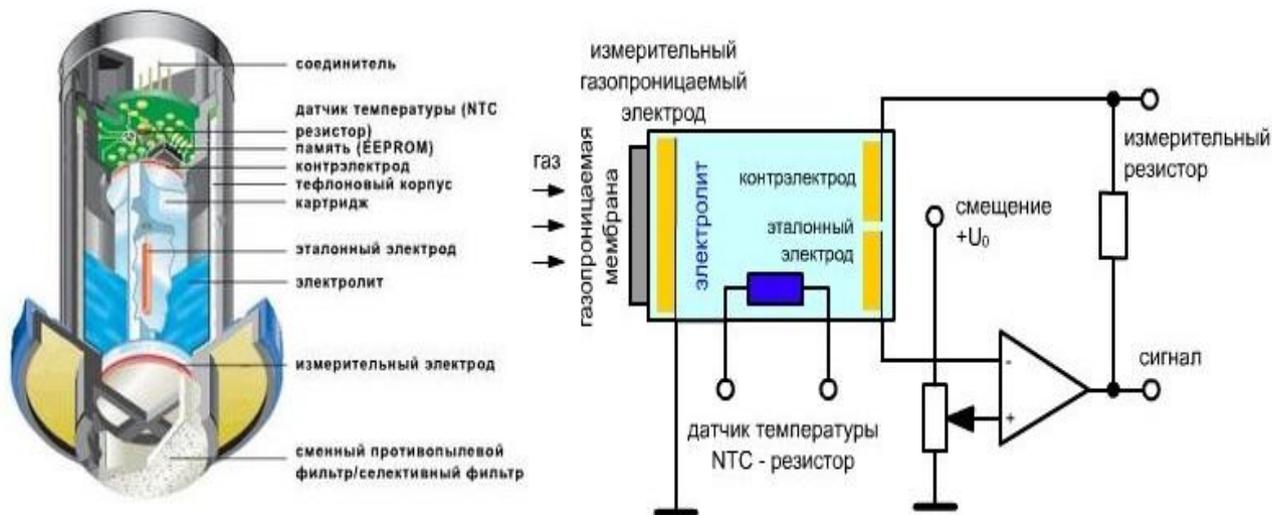


Рис.3. Схема работы электрохимического чувствительного элемента

Также при создании автономных БСУ с использованием газовых сенсоров требуется учитывать энергопотребление и энергоэффективность составных частей. Средний потребляемый ток термокаталитического чувствительного элемента в рабочем режиме при включенном нагревателе – не более 60мА, при выключенном нагревателе – не более 10мА, в спящем режиме - не более 500 мкА. Средний потребляемый ток электрохимического чувствительного элемента в рабочем режиме - не более 1200 мкА, в спящем режиме - не более 200 мкА. Для оптимизации энергопотребления в БСУ используется ИИП. Основными компонентами в ИИП является контроллер заряда [2], который позволяет заряжать небольшие одноэлементные батареи, черпая энергию от маломощных источников энергии, а также импульсные преобразователи напряжения (ИПП) с

широотно-импульсной модуляцией и высоким КПД. Используя ИПП, можно создать несколько контролируемых цепей питания, первая - постоянная для микроконтроллера БСУ, вторая – отключаемая для приемопередатчика, третья – отключаемая для питания газового датчика и его опорного напряжения АЦП.

Современные отечественные технологии позволяют создавать элементную базу для реализации оптимальных схемотехнических и конструктивно-технологических решений по созданию БСУ с использованием высокочувствительных газовых сенсоров.

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

#### Список литературы

1. Суханов А.В., Прокофьев И.В., Гусев Д.В. Мультиагентная система мониторинга web-датчиков, созданная на основе наносенсорике // Нано- и микросистемная техника. -2014. №6. –С. 42-45.
2. Суханов А.В. Интеллектуальный источник питания на основе альтернативных источников энергии для беспроводных сенсорных сетей // Актуальные вопросы науки и техники. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 2. Самара, 2015. С. 13-16.

### УПРАВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ КВО НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

**ктн, доцент РЭУ им. Г.В. Плеханова Нечаев Д.Ю., дтн, профессор,  
зав. лабораторией ИСА РАН Черешкин Д.С.**

ИСА РАН, г.Москва

Аннотация.

Предлагается методика определения эффективности системы обеспечения безопасности КВО как оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций. Особенностью методики является последовательное вычисление эффективности защиты каждой уязвимости объекта от каждой угрозы и агрегация полученных результатов на объект в целом. Приводятся варианты расчетов выбора средств противодействия для повышения эффективности системы обеспечения безопасности. Методика реализуется программно-аппаратным комплексом «РискМенеджер» и отработана на реальных объектах.

Annotation.

A method of determining the effectiveness of the security management system of QUO as risk assessment of emergencies. Feature of the technique is the consistent evaluation of the effectiveness of the protection of each object from each threat vulnerability and aggregation of results to the object as a whole. Payment options is provided to choose the means of combat in order to enhance the effectiveness of the security management system. The technique is a hardware-software complex «RiskMenedžer» and tested on real objects.

Ключевые слова. Безопасность КВО, система обеспечения безопасности, эффективность, методика расчета, риски, чрезвычайные ситуации, варианты повышения эффективности.

Keywords. Quo safety, security system, effectiveness, methods of calculating ,risks, emergencies, ways to improve efficiency.

В настоящее время проблема обеспечения безопасности критически важных объектов (КВО), входящих в состав критических инфраструктур страны – управления, производства, транспорта, финансов и т.д. – приобретает все большее значение для общей безопасности государства. Эта проблема имеет общий характер практически для всего мирового сообщества и ее решением занимаются во многих странах. Накопленный опыт показывает, что решение проблемы простыми, традиционными методами, разработанными в 90-х, 2000-х годах осложняется наличием ряда внешних и внутренних факторов, препятствующих их эффективному применению [8].

К таким факторам относятся:

- большое количество, многообразие и постоянное усложнение систем и процессов функционирования КВО различных сфер деятельности;

- расширение использования информационно-телекоммуникационных технологий (ИТТ) и открытых систем связи (ОСС), включая Интернет в информационных, управленческих и производственных системах КВО и, соответственно, увеличение числа и разнообразия его уязвимостей, в том числе и в результате отрицательного воздействия человеческого фактора;

- постоянный рост видов, состава и объемов обрабатываемой и необходимой для деятельности объектов информации, часто характеризующейся неполнотой, недостоверностью, несвоевременностью, высокой сложностью и трудоемкостью её сбора и обработки;

- тенденция к расширению видов, способов реализации и общего количества угроз нарушения безопасности КВО, включая новый вид угроз – киберугрозы;

- появление новых, все более сложных средств и мер противодействия угрозам.

Все перечисленные выше факторы значительно повышают неопределенности, требующие разрешения при создании и модернизации систем обеспечения безопасности КВО и практически не позволяют получить удовлетворительного решения по защите объекта простыми методами.

Следовательно, необходимо конкретизировать в общем виде проблему и сформулировать новый подход к ее решению с учетом выявленных выше факторов нежелательного воздействия, что требует создания надежной, эффективно функционирующей, экономически, технически и организационно реализуемой системы обеспечения комплексной, т.е. от любых видов угроз безопасности (СОБ), в особенности, для существующих КВО.

Проблема может быть сформулирована в виде:

Создание условий, при которых действие внешних и внутренних воздействий – угроз не приводит к ухудшению параметров состояния КВО или к невозможности его функционирования и развития за счет управления эффективностью системы обеспечения комплексной безопасности (СОБ) объекта, рассчитываемой для всех критических элементов структуры объекта и КВО в целом.

В определении проблемы использован ряд терминов, требующих объяснения.

Под комплексностью безопасности понимается способность СОБ обеспечивать противодействие всем видам угроз – террористическим, технико-технологическим, информационным и т.д. Другими словами, СОБ должна строиться не по виду угрозы (как это принято сегодня), а по общим требованиям по защите объекта.

Под эффективностью СОБ понимается ее способность к защите каждой критической точки (уязвимости) КВО и всех входящих в его структуру элементов при воздействии на них комплекса угроз. Предполагается, что оценка эффективности СОБ может быть рассчитана как значение вероятности (риска) реализации угрозы в какой либо уязвимости, при заданном составе средств противодействия [1].

Для решения поставленной проблемы предлагается методика расчета рисков нарушения нормального режима функционирования КВО при возможной реализации угроз и программно-аппаратного комплекса выполнения предлагаемой методологии.

При создании методики использованы материалы, изложенные в [7], а также положения директивных материалов, включая зарубежные [2], [3], [4], [5], [10].

Величины рисков нарушения безопасности КВО (оценки уязвимости) определяются возможностями средств и методов противодействия потенциальным угрозам, т.е. эффективностью системы обеспечения безопасности (СОБ КВО).

КВО как объект защиты рассматривается как совокупность образующих его структуру критических элементов, участвующих в обеспечении нормального функционирования объекта.

При этом КВО рассматривается как многоуровневая иерархическая структура, первым (нижним) уровнем которой являются уязвимости всех критических элементов, далее – каждый критический элемент и высшим – КВО в целом. На Рисунке 1 приведена блок-схема объекта и его взаимодействия с СОБ.

Предлагаемая методика требует выполнения последовательности достаточно простых операций, обеспечивающих определение эффективности СОБ. Эффективность СОБ – величина рисков нарушения безопасности, определяется путем последовательности выполнения двух основных операций. Первая операция – расчет эффективности обеспечения безопасности каждой уязвимости каждого критического элемента при воздействии на нее каждого способа реализации каждой угрозы при использовании одного средства противодействия или их набора.

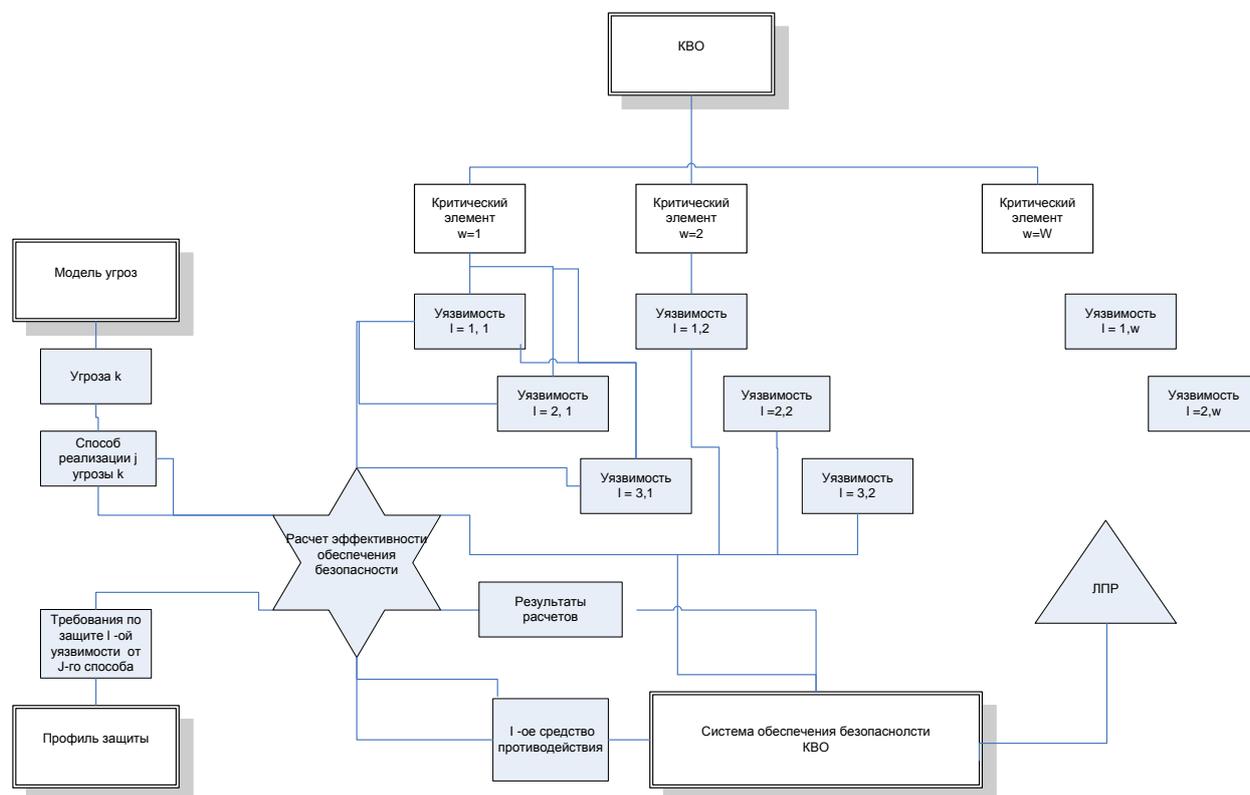


Рис.1. Блок – схема взаимодействия объекта (КВО), - уязвимостей критических элементов – угроз – системы средств противодействия - ПАК «РискМенеджер»

Вторая операция – агрегация всех значений эффективностей по каждой уязвимости, каждому критическому элементу и по объекту в целом. Полученная таким расчетом величина определяется как «эффективность СОБ всеми потенциально возможными способами противодействия воздействию всех угроз». Также предусмотрена возможность, при получении низкого значения эффективности СОБ для какой либо уязвимости, определения комплекса средств противодействия, обеспечивающего повышение значения эффективности.

Поскольку возможность реализации угрозы имеет вероятностный характер, т.е. она может быть реализована в течении определенного срока, например, год, то, соответственно, оценка эффективности используемых в СОБ средств противодействия также носит вероятностный характер, что позволяет применить для ее расчета методы теории вероятности.

В предлагаемой методике оценка риска  $R_{ijk}$  рассматривается как индикатор того, что с вероятностью  $R_{ijk}$  на уязвимости  $l$  элемента  $w$  при использовании средства противодействия  $i$  будет реализован  $j$  способ угрозы  $k$ .

Индикатор определяет чувствительность СОБ к изменению как способа реализации угрозы, так и средств противодействия.

Необходимо сделать некоторые замечания относительно точности определения значения оценки риска реализации угрозы. В том случае, если уязвимость является каким либо техническим комплексом, например, технологическим процессом, то его защищенность оценивается значением контролируемого параметра в заданном диапазоне. Например, состояние уязвимости гидросооружения – плотины, контролируется оценкой подъема верхнего бьефа плотины. Если уровень зеркала водохранилища находится в заданном диапазоне, то уязвимость защищена техническим средством противодействия (клапаны водостоков плотины). Намного сложнее вопрос о точности значения индикатора, если уязвимостью является, например, программный интерфейс информационных систем (сетей), защита которой также обеспечивается программными средствами. В этой ситуации иметь точные оценки защищаемого параметра и средства противодействия невозможно. Соответственно, в этом случае значение величины индикатора именно индицирует и приблизительно оценивает опасность. Еще сложнее ситуация, когда уязвимость и/или средство противодействия связана с человеком или это организационная мера. В этом случае имеем именно индикатор опасности, не более того.

Показатель степени защищенности  $U_{ijk}$  это характеристика эффективности средства противодействия, которая показывает, с какой вероятностью  $i$ -е средство противодействия защитит объект от  $j$ -го способа реализации  $k$ -ой угрозы. Если необходимо оперировать с понятиями «риска реализации угрозы», то значение вероятности риска определяется как

$$R_{ijk} = 1 - U_{ijk}$$

Также в качестве одного из параметров описания  $i$ -го СП может быть его стоимостная оценка  $C_{ijk}$ , включающая стоимость его производства и эксплуатации.

При выполнении расчета показателя степени защищенности используются следующие показатели:

$w \in W$  - номер критического элемента объекта;

$l \in L$  - номер уязвимости  $w$ -го критического элемента;

$k \in K$  - номер потенциальной угрозы;

$j \in J$  - номер способа реализации  $k$ -ой угрозы;

$Y_o$  - величина контролируемого параметра объекта;

$i \in I$  - номер средства противодействия;

$C_{ijk}$  - стоимостная оценка  $i$ -го СП, включающая стоимость его производства и эксплуатации;

$Y_i$  - нормативная функция  $i$ -го средства противодействия (значение параметра объекта, которое может защищать  $i$ -е СП);

$H_{ijk}$  - эффективность  $i$ -го СП, т.е. степень эффективности выполнения  $i$ -м СП своих нормативных функций  $Y_i$  по противодействию  $j$ -му способу реализации  $k$ -ой угрозы;

$n \in N$  - число однородных  $i$ -х СП, которые могут быть использованы для повышения эффективности защиты от  $j$ -ой уязвимости;

$N_{ijk}$  - композиция разного рода  $i$ -х СП, которые могут быть применены совместно для защиты  $l$  от  $j$ -ого способа реализации  $k$ -ой угрозы;

$d$  - количество различных  $i$ -х СП, образующих композицию  $N_{ijk}$ ;

$U_{ijk} = f(H_{ijk})$  - показатель степени защищенности элемента (объекта) от  $j$ -го способа реализации  $k$ -ой угрозы;

$R_{ijk} = 1 - U_{ijk}$  - величина риска нарушения безопасности критического элемента.

Прежде чем перейти к детальному рассмотрению конкретного содержания предлагаемой методики необходимо отметить ее ориентацию на решение трех практических задач [6]:

Первая – оценка эффективности существующей, на момент проведения анализа, СОБ на исследуемом КВО.

Полученная количественная оценка риска нарушения безопасности является объективным основанием для принятия решений по мерам усиления защиты объекта.

В результате выявляются наиболее слабые критические точки объекта (уязвимости) и необходимые меры по их ликвидации.

Вторая – определить состав и структуру СОБ, обеспечивающей  $\min$  ее стоимости при заданном уровне безопасности КВО.

Решение этой задачи направлено на формирование оптимальной по стоимости СОБ объекта при фиксированном уровне риска нарушения его безопасности.

Третья - определить состав и структуру СОБ, обеспечивающей  $\max$  безопасности КВО при заданной величине стоимости защиты.

Решение этой задачи направлено на формирование оптимальной по эффективности системы защиты объекта при фиксированной стоимости его СОБ.

Результаты решения второй и третьей задачи позволяют сделать рекомендации по выбору средств противодействия, обеспечивающих увеличение низких значений эффективности безопасности.

Соответственно, описание алгоритма реализации предлагаемой методики предусматривает наличие двух взаимосвязанных «ветвей»: первая – решение первой задачи; вторая – решение второй и третьей задачи.

Для проведения расчетов показателя степени защищенности выполняется следующая последовательность операций расчета эффективности существующей СОБ:

Операция 1. В процессе выполнения этой операции, с использованием сформированных на подготовительном этапе баз данных, определяются:

- модель угроз для каждого элемента объекта;
- все  $L$  уязвимости всех  $W$  критических элементов и способы  $j$ -ой реализации каждой  $k$ -ой угрозы для каждой уязвимости;
- профили защиты для  $l$ -ой уязвимости, т.е. состав требований по обеспечению парирования данного  $j$ -го способа реализации угрозы  $k$ ;
- структура и состав существующей СОБ объекта, включая характеристики всех используемых  $I$ -х средств противодействия с их распределением по определенным ранее  $L$  уязвимостям;

Операция 2. Определяется величина показателя степени защищенности  $U_{ijk}$  для каждой  $l$ -ой уязвимости от каждого  $j$ -го способа реализации  $k$ -ой угрозы при использовании  $i$ -го средства противодействия (СП).

2.1. Определяется величина показателя степени защищенности  $U_{ijk}$  при использовании  $n$  средств противодействия  $i$ -го вида по каждому  $j$ -му способу реализации  $k$ -ой угрозы;

2.2 Проводится оценка эффективности существующей композиции всех СП, используемых против определенного способа реализации угрозы.

Операция 3. Определяется величина показателя степени защищенности  $U_{wk}$  всех уязвимостей  $w$ -го элемента от всех способов реализации  $k$ -ой угрозы при использовании всех возможных комбинаций СП, т.е. определяется показатель степени защищенности  $w$ -го элемента структуры КВО от  $k$ -ой угрозы

Операция 4. Определяется величина показателя степени защищенности  $U_{wK}$  всех уязвимостей  $w$ -го элемента от всех способов реализации всех  $K$ -ых угроз при использовании всех возможных комбинаций СП, т.е. определяется показатель степени защищенности  $w$ -го элемента структуры КВО от  $K$  угроз.

Операция 5. Определяется величина показателя защищенности  $U_{wK}$  КВО в целом путем агрегации значений  $U_{wk}$  для всех  $W$  элементов структуры объекта.

Конкретное содержание описанной методики подробно изложено в [7]. Следует отметить, что все базовые положения предлагаемой методики, разработанной в ИСА РАН и впервые примененной в ЦБ РФ еще в начале 2000-х, практически повторены в Приказе Президента США от 12.02.2013г. «ExecutiveOrder13636» [11].

Алгоритм решения поставленных задач

Очевидно, что общий алгоритм представляет собой совокупность двух – решения I задачи и решения II и III задач. «Ветви» алгоритма взаимосвязаны и, в целом, определяют полный набор операций, реализующих предлагаемую методику.

Центральным понятием и исходным параметром, позволяющим построить нормативную базу количественных оценок эффективности функционирования СОБ является величина  $H_{ijk}$  - эффективности средства противодействия конкретному способу реализации угрозы, т.е. эффективность  $i$ -го средства противодействия (СП) реализации  $j$ -го способа  $k$ -ой угрозы на  $l$ -ой уязвимости. Величина  $H_{ijk}$  может быть интерпретирована как вероятность того, что данный способ реализации угрозы будет предотвращен.

Для элементарной ситуации, когда используется одно СП для одного способа реализации угрозы по одной уязвимости, оценка эффективности вычисляется по формуле

$$U_{ijk} = H_{ijk} \quad (1)$$

Агрегация всех оценок для множества элементарных ситуаций

$$U_{ijk} = 1 - \prod_{i=1}^I (1 - U_{li,jk})^n. \quad (2)$$

Алгоритм расчета эффективности существующей СОБ объекта

Алгоритм образуют следующие операции:

Первая операция является подготовительной к расчету, выбирает и уточняет имеющуюся в базе данных информацию по составу:

- входящих в функциональную структуру КВО критических элементов;
- уязвимостей каждого элемента;
- потенциальных угроз и способов их реализации для каждой уязвимости;
- профиля защиты, т.е. набора требований по защите каждой уязвимости от каждого средства реализации угрозы;

- средств противодействия (СП) и всех их характеристик (эффективность, стоимость, нормативная функция), используемых существующей СОБ для защиты каждой уязвимости от каждого способа реализации угрозы; обязательно уточняется наличие дублирования и/или комбинации СП на данной уязвимости.

Результаты операции представляются в виде таблицы 1 по каждому критическому элементу.

Таблица 1

Критический элемент W

Уязвимости элемента	<i>j</i> - ый способ реализации <i>k</i> -ой угрозы	Требования по защите <i>l</i> -ой уязвимости от <i>j</i> -го способа	Реально используемые <i>i</i> -е СП на уязвимости <i>l</i> при воздействии <i>j</i> -го способа	Характеристики <i>i</i> -го средства противодействия

Вторая операция является базовой для расчета и обеспечивает определение величины оценки эффективности *i*-го СП при защите *l*-ой уязвимости от *j*-го способа реализации угрозы для *w*-го элемента. В простом случае (одно СП) расчет проводится по формуле (2).

Если в СОБ используется *n* одинаковых *i*-ых СП (дублирование СП), то расчет проводится по формуле (3)

$$U_{ijk} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - U_{li,jk}^1) \dots \dots \dots (3)$$

где

$U_{li,jk}^1$  – эффективность одного *i*-го СП, *n* – количество *i*-ых СП.

В том случае, когда в СОБ используется комбинация  $N_{ijk}$  различных СП для защиты *l*-ой уязвимости от *j*-го способа реализации *k*-ой угрозы, то расчет проводится по формуле (3), а каждая эффективность  $U_{li,jk} = N_{ijk}$ .

Полученные значения эффективности проверяются на их соответствие заданным в профиле защиты требованиям. Например, если требования определяют величину защиты 0.98, а значение эффективности – 0.85, то применяемые СП являются не достаточными и требуют либо дублирования, либо применения новой комбинации. Во всех ситуациях такого рода данная уязвимость определяется как «слабое место» и необходимо принятие новых мер обеспечения её безопасности.

Третья операция позволяет определить степень защищенности  $U_{wk}$  *w*-го элемента структуры КВО от *k*-ой угрозы

Для этого по формуле (3) проводится агрегация всех ранее вычисленных ранее  $U_{ijk}$

и определяется  $U_{wk}$  критического элемента от *k*-ой угрозы.

Четвертая операция позволяет определить полную защищенность  $U_w$  критического элемента от всех потенциальных угроз.

Расчет проводится по формуле (3) с использованием всех полученных ранее значений  $U_{wk}$ .

Пятая операция – это полный расчет степени защищенности КВО от возможного воздействия на него всей составляющих принятой ранее модели угроз.

Используется та же формула (3) с включением в нее всех значений  $U_w$ .

Последняя операция – расчет риска возникновения на объекте критической ситуации при наличии существующей СОБ и воздействии на него принятой модели угроз.

Расчет риска (оценки уязвимости КВО) проводится по формуле

$$R_{\max} = 1 - U_{lk \min} \quad (4)$$

Таким образом, первая задача – оценка уязвимости КВО или эффективности существующей на объекте СОБ, решена.

Алгоритм решения задач по совершенствованию существующей СОБ объекта

Алгоритм образуют следующие операции:

Операция I. Полностью соответствует Первой операции ранее рассмотренного алгоритма и может использоваться для уточнения полученных при ее выполнении данных.

Операция II. Расчет количество *n* однотипных средств противодействия *i* для повышения эффективности защиты *l*-ой уязвимости *w*-го критического элемента от *j*-го способа реализации *k*-ой угрозы.

Количество  $n$  однотипных  $i$ -х СП определяется как

$$n \geq \frac{Y_0}{Y_i} \quad (5)$$

где:

$Y_0$  -- величина контролируемого параметра объекта, например, длина внешнего охраняемого периметра объекта;

$Y_i$  - нормативная функция  $i$ -го средства противодействия (значение параметра объекта, которое может защищать  $i$ -е СП), например, длина участка периметра который может быть защищен одним  $i$ -м СП.

В этом случае

$$U_{ijk} = f(H_{ijk}, n)$$

Операция III. Определение композиции СП -  $N_{ijk}$ , обеспечивающей для уязвимости  $l$  от  $j$ -го способа  $k$ -ой угрозы:

- $\max U_{ijk}$  - максимальный уровень защищенности;
- $U_{ijkTP}$  - заданный уровень защищенности при минимуме ее стоимости;
- $\max U_{ijk}$  - максимальный уровень защищенности при заданных расходах  $C_{ijkZ}$ .

В рамках указанных выше постановок должны быть сформулированы задачи выбора приоритетных СП, использование которых даст наибольший прирост защищенности критического элемента КВО при ограниченных средствах на проведение модернизации СОБ, т.е. в определенной мере решается задача оптимизации композиции СП. Известно, что решение такого рода задачи традиционными методами очень трудоемкий процесс, требующий достаточно сложного математического аппарата и больших объемов данных, то в предлагаемой методике используется простой метод прямого перебора с использованием имеющихся ограничений, дающий, несмотря на простоту хороший результат.

В первой постановке  $\max U_{ijk}$  определяется предел возможностей конкретного набора СП, который вычисляется через максимальные возможности каждого  $i$ -го СП -  $U_{lid \max}$  в рамках принятых ограничений.

Соответствующая  $\max U_{ijk}$  композиция  $N_{ijk}$  определяется с помощью зависимости  $U_{ijk}$  от  $n$ , для всех  $i \in I$  (формула 3).

Максимальная защищенность элемента КВО может рассматриваться в качестве критерия эффективности композиции и вычисляется по формуле:

$$\max U_{ijk} = 1 - \prod_{i=1}^I (1 - U_{lid \max}) \quad (6)$$

В постановке  $U_{ijkTP}$  в качестве критерия эффективности композиции  $N_{ijk}$  выступает ее стоимость -  $C_{ijk}$

$$C_{ijk} = \min \sum_{i=1}^I C_{li} * n_i \quad (7)$$

определяемая путем минимизации нижеследующего выражения по суммарной стоимости СП:

$$\min \prod_{i=1}^I [1 - U_{li}(C_{li} * n_i)] = 1 - U_{ijkTP} \quad (8)$$

Функция  $U_{li}(C_{li} * n_i)$  может быть получена путем умножения значений функции  $U_{li}(n_i)$  на стоимость одного  $i$ -го СП при условии, что  $C_i = const$ , т.е. не зависит от величины  $n_i$ .

В постановке  $\max U_{ijk}$  критерием эффективности композиции СП является уровень защищенности критического элемента КВО  $U_{ijk}$ , максимальное значение которого определяется оптимизацией выражения

$$\max U_{ijk} = 1 - \min \prod_{i=1}^I [1 - U_{li}(C_{li} * n_i)] \quad (9)$$

при ограничениях  $\sum_{i=1}^I C_{li} \leq C_{ijkZ}$  (10)

Операция IV. Определение  $U_{wk \min}$  - минимального значения показателя степени защищенности  $w$ -го элемента от  $k$ -ой угрозы, обеспечиваемого эффективностью композиции  $N_{ljk}$  в рамках следующих постановок:

- структура композиций СП  $N_{lk} = \{N_{ljk}\}$ , отвечающая заданному уровню степени защищенности

$U_{wk \min Z}$  и обеспечивающему минимум её стоимости  $C_{lk} = \min \sum_{j=1}^J C_{ljk}$  или  $\min dU_{wk}$ ;

- структура композиции СП  $N_{lk} = \{N_{ljk}\}$ , обеспечивающую  $\max U_{wk \min}$  при заданной стоимости  $C_{lk} = C_{lkz}, \min dU_{lk}$ .

В рамках данной операции также, как и предыдущей, решается задача оптимизации состава композиций СП для критического элемента в целом при ограничениях её стоимости.

Отличие этой операции заключается в том, что здесь композиции СП действуют параллельно друг с другом, выполняя каждое свою задачу. Другая важная особенность - в разных композициях могут быть общие СП. Например, внешняя охрана объекта является общим СП против всех способов совершения на нем террористического акта.

Целью выполнения этой операции является обеспечение равной защищенности критического элемента КВО от всех способов реализации угрозы. Во введенных выше терминах это означает, что уровень защищенности  $U_{wk}$   $w$ -го элемента от  $k$ -ой угрозы определяется эффективностью композиции  $N_{ljk}$ , обеспечивающей минимальную надежность защиты среди всех  $j$ -х композиций СП  $N_{lk} = \{N_{ljk}\}$  от  $k$ -ой угрозы. Другими словами, надежность защиты  $w$ -го критического элемента КВО равна эффективности наиболее слабой композиции из всех входящих в  $\{N_{ljk}\}$ .

Соответственно,

$$U_{lk} = U_{ljk \min} \text{ из } \{U_{ljk}\} \text{ для всех } J \in J \quad (11)$$

где  $\{U_{ljk}\}$  - множество значений эффективности композиций СП  $N_{lk}$  от  $k$ -ой угрозы.

Другой важной характеристикой эффективности звена третьего уровня является разность  $dU_{lk}$  между минимальной и максимальной надежностью защиты из множества композиций  $N_{lk} = \{N_{ljk}\}$ .

$$dU_{lk} = U_{ljk \max} - U_{ljk \min} \text{ из } \{U_{ljk}\} \quad (12)$$

для всех  $jk \in JK$

Параметр  $dU_{lk}$  является показателем качества, характеризующим степень рационального использования ресурсов при обеспечении безопасности  $w$ -го критического элемента и адекватность композиции СП поставленным задачам.

На основании рассмотренных выше положений выполняются также и все указанные выше постановки.

Операция V. Обеспечение равной защиты критического элемента КВО от всех угроз.

Это положение требует, чтобы критерий эффективности средств противодействия для  $w$ -го элемента  $U_l$  равен минимальной надежности защиты  $U_{lk \min}$  из множества  $\{U_{lk}\}$ ,

$$U_l = U_{lk \min} \text{ из } \{U_{lk}\} = U_{ljk \min} \text{ из } \{U_{ljk}\} \quad (13)$$

для всех  $ljk \in JKL$ ,

а показатель качества

$$dU_l = U_{lk \max} - U_{lk \min} \text{ из } \{U_{lk}\} \quad (14)$$

для всех  $ljk \in LJK$ .

Операция VI. Проведение полного расчета степени защищенности КВО от возможного воздействия на него всей составляющих принятой ранее модели угроз при новых значениях величины защищенности критических элементов.

При выполнении этой операции проводится агрегация, в соответствии с формулой (3) агрегация всех показателей эффективности всех  $W$  элементов КВО, но уже с ранее полученными значениями показателей эффективности элементов.

Также определяется риск возникновения на объекте критической ситуации при наличии модернизированной, за счет выполнения рассмотренных выше операций, СОБ и воздействии на него принятой модели угроз.

Расчет риска (оценки уязвимости КВО) проводится по формуле

$$R_{\max} = 1 - U_{lk \min} \quad (5)$$

Выполнение последовательности перечисленных выше операций обеспечивает решение задач обеспечения безопасности как КВО в целом, так и образующих его структуру критических элементов.

Как показывает полученный опыт эксплуатации предлагаемой методики наиболее наглядно представлять результаты расчетов удобно представлять в виде цветной диаграммы Ганта для каждой выполненной операции (такая опция в ПАК «РискМенеджер» имеется). При изображении целесообразно введение нескольких областей оценки результатов. Например, области значений эффективности  $0 - 0,25$  (красная зона);  $0,26 - 0,5$  (розовая зона);  $0,56 - 0,75$  (голубая зона) и  $0,76$  и выше (зеленая зона). Соответственно, к первой области значений оценки относятся наиболее опасные уязвимости и слабые СП, далее – более защищенные и т.д. Такая индикация позволяет ЛПР наглядно представлять себе всю ситуацию в целом и обратить внимание на наиболее «узкие места» в обеспечении безопасности [9].

На Рисунке 2 представлена блок-схема алгоритма реализации этапа расчетов показателя степени защищенности объекта. В схеме выделены две ветви:

- алгоритм оценки текущей эффективности СОБ объекта (левая ветвь);
- алгоритм выработки предложений по повышению эффективности СОБ (правая ветвь).

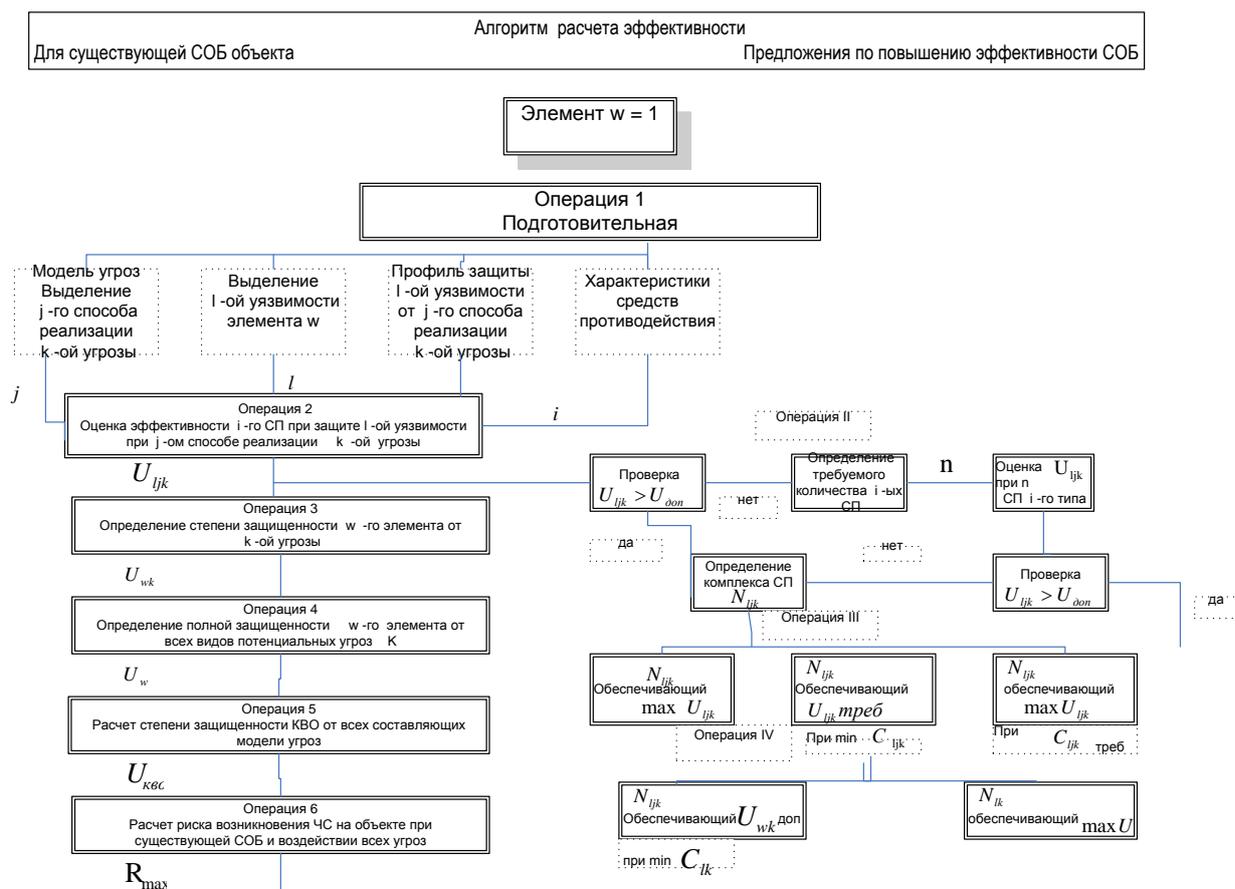


Рис.2. Алгоритм расчета эффективности существующей СОБ и подготовки предложений по повышению эффективности

Применение предлагаемого метода расчета эффективности обеспечения комплексной безопасности КВО при воздействии различного типа внешних и внутренних угроз требует использования большого объема заранее

подготовленной информации. Для этого необходимо проведение достаточно трудоемких работ по её сбору и организации, что требует выполнения набора операций в рамках подготовительного этапа.

Исходной информацией является:

- проектные, технико-технологические, географические, кадровые и экономические данные по функциональной структуре КВО и входящих в его структуру элементов;
- полная функциональная структура КВО со всеми входящими в ее состав производственными и организационными элементами и их взаимосвязями;
- структура и конструктивные особенности элементов (производственных и организационных служб) объекта, параметры (критерии) оценки выполнения ими своих функций;
- модель угроз всех видов (террористические, технико-технологические, экологические, инфраструктурные, кибернетические и т.д.) потенциальных внешних и внутренних угроз со всеми способами их возможной реализации;
- потенциальные точки возможной реализации угроз в структуре элементов КВО (уязвимости элементов), выделены способы реализации угроз в данной точке и параметры, на основании которых должна определяться реализация угрозы.
- данные о всех имевших место на подобных КВО случаях возникновения критических ситуаций как следствии реализации угроз;
- директивные документы (Федеральные Законы, Указы Президента, Постановления Правительства, ведомственные регламенты, внутри объектные и международные положения и т.д.), связанные с проблемами обеспечения безопасности КВО и приведенные в них требуемые критерии и параметры защиты;
- структура, состав, организация и регламенты функционирования имеющейся на КВО системы обеспечения комплексной безопасности;
- данные (технические и экономические характеристики) по всем используемым в СПО объекта средств противодействия угрозам, входящим в состав модели угроз.

Также для каждой уязвимости разрабатывается профиль ее защиты, связывающий «угрозы - способы их реализации - уязвимости элемента–требования (критерии) по обеспечению безопасности».

Вся исходная информация организована в соответствующие базы данных, имеющих необходимый интерфейс с СОБ объекта.

Очевидно, что трудоемкая работа по подготовке необходимой информации должна быть проведена до начала реализации методики.

Подробно содержание описанной методики, реализующего её программно-аппаратного комплекса «РискМенеджер» и примеры конкретного применения методики изложены в [7].

Следует отметить, что разработанная методика и ПАК «РискМенеджер» практически реализованы в ЦБ РФ, в системах обеспечения безопасности Международного аэропорта Шереметьево, в системах контроля состояния безопасности объектов Ространснадзора РФ и МЧС РФ [8].

Как курьез можно отметить то, что все базовые положения предлагаемой методики, разработанной в ИСА РАН еще в начале 2000-х, практически повторены в Приказе Президента США от 12.02.2013г. «ExecutiveOrder13636» [11].

В качестве заключения можно отметить, что предлагаемая методика и ее программная реализация позволяют существенно повысить эффективность существующих СОБ и соответствует требованиям к обеспечению безопасности КВО, установленным в проекте Федерального Закона «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» [3].

Статья подготовлена на основе результатов работ, проводимых при поддержке РФФИ (грант № 15-07-01796)

#### **Список литературы**

1. Калашников А.О., Е.В. Ермилов Е.В., Чопоров О.Н., Разинкин К.А., Баранников Н.И. Атаки на информационно-технологическую инфраструктуру критически важных объектов: оценка и регулирование рисков, М. «Научная книга». 2013. 160 с.
2. О создании государственной системы обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак на информационные ресурсы Российской Федерации. Указ Президента Российской Федерации от 15 января 2013 г. № 31с.
3. Проект Федерального Закона «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».

4. РД. «Базовая модель угроз безопасности информации в ключевых системах информационной инфраструктуры». Утвержден ФСТЭК России от 18.05.2007 г. (гриф «ДСП»).
5. РД. «Методика определения актуальных угроз безопасности информации в ключевых системах информационной инфраструктуры». Утвержден ФСТЭК России от 18.05.2007 г. (гриф «ДСП»);
6. Цыгичко В. Н. Оценка эффективности систем обеспечения информационной безопасности объектов национальной инфраструктуры // Современные проблемы и задачи обеспечения информационной безопасности / Труды Всероссийской научно-практической конференции «СИБ-2014». – М.: МФЮА, 2014. – С. 80–89.
7. В.Н.Цыгичко, Д.С.Черешкин. Безопасность критически важных объектов транспортного комплекса. – LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrucken Deutschland, 2014. Стр.216
8. Цыгичко В. Н., Черешкин Д. С. Некоторые методологические проблемы создания автоматизированных систем обеспечения безопасности критически важных объектов транспортной инфраструктуры / Труды ИСА РАН. – 2013. – Спецвып. – С. 5–21.
9. Черешкин Д.С. Аппаратно-программный комплекс обеспечения антитеррористической безопасности (на примере транспортного комплекса) // Труды СПИИРАН. СПб, ООО «Политехника-сервис», 2010, т.1.
10. The President Executive Order 13010 – Critical Infrastructure Protection. // Federal Register / Presidential Documents / V. 61, № 138 / Wednesday, July 17, 1996.
11. «Executive President's Order 13636 » 12.02.2013.

## УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ НАРУШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

**Цыгичко В.Н.**

Доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института системного анализа РАН

В статье представлен метод управления рисками нарушения безопасности критически важных объектов национальной инфраструктуры в условиях неопределенности.

Ключевые слова: критически важный объект, риск, управление рисками, остаточная неопределенность, энтропия.

## RISK MANAGEMENT SECURITY BREACHES OF CRITICAL FACILITIES

**Tsygichko V.N.**

Doctor of Technical Sciences, professor, chief researcher at the Institute of System Analysis RAS

The paper presents a method of controlling the security risks of critical national infrastructure facilities in the face of uncertainty.

Keywords: critical facilities, risk, risk management, residual uncertainty, entropy.

Во всех развитых странах, в том числе и в России, законодательно закреплены положения, предусматривающее создание систем обеспечения безопасности (СОБ) критически важных объектов (КВО) национальной инфраструктуры на основе управления рисками [6].

Управление рисками – это процессы, связанные с идентификацией, анализом рисков и принятием решений, которые включают минимизацию отрицательных последствий наступления рискованных событий.

Проблеме управления рисками, методам анализа и оценки рисков в различных сферах человеческой деятельности посвящена обширная научная библиография [1], [6]. Созданы и внедрены в практику автоматизированные системы управления рисками, например, на транспорте [3]. Вместе с тем проблема создания общей теории и надежных методов получения количественных оценок величин риска нарушения безопасности КВО остается открытой. Истоки этой проблемы лежат в сложности и многогранности самого феномена понятия «риск».

Риск – это прогностическая категория, характеризующая одну из важных сторон механизма деятельности социума в условиях естественной неопределенности состояния природной, техногенной и социальной среды. Любая целенаправленная деятельность человека связана с возможностью появления непредвиденных обстоятельств и случайных событий, которые могут привести к нежелательным результатам. Поэтому прежде чем действовать человек оценивает свои шансы на успех и неудачу.

В наиболее общем виде риск можно определить как оценку человеком последствий реализации возможных альтернатив его решений по достижению поставленной цели в условиях неопределенности. Другими словами, риск – это выбор (принятие решения) в условиях неопределенности.

Понятие риск и его природа тесно связаны с конкретными сферами человеческой деятельности. Это обстоятельство породило множество форм рискованных ситуаций, множество определений риска и множество его классификаций по различным основаниям, но у них имеется одно объединяющее их общее свойство. Все возможные виды рискованных ситуаций характеризуются двумя составляющими – возможностью наступления неблагоприятного события и его последствиями.

В настоящее время в качестве общепринятой меры риска принято сочетание двух показателей – вероятности наступления неблагоприятного события  $P$  и величины ущерба от его реализации  $Y$ .

При выборе стратегии деятельности в рискованной ситуации в качестве обобщенного показателя  $Q$  часто используют произведение вероятности наступления события риска на величину ущерба вследствие его реализации

$$Q=PY.$$

Разрешение любой рискованной ситуации представляет собой поиск приемлемого компромисса между желанием получить наибольшую выгоду  $B$  как результата деятельности, вероятностью наступления события риска  $P$ , возможными последствиями наступления события риска (величиной ущерба)  $Y$ , затратами на уменьшение риска  $R_1$  и последствий его реализации  $R_2$ , которые уменьшают выгоду. По существу это более сложный аналог известной задачи «эффективность-стоимость».

Все перечисленные параметры рискованной ситуации взаимосвязаны и могут быть представлены выражением

$$\Delta B = B - R_1(Y) - R_2(P),$$

где:  $\Delta B$  – конечная величина выгоды.

Субъект деятельности должен выбрать приемлемое для него сочетание значений переменных рискованной ситуации. В качестве критерия для сравнения различных альтернатив решения может быть использован обобщенный показатель  $Q=PY$ .

Приведенная абстрактная конструкция в каждой сфере деятельности интерпретируется по-своему. Рассмотрим наиболее простой пример – выбор стратегии при игре в рулетку.

Условия игры:

- для игры выделена определенная сумма;
- выигрыш зависит от величины ставки;
- вероятности выпадения всех номеров одинаковы и известны играющему.

Прежде всего, игрок решает ключевой вопрос играть или не играть. Если он решил рискнуть, то должен выбрать один из возможных вариантов компромисса.

Первый вариант – поставить все деньги на один номер с намерением получить максимальный выигрыш. Вероятность проигрыша максимально велика. Последствие – потеря всех денег.

Второй вариант – уменьшить риск проигрыша, распределив деньги на несколько номеров. В этом случае возможный выигрыш уменьшается пропорционально числу выбранных номеров. Выиграть может только один номер, остальные ставки проигрываются. Количество номеров выбирается из условия, что возможный выигрыш одного номера больше чем суммарный проигрыш остальных выбранных номеров. В противном случае игра теряет смысл. Последствие проигрыша – потеря всех денег.

Третий вариант – если играть не на все деньги, то при проигрыше часть денег останется, т.е. последствие проигрыша будет меньше чем в первом и втором вариантах.

Играющий должен сам выбрать вариант стратегии, т.е. приемлемый компромисс в соответствии со своими целями, предпочтениями и решимостью идти на риск ради большего выигрыша.

Рассмотренная схема компромисса в той или иной форме присуща любой экономической и финансовой деятельности. Например, планирование работы предприятия в условиях неустойчивого спроса, рискованные инвестиции, игра на бирже и т.д. Во всех этих схемах компромисса параметром управления рисками являются расходы на уменьшение риска и последствий реализации рискованных событий.

В терминах рассмотренной обобщенной схемы компромисса могут быть интерпретированы и задачи обеспечения безопасности КВО национальной инфраструктуры, однако эта интерпретация должна учитывать особенности данной сферы деятельности и присущие ей возможные ситуации рисков.

Под риском нарушения безопасности КВО понимается вероятность реализации потенциальных угроз критическим элементам его инфраструктуры при существующей системе защиты.

В международной и отечественной практике в качестве показателя достаточности защиты КВО принята допустимая величина риска нарушения его безопасности.

Во всех критических инфраструктурах существуют типы КВО относительно простые, с точки зрения обеспечения их безопасности. К ним относятся: здания, инженерные сооружения, мосты, тоннели и другие объекты. Для этих типов КВО допустимые величины рисков и требования их безусловного выполнения законодательно закреплены в ГОСТ и других нормативных документах. Кроме того, для каждого такого КВО законодательно определены нормативы ресурсов, сил и средств, предназначенных для предупреждения террористических угроз и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Задание этих показателей и нормативов однозначно определяет параметры рассмотренной выше схемы компромисса и тем самым разрешает рискованные ситуации для этих типов КВО.

Другим официально закрепленным способом разрешения неопределенности рискованных событий является категорирование КВО по степени ожидаемого ущерба от возможной реализации угроз нарушения их безопасности [4]. На сегодняшний день все КВО национальной инфраструктуры законодательно распределены по категориям и за каждой категорией объектов закреплены требования по обеспечению безопасности [5].

Однако для большей части КВО, с присущей им чрезвычайно сложной функциональной структурой и технологией, выбор стандартной допустимой величины риска нарушения безопасности практически невозможен.

В каждом конкретном случае при создании и совершенствовании систем защиты таких КВО необходимо, в условиях высокой степени неопределенности, искать компромисс между величиной риска нарушения безопасности, ценой ущерба, стоимостью системы обеспечения безопасности (СОБ), включающей мероприятия по предупреждению и ликвидации последствий ЧС, при условии, что мероприятия СОБ не повлияют на ключевые характеристики функционирования объекта. Поиск таких компромиссов и составляет существо процесса управления рисками нарушения безопасности КВО.

Управление рисками нарушения безопасности КВО предназначено для решения двух основных задач – синтеза СОБ КВО и оценки уязвимости КВО при существующей системе защиты.

Решение задачи синтеза СОБ может быть представлено следующей последовательностью:

- представление КВО как объекта защиты – определение уязвимостей;
- выявление и анализ потенциальных угроз препятствующих нормальному функционированию объекта – формирование модели угроз;
- формирование профиля защиты;
- принятие решения – выбор наиболее рациональной альтернативы состава СОБ.

Выбор наиболее рациональной альтернативы состава СОБ, т.е. по существу формирование стратегии защиты КВО, определяется критерием и численными значениями ограничений параметров рискованной ситуации, заданными принятой схемой компромисса. На практике в зависимости от сложившейся ситуации применяют одну из двух схем разрешения рискованной ситуации КВО.

Если цена ущерба от реализации хотя бы одной угрозы недопустимо велика, то определяется и нормативно закрепляется значение допустимого риска нарушения безопасности КВО и решается задача – найти состав СОБ минимальной стоимости обеспечивающий величину риска нарушения безопасности КВО не больше допустимого и не влияющего на нормальное функционирование объекта.

Если стоимость СОБ ограничена, то решается задача – определить состав СОБ заданной стоимости обеспечивающий минимум риска нарушения безопасности КВО и не влияющего на нормальное функционирование объекта.

Задача оценки уязвимости сводится к определению величины риска нарушения безопасности КВО при существующей системе защиты, выявлению несоответствий требованиям обеспечения безопасности объекта и формированию рекомендаций по устранению выявленных недостатков.

Оценка риска, т.е. прогноз вероятности реализации угроз и их последствий, составляет самую сложную задачу в представленной выше процедуре принятия решений по обеспечению безопасности КВО. В зависимости от специфических особенностей КВО, видов угроз и возможных ситуаций риска оценка риска может быть представлена одной из трех канонических постановок задач прогнозирования социально-экономических процессов [8].

При оценке риска наиболее сложной задачей является прогнозирование времени и места возможной реализации угроз. Эта неопределенность разрешается принятием двух постулатов:

- угроза обязательно реализуется в течение жизненного цикла объекта;
- угроза реализуется в наиболее слабо защищенном месте объекта.

В соответствии с этими постулатами система безопасности должна строиться на основе принципа равной достаточной защищенности всех критических элементов КВО от всех потенциальных угроз и способов их

возможной реализации [10]. Нарушение этого принципа часто ведет к трагическим последствиям, например, таким как события на атомной электростанции Фукусима 1, случившимся в результате непредвиденного цунами. Все наши дальнейшие построения основываются на этих постулатах.

Если информация, необходимая для принятия решения известна, то оценки рисков нарушения безопасности КВО могут быть рассчитаны регулярными методами[3], [9]. Однако чаще всего информации, необходимой для прямого расчета риска нарушения безопасности КВО, недостаточно или она отсутствует. Ниже предлагается подход, позволяющий получить оценки рисков нарушения безопасности КВО при недостатке или отсутствии информации об источниках риска.

Информация необходимая для принятия решения может характеризоваться двумя взаимосвязанными показателями – количеством  $I$ , например, в битах, и неопределенностью, выраженной через энтропию  $\mathcal{E}$ .

Каждая составляющая информационной структуры решения представляет собой набор количественных или качественных параметров.

Неопределенность информации выражается в том, что действительные (истинные) значения параметров неизвестны. Можно определить только интервалы  $l$ , содержащие возможные значения этих параметров.

Для каждого решения объективно существует допустимая точность задания информации, т.е. минимальные интервалы  $b$  значений параметров, обеспечивающих необходимую подробность описания управляемого процесса.

Если информация о каком-либо параметре отсутствует, то интервал  $l$  будет содержать все возможные значения этого параметра, т.е.  $l$  будет совпадать с интервалом его определения  $\text{sup}l=l$ . В другом крайнем случае, если вся информация о том или ином параметре известна, то интервал его возможных значений  $l$  будет совпадать с допустимым интервалом точности  $l=b$ . При полной информации интервалы  $l$  и  $b$  превращаются в точку. В реальной практике управления принимающий решение всегда имеет какую-либо информацию о возможных значениях интересующих его параметров, т.е. имеет место некоторая промежуточная ситуация, когда  $l$  находится в интервале  $\text{sup}l>l>b$ .

Введение допустимого интервала точности  $b$  позволяет перевести континуальное множество числовых значений параметров управляемого процесса в ограниченное конечное множество. Это дает возможность использовать формулу К. Шеннона для описания неопределенности решения.

Процедура принятия решения представляет собой итеративный процесс последовательного разрешения неопределенности информации, т.е. уменьшения интервалов  $l$  возможных значений параметров, составляющих исходную информацию.

Введем следующую аксиоматику.

Аксиома 1. Каждому количеству информации о любом параметре, необходимом для принятия решения, может быть однозначно сопоставлен некоторый минимальный интервал  $l$ , содержащий истинное значение этого параметра.

Аксиома 2. Истинное значение любого параметра, необходимого для принятия решения, с равной вероятностью находится в любой точке интервала  $l$ .

Аксиома 3. Длина минимального интервала  $l$  истинного значения любого параметра, необходимого для принятия решения, есть невозрастающая функция количества информации о данном параметре.

Пусть на каждый момент процедуры принятия решения для всех параметров  $j \in J$  составляющих информацию, определены допустимые интервалы точности задания численных значений  $b \in B$  и интервалы возможных значений  $l_j \in L$ , где:  $L$  – область возможных решений.

Разобьем интервалы возможных значений параметров  $l_j$  вектора  $L$  на участки длиной  $b_j$ . Каждый интервал содержит  $N_j$  участков  $l_j$

$$N_j = \frac{l_j}{b_j} \quad (1)$$

Вероятность попадания численного значения  $j$  параметра в  $K_j$  участок интервала  $l_j$  обозначим  $P_{K_j}$ , где:  $K_j = 1 - N_j$ .

В силу независимости компонент вектора  $L$  полная энтропия неполноты информации согласно К. Шеннону запишется

$$\mathcal{E}_\Pi = -\sum_{j=1}^J \sum_{K_j=1}^{N_j} P_{K_j} \log P_{K_j} \quad (2)$$

Назовем  $\mathcal{E}_\Pi$  – полной энтропией решения. Величина полной энтропии решения  $\mathcal{E}_\Pi$  определяется вектором допустимого интервала точности  $B$  и областью возможных состояний управляемого объекта  $L$ . Уменьшение  $B$  при  $L = \text{const}$  увеличивает энтропию, и наоборот. В процессе принятия решений  $B$  обычно не меняется, а  $L$  уменьшается, что ведет к уменьшению энтропии. Величина  $P_{K_j}$  в выражении (2) – это вероятность того, что  $j$ -й параметр из информации, необходимой для принятия решения, примет значение из  $K_j$  участка интервала  $l_j$ .

В общем случае  $P_{K_j}$  имеет вероятностный смысл. Однако законы распределения истинных значений параметров управляемого процесса в выбранных интервалах  $L$ , как правило, неизвестны. В большинстве случаев эксперты не имеют оснований для предпочтения одних значений параметров другим. В этой ситуации вводится естественное допущение о том, что распределение истинных значений параметров подчиняется равномерному закону. Тогда вероятность  $P_{K_j}$  попадания истинного значения параметра  $j$  в  $K_j$  участок интервала  $l_j$  определится формулой

$$P_{K_j} = \frac{b_j}{l_j} \quad (3)$$

и выражение, определяющее полную энтропию решения, примет вид

$$\mathcal{E}_n = -\sum_{j=1}^J \log \frac{1}{N_j} \quad (4)$$

Предлагаемый подход к практической оценке неопределенности информации носит универсальный характер и может быть применен и к качественным показателям, не имеющим количественной меры. Например, если при формировании СОБ не может быть отдано предпочтение ни одной из выдвинутых альтернатив ее структуры и состава, то неопределенность выбора может быть представлена выражением

$$\mathcal{E}_n = -\log \frac{1}{n}, \quad (5)$$

где:  $n$  – число рассматриваемых альтернатив.

Информация, необходимая для принятия решений, может быть условно разделена на три основные группы.

К первой группе отнесем информацию, заранее накопленную в системе управления и потенциально готовую к использованию в процессе принятия решений. Эта информация может содержать сведения обо всех составляющих информационной структуры решения.

Неопределенность заранее накопленной информации характеризуется ее неполнотой, неполной достоверностью и неполным соответствием содержанию решения. Кроме того, информация может быть трудно доступной, и нет времени на ее полный сбор и обработку.

Обозначим неопределенность заранее накопленной информации  $\mathcal{E}_{\text{пот}}$ .

Вторая группа составляет информацию, получаемую в процессе принятия решения. Эта информация включает оперативную информацию, получаемую непосредственно в процессе принятия решения, и новую информацию, генерируемую путем логико-аналитической переработки всей известной информации с использованием, если это возможно и нужно, математических методов и моделей предметной области.

В принятой терминологии вторая группа информации формирует область возможных значений параметров  $L = \{l_j\}$ . Обозначим неопределенность информации, разрешаемой логическими методами  $\mathcal{E}_r$ .

К третьей группе отнесем информацию, которая не может быть получена какими-либо объективными методами. Неопределенность этой информации разрешается волевым решением. Таким образом, при реализации процедуры принятия решения всегда остается неопределенность, разрешаемая путем субъективного выбора. Назовем эту неопределенность остаточной неопределенностью решения –  $\mathcal{E}_{\text{ост}}$ .

На основании изложенного полная энтропия решения  $\mathcal{E}_n$  может быть представлена суммой

$$\mathcal{E}_n = \mathcal{E}_{nom} + \mathcal{E}_m + \mathcal{E}_{ост} \quad (6)$$

Составляющие полной энтропии не являются независимыми, так как получение информации одной группы позволяет генерировать информацию других групп. Однако на каждый определенный момент процесса принятия решения объективно существуют неопределенности всех групп, что и отражено в выражении (6).

Рассмотрим зависимость неопределенности  $\mathcal{E}_n$  от трех главных факторов – количества информации  $I$ , начальной неопределенности решения  $\mathcal{E}_n$  и времени  $T=[0, T]$ , выделенного на принятие решения.

Процесс разрешения неопределенности можно условно разделить на два взаимосвязанных подпроцесса.

Первый – это цепь логических операций обработки исходной информации, позволяющих сделать объективные выводы об интервале, содержащем истинные значения параметров, определяющих решение.

Второй – выбор значения этих параметров из объективно определенного интервала. Последний осуществляется волевым решением, основанным на опыте и интуитивно-логическом понимании закономерностей и тенденций управляемого процесса.

Основной закономерностью процесса разрешения неопределенности  $\mathcal{E}_n$  является зависимость величины интервалов, содержащих истинное значение параметров от величины объективной информации  $I$  об этих параметрах.

Чем меньше информации, тем шире интервалы, т.е. область возможных значений параметров решения  $L$ , тем выше роль субъективных факторов в принятии решения, и наоборот. В случае полного отсутствия объективной информации об управляемом процессе область возможных значений параметров  $L$  совпадает с областью их определения  $supL$ .

В общем виде зависимость степени разрешения неопределенности решения от количества объективной информации представлена на Рисунке 1.

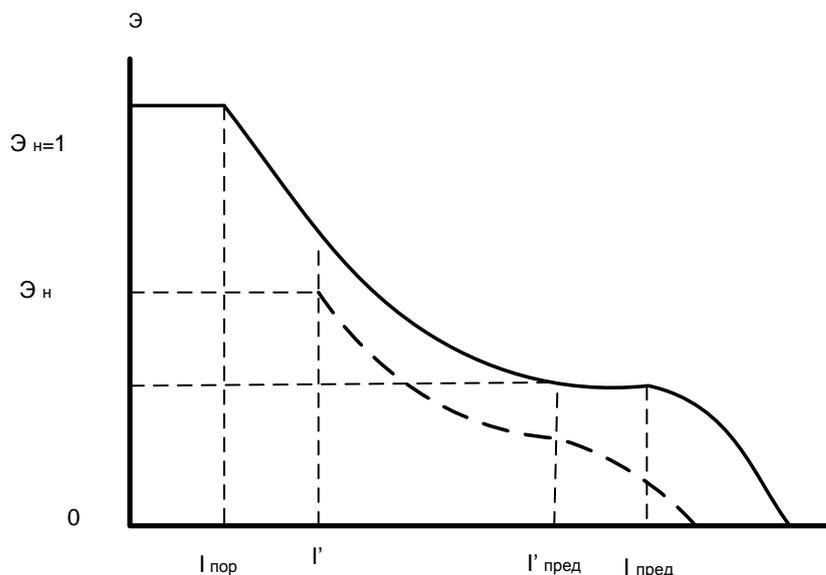


Рис.1

Здесь  $I=0$  – полное отсутствие информации.  $I_{пор}$  – это то минимальное (пороговое) количество исходной информации, ниже которого никаких суждений по поводу принимаемого решения сделать нельзя.  $I_{пред}$  – максимальное количество информации, которое может быть использовано при принятии решения, когда ее дальнейшее накопление не уменьшает область возможных значений параметров  $L$ .  $I'$  – величина заранее накопленной информации. Каждому количеству заранее накопленной информации соответствует величина начальной неопределенности решения  $\mathcal{E}_n$ .

Зависимость степени разрешения неопределенности субъективного выбора от количества информации подчиняется тем же закономерностям, которые свойственны первому подпроцессу принятия решений, что и отражено на Рисунке 1. Вид функции  $\mathcal{E}_n = f(I)$  для одного и того же решения существенно зависит от величины начальной неопределенности  $\mathcal{E}_n$ , характеризующей уровень знаний в области обеспечения безопасности КВО.

Проведенный на основе шенноновского подхода анализ информационных аспектов принятия решений позволяет в качестве универсальной меры риска возможной реализации потенциальных угроз безопасности КВО принять остаточную энтропию решения  $\mathcal{E}_{ост}^I$ .

Неопределенности различных этапов принятия решений по обеспечению безопасности КВО определяются разными факторами и не зависят друг от друга, поэтому полная остаточная энтропия решения может быть представлена их суммой

$$\mathcal{E}_{ост}^{\Pi} = \sum_1^M \mathcal{E}_{ост}^{\mu} \quad (7),$$

где:  $\mathcal{E}_{ост}^{\mu}$  – остаточная энтропия  $\mu$ -го этапа решения;

$\mu = 1 - M$  – номер этапа;

$M$  – число этапов.

Если следовать принятой выше гипотезе о равномерном распределении вероятности реализации факторов возникновения чрезвычайной ситуации (ЧС), то полная остаточная энтропия решения может быть представлена формулой

$$\mathcal{E}_{ост}^{\Pi} = -\log P \quad (8),$$

где:  $P$  – эффективность СОБ.

Если известна величина полной остаточной энтропии  $\mathcal{E}_{ост}^{\mu}$ , то эффективность СОБ определится выражением

$$P = C^{\mathcal{E}_{ост}^{\Pi}} \quad (9)$$

где:  $C \dots$  – основание логарифмов.

Рассмотрим природу и способы расчета остаточных неопределенностей  $\mathcal{E}_{ост}^{\mu}$ , составляющих решения задачи синтеза СОБ КВО.

Неопределенность представления КВО как объекта защиты  $\mathcal{E}_{ост}^1$

КВО как объект защиты представляется перечнем критических элементов его функциональной структуры (структуры уязвимостей), повреждение которых приводит к возникновению на объекте ЧС. Для относительно простых объектов структура уязвимостей может быть точно определена их конструктивными особенностями. Например, мост может быть представлен двумя уязвимостями – опорами и перекрытием. Других уязвимостей нет, т.е. неопределенность его представления как объекта защиты  $\mathcal{E}_{ост}^1 = 0$ .

Для КВО с большой и сложной функциональной структурой, например, таких как: аэропорты, атомные электростанции, объекты промышленности, оснащенные автоматизированными системами управления на основе ИКТ и т.п., формирование полного перечня критических элементов составляет серьезную проблему. Опыт показывает, что проведение самых тщательных исследований не дает гарантии выявления всех уязвимостей сложных технологических объектов, т.е. для таких объектов всегда существует неопределенность структуры уязвимостей  $\mathcal{E}_{ост}^1 \neq 0$ . Это означает, что на объекте существуют уязвимости не обеспеченные индивидуальной защитой. Однако определить вероятность не обнаружения одной или нескольких уязвимостей сложного объекта чаще всего не представляется возможным, поскольку определение погрешности методов выявления уязвимостей само по себе составляет сложную проблему. Это касается, прежде всего, объектов киберпространства, в котором ежедневно фиксируются кибератаки новых вирусов, способных выявлять узкие места и взламывать защиту компьютерных информационно-коммуникационных систем. На практике эта неопределенность разрешается путем выбора средств и мероприятий общего характера, снижающих возможность воздействия на все известные и неизвестные уязвимости. Например, создание внешнего ограждения и системы видеонаблюдения для предупреждения проникновения на объект, системы распределения и контроля доступа, программы распознавания кибератак и т.п. В этом случае энтропия неполноты информации о структуре уязвимостей определяется эффективностью средств и мероприятий по защите объекта в целом и может быть представлена выражением

$$\mathcal{E}_{ост}^1 = -\sum_{i=1}^I \log p_i \quad (10),$$

где:  $p_i$  – эффективность  $i$ -го общего средства защиты;

$i = 1 - I$  – номер общего средства защиты.

Неопределенность модели угроз  $\mathcal{E}_{ост}^2$

Для большинства КВО, не использующих в процессе своего функционирования информационно-коммуникационные технологии, построение модели угроз не представляет большой проблемы. Напротив, для КВО, использующих ИКТ, это чрезвычайно актуальная и сложная задача. По статистике лаборатории Касперского в 2014 году было зафиксировано 6,2 млрд вредоносных атак на компьютеры и мобильные устройства. Каждые 12 секунд появляется новый вирус. 71% предприятий и организаций в Европе и Америке подверглись успешной кибератаке, несмотря на то, что на большинстве этих объектов полностью выполнялись требования по обеспечению информационной безопасности[2].

Ежегодно публикуемые статистические данные об общем количестве кибератак и числе успешных из них позволяют оценить неопределенность модели киберугроз КВО с помощью выражения

$$\mathcal{E}_{ост}^2 = -\log p_v \quad (11),$$

где:  $p_v = (1 - \frac{V_{усп}}{V})$

$V$  – общее число кибератак в текущем году на объекты, использующие ИКТ и оснащенные системой обеспечения информационной безопасности,

$V_{усп}$  – число успешных кибератак в текущем году.

Неопределенность профиля защиты  $\mathcal{E}_{ост}^3$

Под профилем защиты понимается независимая от реализации совокупность требований по обеспечению безопасности каждого критического элемента КВО от всех угроз и способов их реализации. Другими словами, профиль защиты объекта определяет, какие элементы объекта (уязвимости) требуют защиты, и от чего их надо защищать.

Из этого определения логически следует, что неопределенность профиля защиты есть сумма неопределенности представления КВО как объекта защиты и неопределенности модели угроз

$$\mathcal{E}_{ост}^3 = \mathcal{E}_{ост}^1 + \mathcal{E}_{ост}^2 \quad (12)$$

Неопределенность выбора наиболее рациональной альтернативы состава СОБ, т.е. неопределенность решения включает неопределенности всех рассмотренных выше этапов принятия решения, неопределенность выбора технических средств защиты –  $\mathcal{E}_{ост}^{4t}$ , и неопределенность, связанную с методами учета человеческого фактора как перманентной угрозы безопасности КВО –  $\mathcal{E}_{ост}^{4чф}$

$$\mathcal{E}_{ост}^4 = \mathcal{E}_{ост}^{4t} + \mathcal{E}_{ост}^{4чф} \quad (13)$$

Расчет неопределенности выбора технических средств защиты не представляет большой проблемы [6], поскольку для каждого средства имеются нормативные характеристики его эффективности. Остаточная неопределенность выбора технических средств защиты определяется по формуле (14).

$$\mathcal{E}_{ост}^{4t} = \sum_{g=1}^G \sum_{n_g=1}^{N_g} -\log p_{n_g} \quad (14),$$

где:  $g=1-G$  – номер уязвимости КВО;

$p_{n_g}$  – эффективность  $n$ -го средства защиты  $g$ -й уязвимости.

Идентификация и меры нейтрализации человеческого фактора как источника угрозы – одна из наиболее актуальных и до сих пор не нашедших удовлетворительного решения проблем обеспечения безопасности КВО, требующая специального рассмотрения.

Все угрозы безопасности КВО, связанные с деятельностью человека, можно разделить на три больших группы – внешние, внутренние и ошибки, связанные с неверным выбором стратегии обеспечения безопасности КВО. Внешние угрозы это террористические и криминальные действия, направленные на нарушение безопасности КВО. К внутренним угрозам отнесем противоправные действия и ошибки персонала КВО и СОБ КВО.

Для разрешения неопределенности внешней угрозы, как правило, используются гарантированные оценки, т.е. считается что потенциальный нарушитель информирован обо всех уязвимостях объекта, хорошо подготовлен профессионально и обладает полным набором методов, средств и способов реализации угрозы. Исходя из этой гарантированной оценки, строится система защиты КВО от террористических и криминальных угроз. Наиболее

опасными и трудно идентифицируемыми являются внутренние угрозы безопасности КВО. Статистика ЧС на КВО показывает, что большинство техногенных катастроф и аварий происходит по вине персонала объектов. Проблеме учета человеческого фактора в обеспечении безопасности различных сфер деятельности посвящено большое количество исследований, на основе которых разработаны правовые положения, инструкции и рекомендации, как общие для всех опасных объектов, так и отраслевые и объектовые [1], [7]. Активно разрабатываются и внедряются технические и организационные средства контроля и предупреждения противоправных действий и ошибок персонала. Однако до настоящего момента невыработано каких-либо регулярных методов количественной оценки рисков возможного нарушения безопасности со стороны персонала КВО. Здесь чаще всего приходится пользоваться экспертными оценками. Это, прежде всего, относится к оценке эффективности средств физической защиты, организационных мероприятий и мер предотвращения неправильного выбора стратегии защиты КВО. Один из возможных подходов к учету человеческого фактора при оценке эффективности СОБ дан в нашей работе [9]. Полученные с помощью этого метода оценки рисков нарушения безопасности со стороны персонала КВО и СОБ позволяют вычислить величину остаточной энтропии выбранных мер по нейтрализации человеческого фактора по формуле

$$\mathcal{E}_{ост}^{4чф} = -\log P^{чф}, \quad (15)$$

где:  $P^{чф}$  – эффективность средств противодействия угрозам, связанным с человеческим фактором.

В соответствии с проведенным анализом полная энтропия решения может быть представлена формулой (16)

$$\mathcal{E}_{ост}^{\Pi} = -\left\{ \sum_{i=1}^I \log p_i + \log\left(1 - \frac{V_{усп}}{V}\right) + \sum_{g=1}^G \sum_{n_g}^{N_g} \log p_{n_g} + \log P^{чф} \right\} \quad (16)$$

В соответствии с формулой (9) риск  $R$  нарушения безопасности КВО от всех потенциальных угроз при выбранной структуре СОБ определится выражением

$$R = 1 - C^{\mathcal{E}_{ост}^{\Pi}} = 1 - C^{-\left\{ \sum_{i=1}^I \log p_i + \log\left(1 - \frac{V_{усп}}{V}\right) + \sum_{g=1}^G \sum_{n_g}^{N_g} \log p_{n_g} + \log P^{чф} \right\}} \quad (17)$$

В качестве примера работоспособности методики приведем расчет риска нарушения безопасности для КВО имеющего три уязвимости, два общих средства защиты и два индивидуального средства защиты для каждой уязвимости. Для упрощения расчетов примем, что в СОБ этого КВО реализован принцип равной защищенности, т.е. выбрана структура, обеспечивающая одинаковую эффективность защиты каждой уязвимости, т.е.  $p_i = p_{n_g} = p^{чф} = p_v \forall i \in I, n \in N, g \in G$ . Рассчитаем величину риска для трех вариантов эффективности защиты 0.9, 0.8 и 0.7 –  $R_{0.9}, R_{0.8}, R_{0.7}$ .

$$R_{0.9} = 0.65,$$

Результаты расчетов –  $R_{0.8} = 0.89$  говорят о хорошей чувствительности предлагаемого инструментария к

$$R_{0.7} = 0.97$$

изменению энтропии исходной информации.

Предложенный подход к оценке рисков нарушения безопасности при недостатке информации позволяет реализовать рассмотренные выше схемы разрешения компромисса рисков ситуаций и может служить инструментом для анализа эффективности состава защитных средств СОБ и выбора рациональной стратегии защиты КВО.

Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ № 15-07-01796.

#### Список литературы

1. Бехман Г., Горохов В.Г. Социально-философские и методологические проблемы обращения с технологическими рисками в современном обществе (Дебаты о технологических рисках в современной западной литературе) // Вопросы философии. – 2012. – №7. – С. 120–132.
2. Лаборатория Касперского, антивирусные программы // [www.kasperski.ru](http://www.kasperski.ru)
3. Кононов А.А., Стиславский А.Б., Цыгичко В.Н. Управление рисками нарушения транспортной безопасности. – М.: АС-Траст, 2008. – 210 с.
4. Методические рекомендации по категорированию объектов науки, промышленности, энергетики и жизнеобеспечения по степени их потенциальной опасности и диверсионно-террористической уязвимости.

Прил. 5 к протоколу заседания Федеральной антитеррористической комиссии от 12 октября 2004 года № 14.

5. Распоряжение Правительства РФ от 23.03.2006 №411 рс «Об утверждении перечня критически важных объектов Российской Федерации».
6. Цыгичко В.Н., Черешкин Д.С. Безопасность критически важных объектов транспортного комплекса. LAP LAMBERT AcademicPublishing. 2014. – 220 с.
7. Смолян Г.Л., Солнцева Г.Н. Человеческий фактор как угроза транспортной безопасности // Труды ИСА РАН.–2014. – Т. 64. –Вып.3. – С.81–90.
8. Цыгичко В.Н. Прогнозирование социально-экономических процессов/ Предисл. Д.М. Гвишиани. Изд.3-е, перераб. и доп. – М.: Книжный дом «ЛИБЕРКОМ», 2009. – 240 с.
9. Цыгичко В.Н. Руководителю о принятии решений / Предисл. В.А. Лефевра. Изд. 3-е перераб и доп.– М.: КАСАНД, 2010.–352 с.
- 10.Цыгичко В.Н., Черешкин Д.С. Некоторые методологические проблемы создания автоматизированных систем обеспечения безопасности критически важных объектов транспортной инфраструктуры // Труды ИСА РАН. 2013. –Спецвып. –С. 5–21.

### СЕКЦИЯ №3.

### ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)

#### ПАРЦИАЛЬНЫЕ ДАВЛЕНИЯ ОКСИДОВ КАТОДОВ ВАКУУМНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

**Зоркин А.Я., Семенов С.В., Вавилина Н.А.**

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

В процессе откачки и тренировки вакуумных электронных приборов (ВЭП) с оксидосодержащими катодами состояние системы оксид-газ в равновесии определяется температурой и давлением кислорода [1]. Давление кислорода фиксируется газовой выделением окружающих электродов и снижается в процессе откачки и тренировки [1]. По мере снижения в газовой фазе активности кислорода увеличивается концентрация заряженных вакансий кислорода (доноров) в оксиде, что приводит к повышению уровня Ферми и увеличению положительного поверхностного заряда поверхности [1]. Концентрацию вакансий можно определить по давлению паров оксида.

Давление паров оксидов в общем случае, согласно химической реакции  $x_{og} \cdot M + y_{og} \cdot O = M_{xog}O_{yog}$ , определяется по формуле:

$$P_{ox} = a_{Om}^{x_{og}} \cdot a_{Oo}^{y_{og}} \cdot K_{og},$$

где  $P_{ox}$  - давление паров молекул  $M_{xog}O_{yog}$  над оксидом, атм;  $a_{Om}$ ,  $a_{Oo}$  - активности компонентов металла и кислорода в системе;  $x_{og}$ ,  $y_{og}$  - стехиометрические коэффициенты газовой молекулы;  $K_{og}$  - константа равновесия образования газовых молекул из простых веществ.

В химических формулах индекс k означает компонент, s – твердую фазу, g – газовую фазу.

Суммирование вышеприведенной реакции с реакцией  $x_{os} \cdot M + y_{os} \cdot O = M_{xos}O_{yos}$  с учетом реакции  $O = 0.5 O_2$  дает реакцию диссоциации твердого оксида  $x_{og}/x_{os} \cdot M_{xos} \cdot O_{yos} = M_{xog} \cdot O_{yog} + x_{og}/2 \cdot (y_{og}/x_{og} - y_{os}/x_{os}) \cdot O_2$ . По закону действующих масс давление паров молекул газообразных оксидов равно:

$$P_{ox}(T, P_{O_2}, n, s, g) = \frac{K_{og}(T, n, g)}{K_{os}(T, n, s)} \cdot P_{O_2}^{\frac{x_{og} y_{n,g}}{2} \left( \frac{y_{og, n, g}}{x_{og, n, g}} - \frac{y_{os, n, s}}{x_{os, n, s}} \right)}$$

где  $P_{ox}(T, P_{O_2}, n, s, g)$  - давление паров газообразного оксида с индексом «g» над твердым оксидом с индексом «s»,

атм; «n»– индекс элемента, образующего оксид;  $K_{og}(T,n,g)$ ,  $K_{os}(T,n,s)$  - константы равновесия реакций образования газообразного и твердого оксидов из простых веществ;  $x_{og}$ ,  $y_{og}$ ,  $x_{os}$ ,  $y_{os}$  - массивы стехиометрических коэффициентов газообразного и твердого оксидов, слабо зависящие от температуры и активности кислорода;  $P_{O_2}$  - давление кислорода, атм;  $T$  – температура, К.

Давление паров металла (оксид образующего элемента) над твердым оксидом определяется по реакции  $x_{eg}/x_{os} \cdot M_{X_{os}} \cdot O_{Y_{os}} = M_{X_{eg}} + y_{os}/x_{os} \cdot O_2$ . По закону действующих масс давление паров молекул элементарного соединения из атомов металла равно:

$$P_e(T, P_{O_2}, n, s, g_e) = \frac{K_{eg}(T, n, g_e)}{\frac{x_{eg, g_e}}{K_{os}(T, n, s)} \cdot \frac{y_{os, n, s}}{x_{os, n, s}^2}} \cdot P_{O_2}$$

где  $P_e(T, P_{O_2}, n, s, g)$  - давление паров газообразного элементарного соединения с индексом «g» над твердым оксидом с индексом «s», атм;  $K_{eg}(T, n, g)$ , - константа равновесия реакции образования газообразного элементарного соединения  $M_{x_{ge}}$  из простых веществ;  $x_{eg}$  - стехиометрический коэффициент газообразного элементарного соединения.

На Рисунке 1-6 показаны зависимости парциальных давлений составляющих газовой фазы от температуры на линии минимума общего давления и на линии равенства скоростей испарения кислорода и металла для оксидов иттрия, бария и тория.

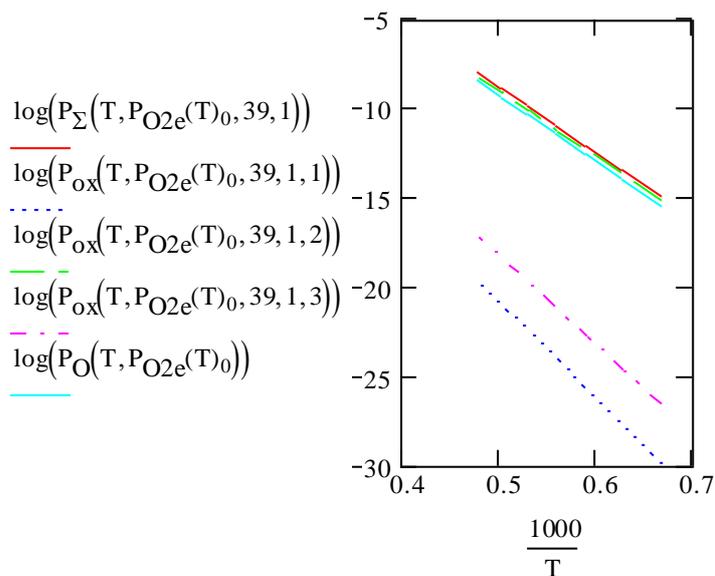


Рис.1. Зависимость парциальных давлений составляющих газовой фазы от температуры на линии минимума общего давления для оксида иттрия. 1 – общее давление газовой фазы; 2 –  $Y_2O(g)$ ; 3 –  $YO(g)$ ; 4 –  $Y_2O_2(g)$ ; 5 –  $O(g)$

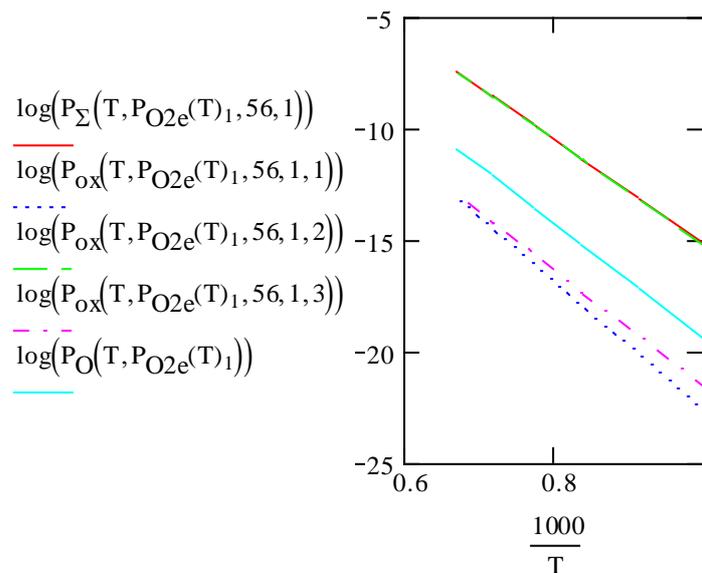


Рис.2. Зависимость парциальных давлений составляющих газовой фазы от температуры на линии минимума общего давления для оксида бария. 1 – общее давление газовой фазы; 2 –  $Ba_2O(g)$ ; 3 –  $BaO(g)$ ; 4 –  $Ba_2O_2(g)$ ; 5 –  $O(g)$

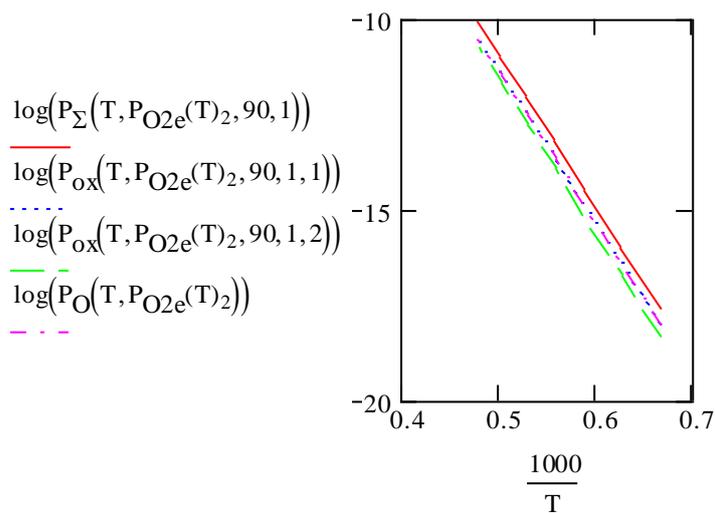


Рис.3. Зависимость парциальных давлений составляющих газовой фазы от температуры на линии минимума общего давления над оксидом тория. 1 – общее давление газовой фазы; 2 –  $ThO(g)$ ; 3 –  $ThO_2(g)$ ; 4 –  $O(g)$

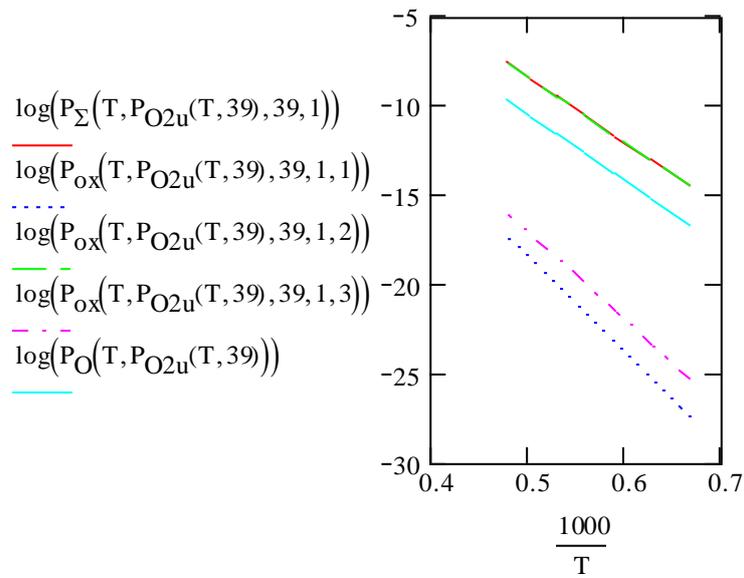


Рис.4. Зависимость парциальных давлений составляющих газовой фазы от температуры на линии равенства скоростей испарения кислорода и металла для оксида иттрия. 1 – общее давление газовой фазы; 2 –  $Y_2O(g)$ ; 3 –  $YO(g)$ ; 4 –  $Y_2O_2(g)$ ; 5 –  $O(g)$

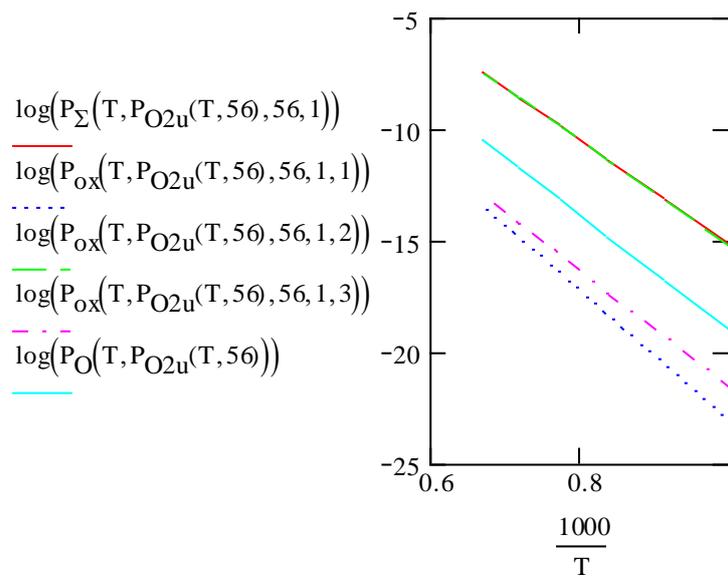


Рис.5. Зависимость парциальных давлений составляющих газовой фазы от температуры на линии равенства скоростей испарения металла и кислорода. 1 – общее давление газовой фазы; 2 –  $Ba_2O(g)$ ; 3 –  $BaO(g)$ ; 4 –  $Ba_2O_2(g)$ ; 5 –  $O(g)$

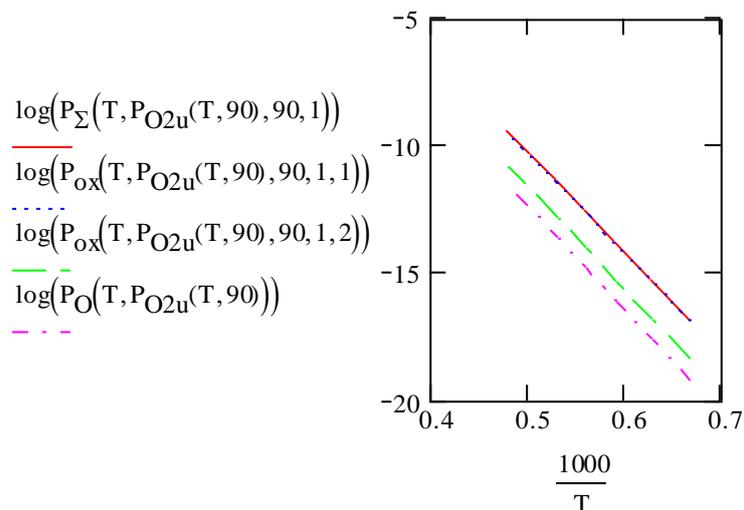


Рис.6. Зависимость парциальных давлений составляющих газовой фазы от температуры на линии равенства скоростей испарения металла и кислорода для оксида тория. 1 – общее давление газовой фазы; 2 – Th O(g); 3 – ThO<sub>2</sub> (g); 4 – O(g)

#### Список литературы

1. Откачка электронных приборов / А. Я. Зоркин, Г. В. Конюшков. – Саратов: СГТУ, 2006. – 284 с.

#### СЕКЦИЯ №4.

#### МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)

#### ИСПЫТАНИЕ НОВОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ПРУЖИН

<sup>1</sup>Белков Е.Г., <sup>2</sup>Землянушнова Н.Ю., <sup>2</sup>Землянушнов Н.А., <sup>3</sup>Фадеев В.В.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», г.Челябинск

<sup>2</sup>ФГАОУ ВПО Северо-Кавказский федеральный университет, г.Ставрополь

<sup>3</sup>ОАО «Белебеевский завод «Автонормаль», г.Белебей

Пружинонавигочное производство за последнее время получило значительное развитие и обновление, особенно в таких отраслях машиностроения, как автомобильное, сельскохозяйственное, тракторное, оборонное, а также приборостроение, где в наибольшей степени увеличилась специализация и концентрация производства [1]. Производство многоцикловых пружинных механизмов в отечественном и зарубежном машиностроении характеризуется все более частым применением высоконагруженных, высокоскоростных, компактных пружин, экономящих монтажное пространство и вес узлов. Наиболее яркими представителями таких пружин являются наружная и внутренняя пружины клапана двигателей автомобилей семейства ВАЗ.

Предприятия, занимающиеся производством высокоскоростной техники, и производители высоконагруженных пружин нуждаются в разработке и внедрении устройств и технологий, повышающих качество продукции [4].

Наиболее приемлемой для массового производства является конструкция по патентам RU 2457917 и RU 2481914 [5, 6], на основе которой разработано и изготовлено простое в эксплуатации устройство для упрочнения внутренней пружины клапана двигателя автомобилей семейства ВАЗ (Рисунки 1, 2). Преимущество предложенного устройства заключается в осуществлении механизации процесса удаления заневоленной пружины из устройства, что ликвидирует ручной труд и повышает производительность труда.

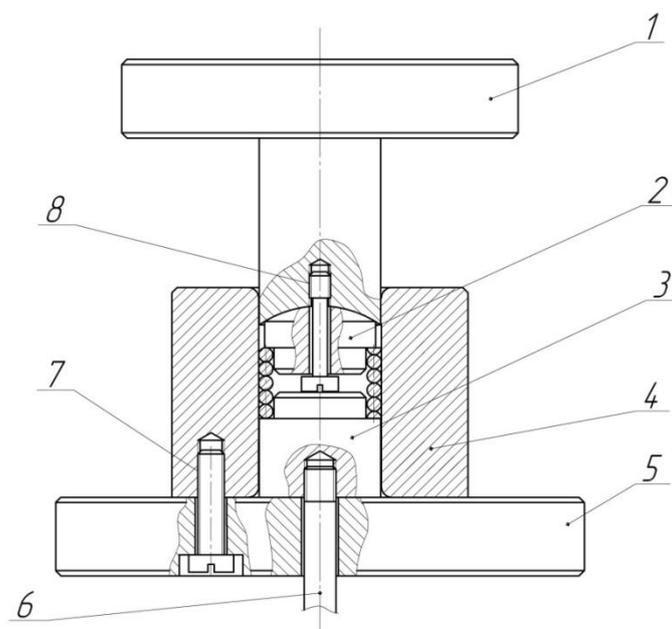


Рис.1. Схема устройства для упрочнения внутренней пружины клапана двигателя автомобилей семейства ВАЗ



Рис.2. Устройство для заневоливания внутренней пружины клапана двигателя автомобилей семейства ВАЗ

Работает устройство [6] следующим образом. Устройство устанавливают на неподвижный стол пресса, а пуансон 1 закрепляют к верхней подвижной плите пресса. В стакан 4 вставляют испытуемую пружину таким образом, чтобы торцы пружины контактировали с кольцевыми проточками или упорами торцов вкладышей 2 и 3. Затем пуансон 1 посредством движения пресса опускают, отчего пружина, сжимаясь, увеличивает свой наружный диаметр до тех пор, пока все её витки не придут в непрерывный контакт с внутренней поверхностью стакана 4. Благодаря контакту торцов пружины с кольцевыми проточками или упорами торцов вкладышей и контакту витков пружины с внутренней поверхностью стакана сжатая пружина займёт правильную геометрическую форму. Благодаря наличию шаровой поверхности на пуансоне 1 и верхнем вкладыше 2 усилие пресса равномерно распределится по диаметру сжатой пружины. После требуемой выдержки под нагрузкой величиной  $10...300F_z$  пуансон 1 с вкладышем 2 поднимают, освобождая пружину. Движением нижнего цилиндра пресса посредством штока 6 и нижнего вкладыша 3 пружину вытесняют из стакана 4, которую снимают или сталкивают с нижнего вкладыша 3 применяемыми при штамповке известными способами и устройствами и направляют на дальнейшую обработку.

Скругленный край упора вкладыша [5] не оставляет вмятин на первых рабочих витках пружины при пластическом упрочнении. Это исключает поломку первых витков пружин при эксплуатации и увеличивает их ресурс.

Известно, что [2] заневоливание является операцией как упрочнения, так и контроля качества изготовления пружин. Пружины, работающие с большими скоростями нагружения и с соударениями витков должны выдерживаться в сжатом состоянии до 48 часов и/или подвергаться контактному заневоливанию – сжатию до соприкосновения витков с приложением дополнительной осевой нагрузки  $(10...300)F_3$  ( $F_3$  – сила сжатия пружины до соприкосновения витков), время контактного заневоливания составляет 1,5...2 секунды. Обычное заневоливание или выдержку в сжатом состоянии до 48 часов для повышения производительности труда рекомендуется заменять контактными заневоливанием нагрузкой  $10F_3$ , время выдержки под нагрузкой 1,5...2 секунды.

Для испытания изготовленного устройства проведем заневоливание новых внутренних клапанных пружин двигателя автомобиля ВАЗ нагрузкой  $10F_3$ . Нагрузка, прикладываемая к пружине, при этом будет состоять из нагрузки контактного заневоливания и силы сжатия пружины до соприкосновения витков (310 Н) и будет равна 3410 Н.

По тарировочному графику, показанному на Рисунке 3, и уравнению полиномиальной регрессионной линии (1) [3] с достоверностью аппроксимации  $R^2 = 1$  установлена зависимость между показаниями индикатора динамометра и нагрузкой контактного заневоливания. Нагрузке 3410 Н соответствуют 1,81 мкм по шкале индикатора.

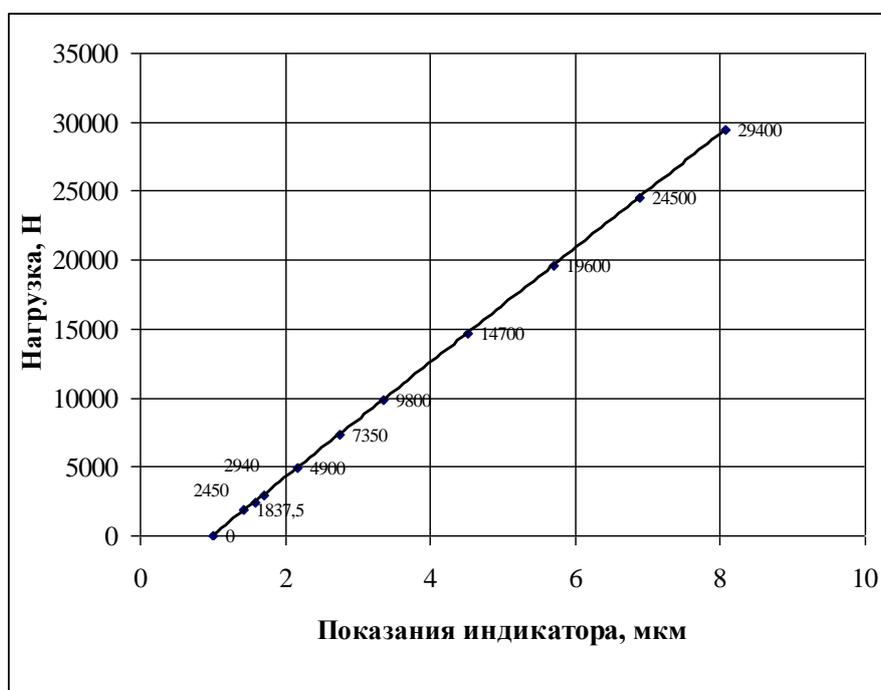


Рис.3. Тарировочный график зависимости нагрузки от показаний индикатора динамометра

$$y = 0,3409 \cdot x^3 - 6,5198 \cdot x^2 + 4193,3 \cdot x - 4174,2 \quad (1)$$

Последовательность испытания устройства.

1. Пружина установлена в устройство для заневоливания.
2. Устройство помещено между захватами разрывной машины Р-5. Между основанием устройства и нижним захватом машины установлен динамометр образцовый сжатия ДОСМ–3–3 (Рисунок 4).
3. Проведено контактное заневоливание пружины нагрузкой 3410 Н. Время выдержки 1,5...2 секунды.
4. Пружина извлечена из устройства.
5. Проведён замер геометрических параметров пружины. Результаты испытаний представлены в Табл.1.



Рис.4. Устройство с пружиной и динамометром между захватами разрывной машины

Таблица 1

Параметры пружины клапана до и после заневоливания

№ п/п	Параметры пружины до заневоливания		Параметры пружины после заневоливания	
	$L$ , мм	$\gamma$ , °	$L$ , мм	$\gamma$ , °
1	41,4	1°01'	41,4	1°01'
2	41,6	1°17'	41,6	1°17'
3	42,1	1°55'	42,1	1°52'
4	42,2	1°58'	42,2	1°52'
5	42,1	1°32'	42,1	1°32'
6	42,1	1°58'	42,1	1°53'
7	41,8	1°50'	41,8	1°50'
8	41,2	1°06'	41,2	1°06'
9	41,4	1°51'	41,4	1°51'
10	42,0	1°25'	42,0	1°25'

Примечание:  $L$  – свободная высота пружины, мм;  $\gamma$  – неперпендикулярность торца пружины к её оси в градусах.

Средняя высота пружины после заневоливания не изменилась и составляет 41,79 мм. Пружина имеет правильную геометрическую форму, искривления оси пружины не наблюдается. Неперпендикулярность торца к оси пружины после заневоливания не превышает допустимое значение  $\pm 3^\circ$ .

Вывод. Спроектировано и изготовлено новое устройство для упрочнения пружин. Проведены испытания устройства для заневоливания внутренних пружин клапана двигателей автомобиля семейства ВАЗ. Изготовленное устройство при заневоливании не допускает искривления оси и погрешностей диаметра пружин и рекомендуется к применению в массовом производстве.

#### Список литературы

1. Белков, Е.Г. Технология изготовления и упрочнения пружин: монография / Е.Г. Белков. – Челябинск : Издательский центр ЮурГУ, 2013. – 168 с.
2. Землянушнова, Н.Ю. Классификация и испытание пружин / Н.Ю. Землянушнова, Ю.М. Тебенко // Вестник машиностроения. 2002. № 5. С. 8-13.
3. Землянушнова, Н.Ю. Основы производства и ремонта транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования / Н.Ю. Землянушнова, А.Т. Лебедев, Р.В. Павлюк.- Ставрополь : АГРУС, 2013. – 108 с.
4. Землянушнова, Н.Ю. Повышение ресурса высоконагруженных пружин сжатия для высокоскоростных транспортных средств / Н.Ю. Землянушнова, А.А. Порохня, Н.А. Землянушнов // Оборонный комплекс - научно-техническому прогрессу России. 2015. № 2 (126). С. 36-39.

5. Пат. RU 2457917 C1, МПК В21F 35/00, F16F 1/06. Устройство для контактного заневоливания пружин / Тебенко Ю.М., Землянушнова Н.Ю., Землянушнов Н. А. – № 2011105212/02; заявлено 11.02.2011; опубл. 10.08.2012, Бюл. № 22. – 5 с.
6. Пат. RU 2481914 C1, МПК В21F 35/00, В26F1/06. Устройство для контактного заневоливания пружин / Тебенко Ю.М., Землянушнова Н.Ю., Землянушнов Н.А. – № 2012107298; заявлено 28.02.2012; опубл. 20.05.2013, Бюл. № 14. – 5 с.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИЗВЕСТНЫХ СПОСОБОВ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРУЖИН

<sup>1</sup>Землянушнов Н.А., <sup>1</sup>Землянушнова Н.Ю., <sup>2</sup>Белков Е.Г.

<sup>1</sup>ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», г.Ставрополь

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», г.Челябинск

Работоспособность и стабильные эксплуатационные характеристики большинства машин лимитируются ресурсом пружин [1]. Предприятия по изготовлению и ремонту техники испытывают потребность в разработке, а также внедрении технологий и оснастки по восстановлению, упрочнению, контролю качества винтовых цилиндрических пружин сжатия.

Известные способы [3, 4] и устройства [1] для восстановления пружин имеют следующие недостатки:

- невозможно восстанавливать пружины с нарушенным шагом витков;
- для исключения замеченного быстрого износа резьбы оправки при термообработке необходимо разделить оправку устройства для растяжения пружин на резьбовую и цилиндрическую части, выполняя при этом термообработку закреплённой на изготовленной отдельно цилиндрической части оправки пружины.

Для устранения указанных недостатков после растяжения нагретой пружины её витки фиксируют на оправке с заданным шагом и производят последующую термообработку. В соответствии с этим доработанные способы восстановления пружин описаны ниже.

Способ восстановления пружин из холоднодеформированной предварительно термически обработанной, обычно патентованной проволоки заключается в том [1], что пружину нагревают до температуры отпуска и в нагретом состоянии растягивают с шагом витков, превышающим шаг витков готовой пружины, фиксируют витки, производят отпуск неостывшей пружины и выдерживают на оправке до остывания. Производят дробемётный наклёп и прессовку пружины осевой нагрузкой, составляющей  $10...300F_3$ , где  $F_3$  – сила пружины при максимальной деформации, в том числе с предварительным обычным заневоливанием, и повторно прессовку нагрузкой, увеличенной пропорционально отношению требуемой осадки к осадке от приложения первой нагрузки. При этом нагрузки могут быть вибрационными. При достижении заданной высоты пружины повторная прессовка не обязательна. При необходимости перед термообработкой пружины правят.

Способ восстановления пружин из закаливаемой проволоки заключается в том [1], что перед растяжением пружину нагревают до температуры закалки, и в нагретом состоянии растягивают с шагом, превышающим шаг готовой пружины, фиксируют витки, непосредственно сразу производят термообработку неостывшей пружины, совмещая операции нагрева для растяжения и термообработки, производят дробемётный наклёп остывшей пружины, затем пластическое упрочнение её витков путём сжатия пружины осевой нагрузкой, составляющей  $(10...300)F_3$ , в том числе с предварительным обычным заневоливанием силой  $F_3$  (6...48 ч). Пластическое упрочнение витков пружины осуществляют путём приложения к ней первоначальной нагрузки, обеспечивающей минимально допустимую осадку, и последующего приложения повторной нагрузки, увеличенной пропорционально отношению требуемой осадки к осадке от приложения первой нагрузки. При этом нагрузки могут быть вибрационными. При достижении заданной высоты пружины повторная прессовка не обязательна. При необходимости перед термообработкой пружины правят.

Доработка устройства для растяжения пружин и расширение его технологических возможностей достигается за счёт наличия в устройстве новых элементов и их новой последовательности (Рисунки 1...3).

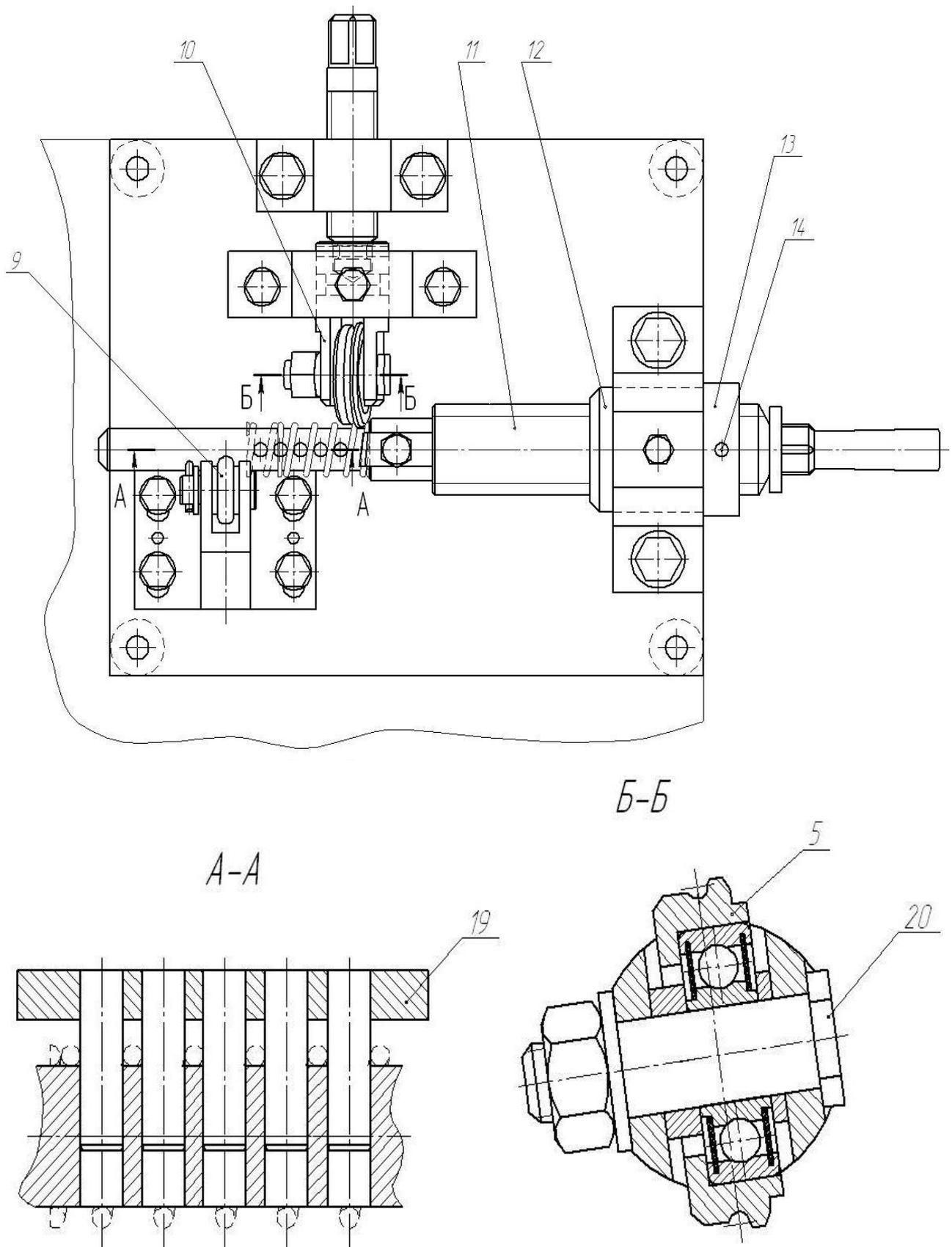


Рис.1. Вид в плане на устройство для растяжения пружин

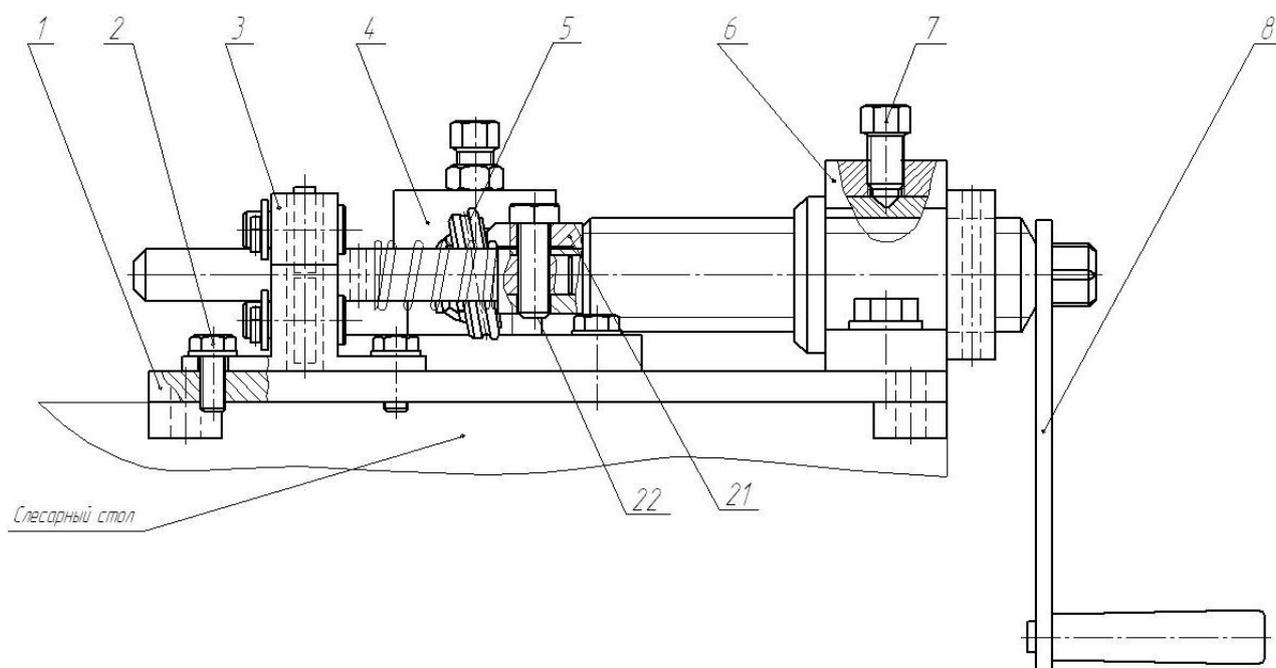


Рис.2. Вид спереди на устройство для растяжения пружин

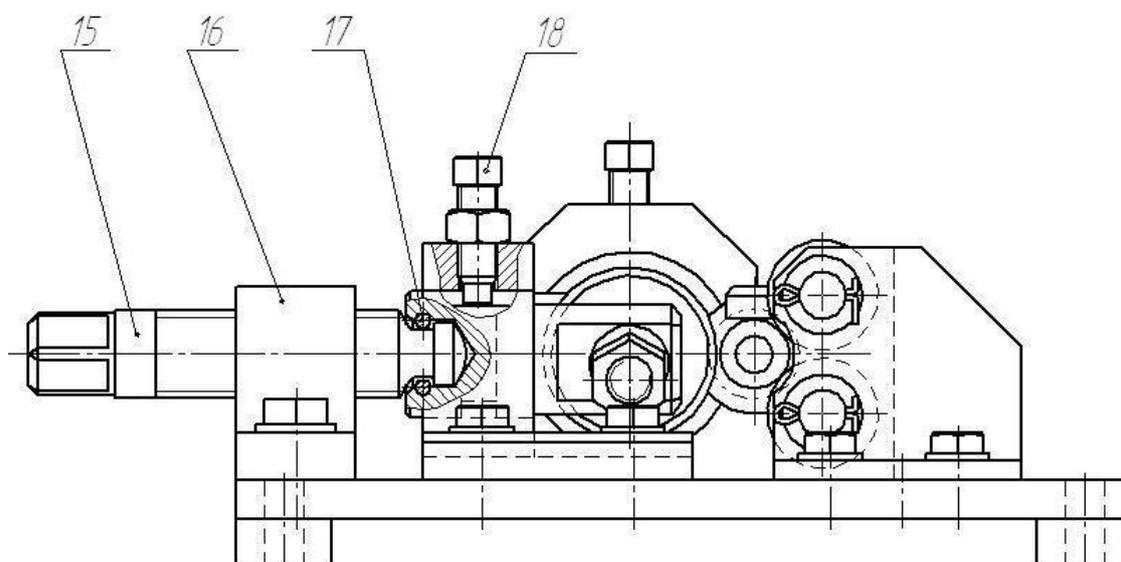


Рис.3. Вид сбоку на устройство для растяжения пружин

Устройство, содержащее размещённое на основании средство для растяжения пружины [5], содержит прикрепленные к основанию 1 болтами 2 люнет 3 со встроенными опорными роликами 9 для поддержки резьбовой оправки 11 с проточкой на конце по внутреннему диаметру растянутой пружины для её размещения, причём резьба равна шагу растянутой пружины, в резьбовую оправку 11 вставлены прижим 21 с отверстием под болт 22 для защемления первого витка растянутой пружины и закреплено штифтом 14 кольцо 13, головку 4 со встроенным роликом 5, по наружному диаметру которого выполнена проточка по радиусу витка растягиваемой пружины, стойку 6 для размещения резьбовой оправки 11, стойку 16 с резьбой для размещения винта нажимного 15, движение которого передаётся ролику 5 без препятствия его вращению, а вращение резьбовой оправки 11 для её перемещения относительно ролика 5 и растяжения пружины осуществляется в закреплённой винтом 7 к стойке 6 гайке 12 с соответствующей резьбовой оправкой 11 резьбой, причём гайка 12 совместно с резьбовой оправкой 11 имеет возможность свободно выниматься из устройства для размещения в стойке 6 аналогичным образом иной втулки с резьбовой оправкой для закрепления пружины с иными шагом и диаметром, с выполненными в основании люнета 3 овальными отверстиями для его перемещения и закрепления после упора опорных роликов 9 в оправку 11, а в головке 4 выполнено отверстие для размещения и перемещения в ней вилки 10 со свободно

вращающимся на оси 20 вилки 10 роликом 5 посредством воздействия нажимного винта 15 на запрессованные в вилку 10 штифты 17, причём плотность контакта ролика 5 с витком пружины обеспечивается соответствующими наклоном и диаметру витка пружины наклоном и ходом ролика 5, зависящими от наклона и длины паза в вилке 10 и от расположения контактирующей поверхности винта 18 в головке 4. При этом цилиндрическая часть оправки закреплена в отверстии резьбовой части болтом 22 для возможности её замены, и в которой выполнены отверстия между витков растянутой пружины для фиксации витков штырями 19. Штыри могут иметь общее основание и быть в виде гребёнки.

Работает устройство [5] следующим образом. Нагретую в печи до температуры отпуска или закалки или не нагретую пружину насаживают на вынутую из резьбовой части оправки 11 цилиндрическую часть, последнюю вставляют в отверстие резьбовой части оправки и закрепляют болтом 22 сквозь прижим 21, заземляя на оправку 11 первый рабочий виток пружины, осуществляя, таким образом, правильное расположение начала первого витка пружины относительно ролика 5. При этом конец оправки 11 опирается на ролики опорные 9 люнета 3, обеспечивая её жесткость, а ролик 5 отведён от неё. После этого вращением винта нажимного 15 съёмной рукояткой 8 прижимают через вилку 10 роликом 5 первый рабочий виток пружины к оправке 11, чем достигается плотный контакт ролика 5 с витком пружины. Затем вращают резьбовую оправку 11 в резьбе гайки 12 съёмной рукояткой 8 по ходу навивки пружины, осуществляя, таким образом, перемещение оправки 11 совместно с насаженной на неё пружиной относительно неподвижного ролика 5 вилки 10. При этом ролик 5, вращаясь по каждому рабочему витку перемещаемой с оправкой 11 пружины и оставаясь неподвижным, осуществляет, таким образом, растяжение пружины. Закрепляют последний виток штырём или все витки пружины штырями 19 [6], вставляя их в оправку 11. Затем обратным вращением нажимного винта 15 воздействуют тянущим усилием на запрессованные в вилку 10 штифты 17, отводя, таким образом, вилку 10 с роликом 5 от пружины, выкручивают болт 22 из резьбовой оправки 11 и вынимают цилиндрическую часть оправки с закреплённой на ней растянутой пружиной. После этого растянутую горячую или не нагретую пружину или снимают с цилиндрической части оправки 11, вынимая штыри 19, или закреплённую на цилиндрической части оправки 11 отправляют на термообработку. Нагрев пружины и термообработку (отпуск, или закаливание и отпуск) производят в среде защитного газа. После термообработки снятую с цилиндрической части оправки 11 пружину отправляют на дробеструйную обработку, нанесение защитного покрытия, испытание и установку в изделие или на консервацию.

Устройство пригодно для растягивания пружин с иными шагом витков или диаметром, для чего следует изготовить соответствующие гайку с кольцом и резьбовую и цилиндрическую части оправки, не изготавливая устройство вновь [1]. Резьбовая и цилиндрическая части оправки выполнены отдельно для возможности их замены, что позволит уменьшить количества оправок относительно количества пружин. Наличие на цилиндрической части оправки отверстий для размещения штырей между витками растянутой пружины позволяет сохранить или исправить шаг витков при термообработке. Устройство позволяет использовать методы и технологии высокотемпературной термомеханической обработки [2] при растяжении и термообработке пружин.

При совершенствовании способов и устройств для растяжения пружин исключены имеющиеся недостатки и достигнуты следующие результаты:

- возможно восстанавливать пружины с нарушенным шагом витков;
- для исключения износа резьбы оправка разделена на резьбовую и цилиндрическую части, а термообработка пружины выполняется на изготовленной отдельно цилиндрической части оправки.

#### Список литературы

1. Землянушнова, Н. Ю. Восстановление винтовых цилиндрических пружин сжатия. Монография / Н. Ю. Землянушнова, Ю. М. Тебенко., Н.А. Землянушнов. – Ставрополь : АГРУС, 2012. – 88 с.
2. Рахштадт, А. Г. Пружинные стали и сплавы. – 3-е изд. перераб. и доп. / А. Г. Рахштадт. – М.: Металлургия, 1982. — 400 с.
3. Пат. RU 2424330 C1, C21D 9/02, B21F 35/00, B23P 6/00 – Способ восстановления пружин / Тебенко Ю.М., Землянушнова Н.Ю., Землянушнов Н.А. № 2010124045/02; заявлено 11.06.2010; опубл. 20.07.2011. Бюл. № 20 – 6 с.
4. Пат. RU 2428272 C1, B21F 35/00 – Способ восстановления пружин / Тебенко Ю.М., Землянушнова Н.Ю., Фадеев В.В., Землянушнов Н.А. № 2010122778/02; заявлено 03.06.2010; опубл. 10.09.2011. Бюл. № 25 – 5 с.
5. Пат. RU 2447963 C1, B21F 35/00 – Устройство для растяжения пружин / Тебенко Ю.М., Землянушнова Н.Ю., Землянушнов Н.А. № 2010140929/02; заявлено 06.10.2010; опубл. 20.04.2012. Бюл. № 11 – 7 с.

6. Пат. RU 2459681 C1, B21F 35/00 – Устройство для растяжения пружин / Тебенко Ю.М., Землянушнова Н.Ю., Землянушнов Н.А. № 2011105479/02; заявлено 14.02.2011; опубл. 27.08.2012. Бюл. № 24 – 9 с.

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

**КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЕПЛОВЫХ РАСШИРЕНИЙ  
МНОГОЦИЛИНДРОВОЙ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО  
ПЕРЕКОСА НА ФЛАНЦАХ ЦИЛИНДРОВ**

**Мурманский Б.Е., Сосновский А.Ю., Целищев М.Ф., кандидаты техн. наук**

Уральский Федеральный университет – ЗАО «ИЦ «Уралтехэнерго», РФ, г.Екатеринбург

Одной из причин возникновения затруднённых тепловых перемещений выносных корпусов подшипников паровых турбин является разность температур фланца горизонтального разъёма цилиндра турбины слева и справа (температурный перекося). В результате неравномерного прогрева возникают различные тепловые деформации сторон цилиндра и одна сторона цилиндра становится длиннее другой. Это приводит к смещению относительно друг друга, в проекции на ось турбины, элементов поперечных шпоночных соединений с корпусом подшипников, выполненных на лапах цилиндра (поперечных пазов или выступов). Такое смещение приводит к несимметричной передаче осевого усилия на корпус подшипника. Несимметричность усилий создаёт крутящий момент, действующий на корпус подшипника в горизонтальной плоскости и который поворачивает его. Свободному повороту корпуса подшипника на фундаментной раме препятствуют направляющие («продольные шпонки»), жёстко закреплённые на фундаментной раме. В результате взаимодействия боковых поверхностей паза в подошве корпуса подшипника и направляющих, возникают сминающие силы в местах контакта и дополнительные силы трения, вызывающие дополнительную закрутку ригеля, которая приводит к расцентровке валопровода и увеличению вибрации опор валопровода [1, с. 549].

Для исследования взаимодействия элементов системы тепловых расширений при возникновении температурного перекося была разработана модель, для выполнения анализа методом конечных элементов.

В качестве объекта исследования, при построении модели, рассматривалась система, состоящая из двух цилиндров турбины (условно, цилиндра высокого и низкого давления) и двух корпусов подшипников. Схема модели представлена на Рисунке 1.

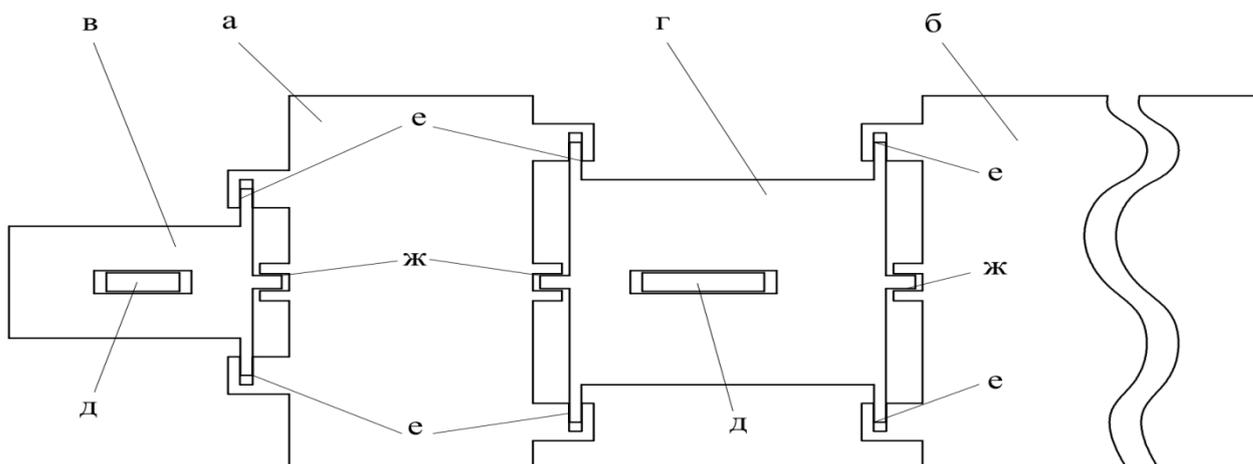


Рис.1. Расчётная геометрическая схема

а — цилиндр 1(высокого давления); б — цилиндр 2 (низкого давления); в — корпус переднего подшипника (КП1);

г - корпус среднего подшипника (КП2); д — продольные шпонки; е — поперечные шпонки; ж — вертикальные шпонки.

Части модели взаимодействуют друг с другом при помощи сочленений, имитирующих поперечные и вертикальные шпонки. Основные геометрические размеры всех частей были приняты близкими к габаритам ЦВД и ЦСД турбин типа Т-100/120-130 производства ПО ТМЗ. Во всех элементах сочленения зазоры были приняты равными 0,05 мм [2, с. 152]

Разбиение предложенной модели на конечные элементы представлено на Рисунке 2

Рассматривалась плоская расчётная модель. Для моделирования реальных упругих характеристик корпусов подшипников, свойства их материала были подобраны так, чтобы жёсткость сочленения «цилиндр — корпус подшипника» («поперечной шпонки») соответствовала ранее полученным экспериментальным данным. Цилиндры и продольные шпонки принимались абсолютно жёсткими. Цилиндры и корпуса подшипников могут свободно перемещаться в горизонтальной плоскости, весовая нагрузка отсутствует. Продольные шпонки жёстко зафиксированы на плоскости. Для упрощения модели продольные шпонки под выносными корпусами подшипников были заданы не разбитыми на две части, как это имеет место в реальности, а цельными. Также жёстко зафиксирована сторона цилиндра 2 со стороны генератора, моделируя фикс-пункт турбины.

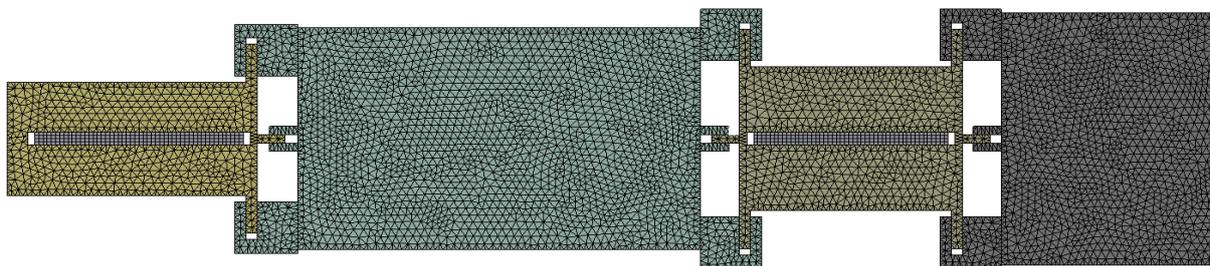


Рис.2. Разбиение модели на элементы

В качестве нагрузки, действующей на систему, была задана неравномерная температура поперёк оси цилиндра 1, которая приводила к его неравномерным тепловым деформациям. Температура линейно менялась от одной стороны цилиндра к другой. Моделировались температурные деформации системы при постепенном увеличении градиента температуры от 0 до 50 градусов. Большая температура задавалась с правой стороны

цилиндра 1, если смотреть со стороны корпуса переднего подшипника. Первоначальное взаимное положение цилиндров и корпусов подшипников было принято аналогичным положению, возникающему при равномерном прогреве цилиндров, т.е. зазоры в поперечных шпонках со стороны цилиндров отсутствуют.

Целью исследования было решение контактной задачи для определения очерёдности и условий начала контактов в сочленениях, а также усилий возникающих на продольных шпонках при температурном перекосе первого цилиндра.

В результате моделирования установлено, что контакты между частями модели изменялись в порядке, приведённом на Рисунке 3.

В Табл.1 представлены значения температурного перекоса, при котором возникал или исчезал контакт в элементах шпоночных соединений

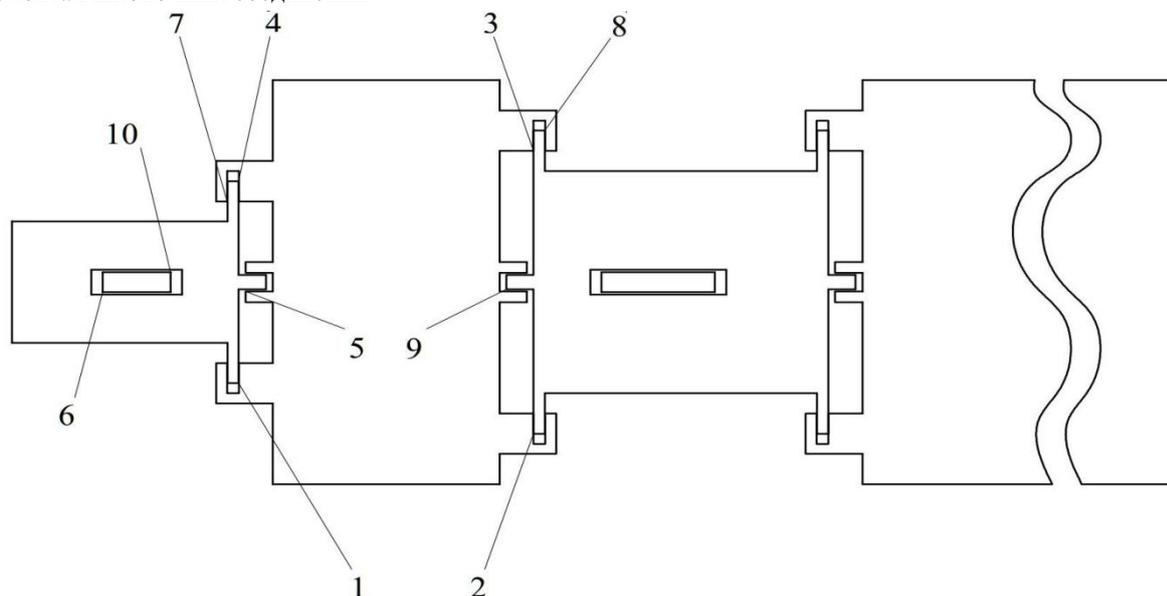


Рис.3. Точки касания в шпоночных соединениях.

Таблица 1

Порядок изменения точек контакта в шпоночных соединениях

№ точки	Температурный перекося, град С	Примечание
1	0	Постоянный контакт
2	0	Постоянный контакт
3	>0	Контакт исчезает сразу при появлении перекося
4	≤ 1,1	Контакт исчезает при увеличении температурного перекося
5	1,1	
6	2,5	
7	3,3	
8	4,6	
9	7,1	В диапазоне от 7,1 до 8,7 происходит смена касания
10	9,5	

В ходе моделирования установлено, что контакты в точках 1 и 2 присутствуют постоянно. Сразу после появления температурного перекося исчезает контакт в точке 3. При величине температурного перекося в 1,1 градуса возникает контакт на вертикальной шпонке между первым цилиндром и корпусом переднего подшипника и исчезает контакт на левой поперечной шпонке со стороны цилиндра. Первый контакт на

продольных шпонках возникает при температурном перекосе в 2,5 градуса. Наблюдается одностороннее касание в точке 6. При увеличении величины температурного перекоса до 3,3 градуса вновь появляется контакт на левой поперечной шпонке, но уже с противоположной стороны. При величине температурного перекоса 4,6 градуса появляется контакт в точке 8, на левой задней поперечной шпонке. Двусторонний контакт на продольной шпонке под передним корпусом подшипника возникает при величине перекоса в 9,5 градуса, т.е. можно утверждать, что значимых дополнительных сил трения на корпусе переднего подшипника при величине температурного перекоса до 10 градусов не возникает.

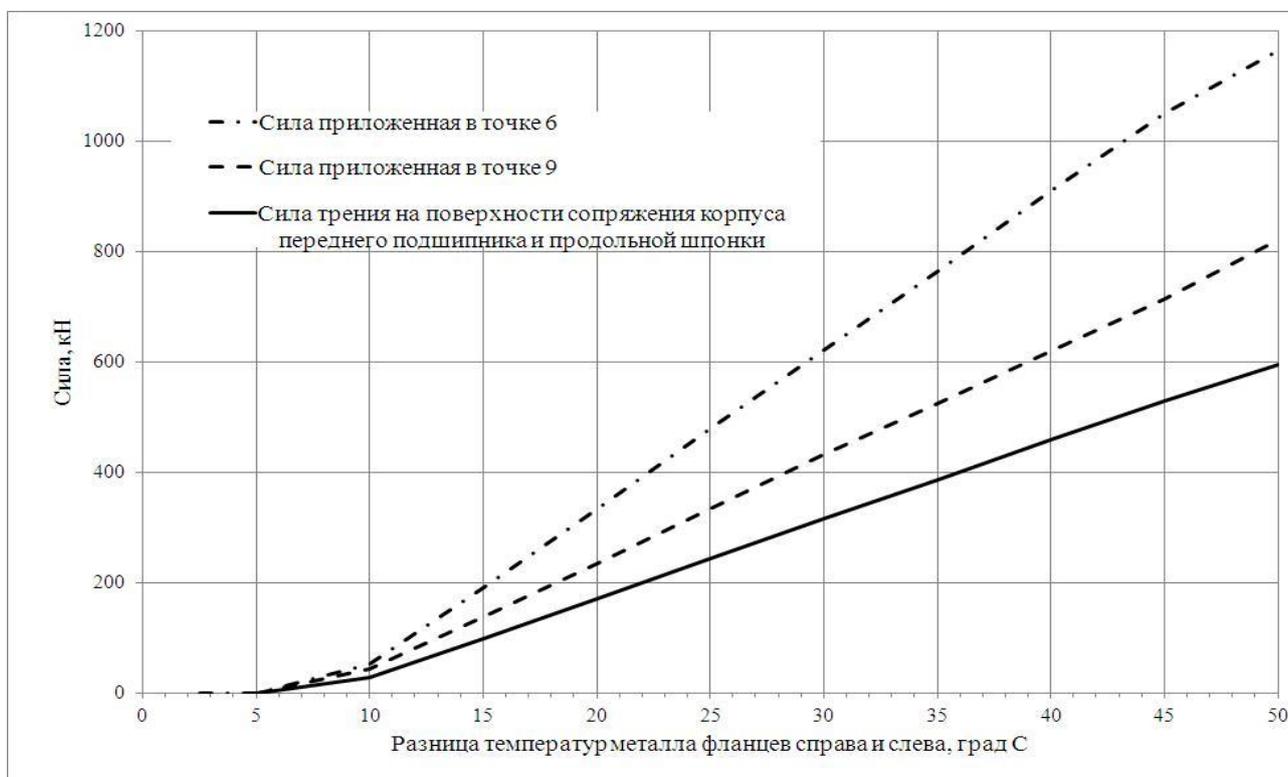


Рис.4. Силы, приложенные к продольной шпонке переднего корпуса подшипника

Предложенная модель позволила определить силы, действующие на продольные шпонки со стороны корпуса подшипника при различных значениях температурного перекоса, а также суммарную силу трения, возникающую на поверхностях сопряжения корпуса подшипников и продольных шпонок с увеличением температурного перекоса. Сила трения на этих поверхностях определялась как сумма значений сил, действующих на продольную шпонку со стороны корпуса подшипника, умноженная на коэффициент трения, величина которого принята равной 0,3. Диаграмма изменения вышеупомянутых сил в зависимости от величины температурного перекоса представлена на Рисунке 4.

Анализ полученных результатов показал, что при температурном перекосе 10 градусов дополнительная, не учтённая при проектировании фундамента, сила трения, действующая на продольную шпонку, составляет около 28,7 кН (2 927 кгс). При величине перекоса в 20 градусов сила трения составляет 170 кН (17 335 кгс), что сопоставимо с расчётной горизонтальной нагрузкой 23 тонны на фундаментную раму под корпусом переднего подшипника, указанной заводом-изготовителем в задании на фундамент. После установления контакта в точках касания сила трения растёт прямо пропорционально величине температурной неравномерности (перекоса).

Представленная модель позволяет при возникновении температурного перекоса на фланцах цилиндров, в зависимости от геометрических размеров цилиндров и величин зазоров в сопряжениях системы тепловых расширений, получать следующие результаты:

1. Определять моменты и места начала контактного взаимодействия элементов системы тепловых расширений паровой турбины.

2. Оценить величину дополнительных нерасчётных сил трения возникающих между фундаментной рамой и корпусом подшипников при возникновении температурного перекося на фланцах цилиндров.

В рамках исследовательской работы составлена программа и разработана методика, позволяющая в короткие сроки подготовить расчётную модель для других паровых турбин.

#### **Список литературы**

1. Трухний А.Д. Стационарные паровые турбины. М: Энергоатомиздат, 1990.
2. Е.И. Бененсон, Л.С. Иоффе; Под ред. Д.П. Бузина. Теплофикационные паровые турбины. –М.: Энергоатомиздат, 1986 г.

#### **СЕКЦИЯ №6.**

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

#### **СЕКЦИЯ №7.**

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

#### **СЕКЦИЯ №8.**

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

#### **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА**

**Луковенко А.С.**

Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал ИрГУПС, РФ, г.Красноярск

В соответствии с Правилами устройства электроустановок [1] все электроприемники по надежности электроснабжения подразделяются на три категории:

1. К I категории относят электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный материальный ущерб, повреждение дорогостоящего оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства.

2. Во II категорию входят электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

3. К III категории относят все остальные электроприемники, не подходящие под определения I и II категорий. Надежность электроснабжения определяется числом независимых источников питания и схемой электроснабжения потребителей, поэтому обеспечение надежности электроснабжения, как правило, связано с дополнительными экономическими затратами.

В настоящее время около 75% основного электротехнического оборудования трансформаторных подстанций выработали свой нормативный срок и около 50% основного оборудования трансформаторных подстанций выработали двойной нормативный срок, что предопределяет актуальность тематики исследований.

Обеспечение надежной работы электрооборудования является одной из главных задач на предприятиях энергетики. Основным методом анализа надежности оборудования является анализ видов, последствий и критичности отказов оборудования [2].

Согласно [3], наиболее повреждаемыми частями силовых трансформаторов являются: обмотка - 52%; вводы - 27%. Процент повреждения обмоток трансформатора распределяется по ее элементам следующим образом: главная изоляция – 12%, витковые и межкатушечные замыкания – 28%, термические и динамические воздействия – 12%, прочие повреждения – 48%.

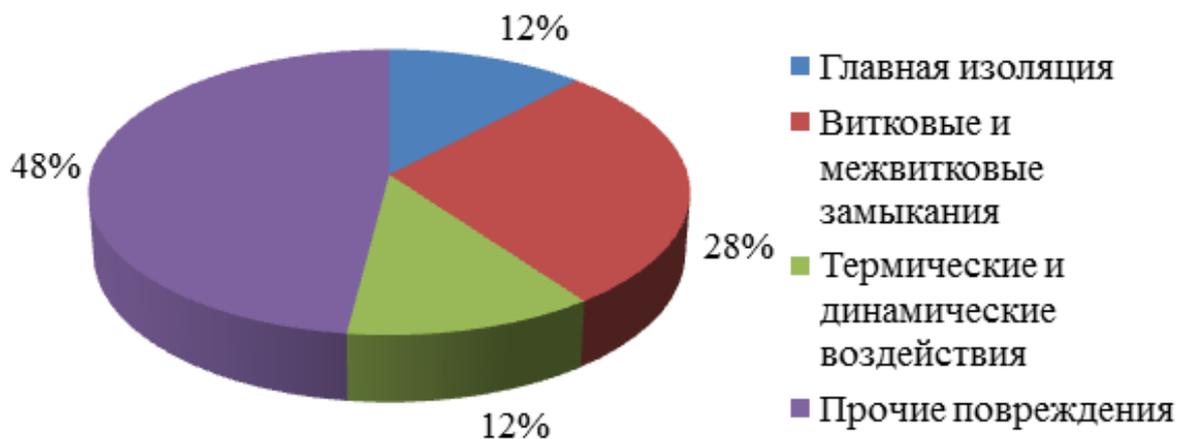


Рис.1. Процент повреждаемости обмоток

Одним из существенных факторов снижения ресурса трансформатора является термический износ его изоляции. Согласно закону Аррениуса [4], срок службы изоляции подчиняется экспоненциальному закону:

$$A = e^{(\alpha + \frac{\beta}{T})}, \quad (1)$$

где  $\alpha, \beta$  – постоянные,  $T$  – абсолютная температура.

Согласно, метода теории вероятности и математической статистики определяются такие показатели теории надежности как:

1) Интенсивность отказов  $\lambda(t)$  – представляет собой условную плотность вероятности возникновения отказа для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента отказ не возник.

$$\lambda(t) = \frac{1}{P(t)} \cdot \frac{dQ(t)}{dt} = \frac{n(t)}{[N_0 - n(t)] \cdot t}, \quad (2)$$

Физический смысл плотности вероятности отказа – это количество отказов элемента на протяжении какого-либо достаточно малого интервала времени. Единица измерения – 1/год или год<sup>-1</sup>.

2) Средняя наработка до отказа ( $T_0$ ) - среднее время работы элемента от периода пуска в эксплуатацию до отказа.

$$T_0 = \frac{\sum_{i=1}^N t_{p,i}}{N} = \frac{1}{\lambda}. \quad (3)$$

где  $N$  – число испытываемых образцов;

$t_{p,i}$  – срок службы (наработка)  $i$ -го образца.

В качестве вынужденного простоя рассматривается время, необходимое для обнаружения и устранения отказов и пуска системы в работу, а также время простоя из-за отсутствия запасных частей и время профилактических работ. При этом не учитывается время простоев на проведение плановых ремонтов и технического обслуживания.

3) Коэффициент готовности - вероятность того, что система будет работоспособна в произвольно выбранный момент времени.

$$k_r = \frac{T_o}{T_o + T_B} \quad (4)$$

Коэффициент готовности является важным показателем надежности систем электроснабжения, так как характеризует не только их эксплуатационные свойства, но и квалификацию обслуживающего персонала.

4) Коэффициент вынужденного простоя определяет вероятность того, что система в данный момент неработоспособна.

Статистически он определяется, как отношение времени вынужденного простоя к общему времени безотказной работы и вынужденных простоев системы, взятых за один и тот же календарный срок:

$$k_{II} = \frac{t_{II}}{t_p + t_{II}} = \frac{\sum_{i=1}^r t_{IIi}}{\sum_{i=1}^r t_{Pi} + \sum_{i=1}^r t_{IIi}} = 1 - k_r. \quad (5)$$

где  $t_p$  – время пребывания системы в работоспособном состоянии;

$t_{II}$  – время вынужденного простоя;

$r$  – число перерывов в работе за выбранный календарный срок, включая отказы и остановки для проведения профилактики [5].

Согласно приведенным формулам определить коэффициент готовности и коэффициент простоя для трансформатора с ВН 110 кВ, для которого интенсивность отказов  $\lambda = 0,05 \text{ год}^{-1}$ , а время восстановления ТВ = 45 ч.

По формуле (3) определим

$$T_0 = \frac{1}{0,05} = 20 \text{ лет} \approx 175200 \text{ ч.}$$

Коэффициент готовности рассчитывается по выражению (4)

$$k_r = \frac{175200}{175200 + 45} = 0,9997$$

Коэффициент простоя по формуле (5)

$$k_{II} = 1 - 0,9997 = 0,0002.$$

Из полученных данных следует, что при предельных нагрузках силовых трансформаторов является необходимым определить перспективное состояние элементов трансформатора и рекомендуемые режимы работы для их нормального функционирования.

#### Список литературы

1. Правила устройства электроустановок. – М.: Главгосэнергонадзор РФ, 2000
2. Христинич Р.М., Луковенко А.С. Анализ надежности трансформаторных подстанций 110 кВ с большим сроком. // 120 лет железнодорожному образованию в Сибири / Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: В 1 т. / Отв. ред. Мороз Ж.М. Красноярск: Изд-во «Касс», 2014. 573 с.
3. Христинич, Р.М. Прогнозирование надежности и режимов работы тяговых трансформаторов в условиях предельной нагрузки / Р.М. Христинич, А.С. Луковенко // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – Иркутск, 2015. - №2. – С. 130-136.
4. Гук, Ю.Б. Теория надежности в электроэнергетике / Ю. Б. Гук – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 208с.
5. Шеметов, А.Н. Надежность электроснабжения: учебное пособие для студентов специальности «Электроснабжение». – Магнитогорск, 2006. – 141с.

## ПОВЫШЕНИЕ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ СВОЙСТВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Поликутина Е.С.

ДальГАУ, РФ, г. Благовещенск

В последние годы для повышения эффективности использования энергетических средств применяются многофункциональные машины обладающие большей производительностью. Это позволяет повысить эффективность использования энергетических средств и снизить техногенное воздействие на почву за счет снижения числа проходов. В то же время использование многофункциональных машин предусматривает применение тракторов с высокими тягово-сцепными свойствами. В Амурской области наибольший процент приходится на колесные тракторы класса 1,4. Обладая рядом преимуществ, данные тракторы, особенно с колесной формулой 4х2, имеют недостаточные тягово-сцепные свойства, на почвах с низкой несущей способностью, что является характерным для Амурской области в период проведения основных сельскохозяйственных работ. Кроме этого, используемые многофункциональные машины имеют большую массу по сравнению с обычными, что не позволяет их использование из-за недостаточной продольной устойчивости

ряда колесных тракторов во время технологических поворотов и на переездах. Для устранения этого недостатка применяют дополнительное балластирование, за счет установки грузов на переднюю часть трактора. Увеличение, таким образом, веса приходящегося на передние колеса вызывает дополнительное техногенное воздействие на почву. Для устранения этого недостатка предлагается установить дополнительное устройство пружинно-разгрузочный механизм (ПРМ) позволяющий менять сцепной вес приходящейся на задние колеса в рабочем и транспортном положении.

Как показали проведенные исследования, на тягово-сцепные свойства любого энергетического большое влияние оказывает его сцепной вес. Особенно это влияние сказывается для тракторов с колесной формулой 4x2, где в реализации сцепных свойств участвует не весь вес трактора, а только его часть, приходящаяся на задние ведущие колеса. Поэтому возникает необходимость в процессе эксплуатации данный вес корректировать в зависимости от возникающей необходимости. Кроме этого для стабилизации продольной устойчивости возникает потребность иногда в процессе переездов с навесной сельскохозяйственной машиной или при выполнении погрузо-разгрузочных работ наоборот часть сцепного веса передавать на передний не ведущий мост. Тяговое усилие колесного движителя зависит от нормальной нагрузки, приходящейся на ведущие колеса. С увеличением веса, приходящегося на ведущие колеса, возрастает и тяговое усилие трактора. Для объективной оценки преобразования веса трактора в его тяговое усилие применяют коэффициент использования веса, который показывает, что чем большее усилие развивает энергетическое средство при заданном сцепном весе, тем выше его тягово-сцепные свойства. В то же время этот коэффициент наиболее полно отражает тягово-сцепные свойства только полноприводных колесных и гусеничных мобильных машин.

Для колесных тракторов с формулой 4x2 увеличить вес, приходящийся на ведущие колеса трактора, можно за счет его перераспределения между мостами. Это можно достичь за счет создания дополнительной нагрузки на ведущие колеса трактора путем постановки пружинно-разгрузочного механизма ПРМ (Рисунок 1). Соединяя ПРМ с гидравликой трактора, можно искусственно менять нагрузку на ведущие колеса.

С этой целью были проведены экспериментальные исследования по определению влияния ПРМ на перераспределение сцепного веса.



Рис.1. Трактор класса 1,4 с ПРМ

В результате проведенных исследований (Рисунок 2) установлено, что при работе пружинно-разгрузочного механизма в зависимости от направления действия дополнительного усилия создаваемого вспомогательным гидроцилиндром происходит перераспределение сцепного веса между мостами трактора.

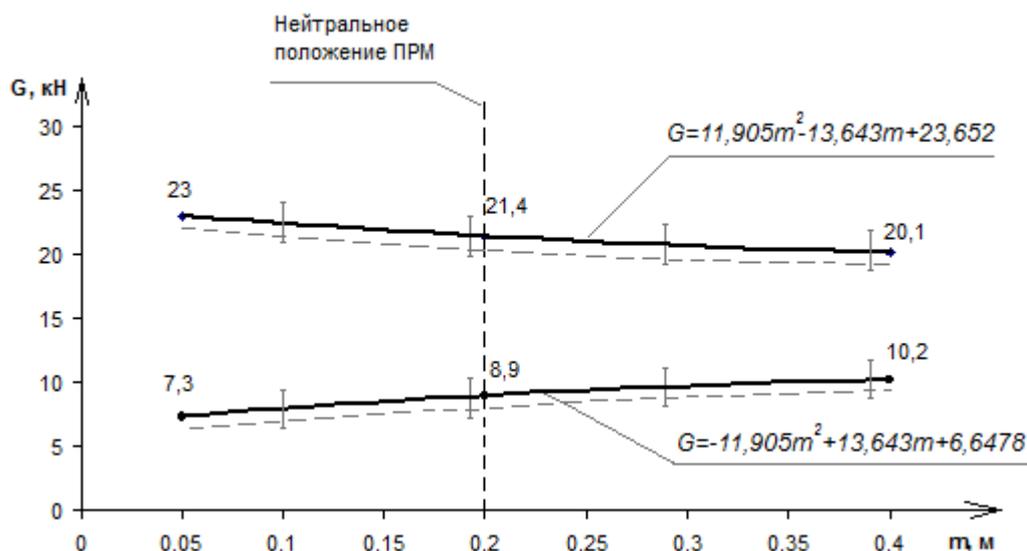


Рис.2. Перераспределение сцепного веса по мостам трактор при работе ПРМ

- - теоретические исследования;
- -- экспериментальные исследования.

Так, при выдвигании штока гидроцилиндра происходит разгрузка ведущего заднего моста трактора с 21,4 кН до 20,1кН, то есть происходит снижение веса на 1,3 кН, и увеличение веса приходящегося на передний управляемый мост. Это в конечном итоге позволят повысить поперечную устойчивость при транспортном положении сельскохозяйственной машины во время выполнении технологических разворотов и переездов.

При обратном движении штока гидроцилиндра происходит наоборот увеличение сцепного веса трактора с 21,4 кН до 23,0кН. При работе ПРМ одновременно с разгрузкой одного из мостов происходит догрузка другого, что позволяет в конечном итоге не только повышать тягово-сцепные свойства, но и продольную устойчивость трактора. Разница теоретических и экспериментальных исследований находится в пределах доверительного интервала, что говорит о достоверности проведенных исследований.

При оценке тягово-сцепных свойств чаще всего используется коэффициент сцепления  $\varphi_{тр}$  [1]

$$\varphi_{тр} = \frac{P_{кр}}{Y_{к}}. \quad (4.1)$$

Анализ формулы (1) показывает, что величина коэффициента сцепления во многом зависит от веса, приходящегося на ведущие колеса ( $Y_{к}$ ). С увеличением сцепного веса данный коэффициент снижается, что влечет за собой снижение величины буксования, а следовательно, повышает тягово-сцепные свойства мобильного энергетического средства.

Влияние пружинно-разгрузочного механизма на коэффициент использования сцепного веса приведено на Рисунке 3 .

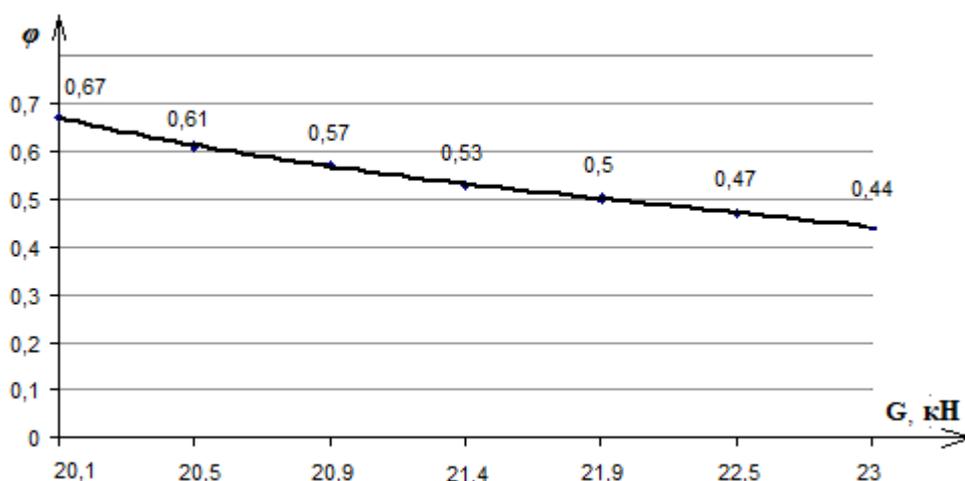


Рис.3. Влияние ПРМ на коэффициент использования сцепного веса

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать следующий вывод, что за счет применения ПРМ, коэффициент использования сцепного веса снижается. При увеличении сцепного веса с 20,1кН до23,0 кН коэффициент использования сцепного веса снизился с 0,67 до0,44.

#### Список литературы

1. Скотников В.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / В.А. Скотников, А.А. Мащенко, А.С. Солонский. – М.: Агропромиздат, 1986. – 383 с.

## СЕКЦИЯ №9.

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

#### МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ (ПАРКА) ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Проф., д.т.н. Мышкин Л.В., Беляев С.И.

НТИМИ, РФ, г.Москва

Система (парк) летательных аппаратов (СЛА) – это совокупность летательных аппаратов (ЛА) с соответствующими средствами внебортового обеспечения полетов. Облик СЛА характеризуется числом вариантов ЛА<sub>i</sub> n, числом ЛА<sub>i</sub> i-го варианта  $x_i(t)$ ,  $i = \overline{1, n}$ , критериями боевой и экономической эффективности, зависящими от тактико-технических параметров ЛА.

Развитие СЛА состоит в создании и внедрении новых ЛА, изменении их числа и числа серийных ЛА. Прогноз развития СЛА на будущем отрезке времени  $0 \leq t \leq T$  характеризуется векторной функцией  $x(t) = \{x_i(t)\}$ .

Оптимальная траектория развития СЛА  $x_{opt}(t)$  находится интегрированием системы дифференциальных уравнений при оптимальных управлениях  $u_i(t)$ , определяемых решением вариационной задачи методом Понтрягина [1]:

$$\frac{dx_i}{dt} = q_i(x, t)u_i(t) - \omega_i(t)x_i(t) = Q_i(x, u_i) \quad (1)$$

$$i=1, 2, \dots, n$$

с ограничениями на управления  $u_i(t)$ , представляющие собой долю ассигнований, выделяемую в момент  $t$  на производство  $i$ -го ЛА<sub>i</sub>:

$$0 \leq u_i(t) \leq 1, \quad \sum_{i=1}^n u_i(t) = 1$$

и начальными условиями:

при  $t=0$   $x_i = x_i^0(0)$   $i=1, 2, \dots, n^0$ ;  $n^0$  – количество вариантов серийных ЛА<sub>*i*</sub>;

при  $t = t_{разр}$  (время окончания разработки ЛА<sub>*i*</sub>)  $x_i = x_i(t_{разр}) = 0$ ,  $i = n^0+1, n^0+2, \dots, n$ ;  $(n-n^0)$  – количество вариантов новых ЛА<sub>*i*</sub>.

В уравнениях:

$$q_i = \frac{f(t) - \sum_{i=1}^n C_{0i}^э(x_i t) x_i(t)}{C_i(x_i t)},$$

где  $f(t) = \frac{dC^c(t)}{dt}$  – интенсивность интегральных ассигнований  $C^c(t)$  на развитие СЛА;

$C_i$  – стоимость создания (разработки и серийного производства) ЛА<sub>*i*</sub>;

$C_{0i}^э = C_i^э - \alpha C_i^П \omega_i^П$ ;  $C_i^э$ ,  $C_i^П$  и  $\omega_i^П$  – стоимость эксплуатации в единицу времени, продажи и интенсивность продажи ЛА<sub>*i*</sub> за рубеж,  $\alpha$  – доля дохода на развитие СЛА;

$\omega_i = \omega_i^П + \omega_i^Г$  – суммарная интенсивность отходов ЛА<sub>*i*</sub> из-за продажи  $\omega_i^П$  и гибели  $\omega_i^Г$ .

Оптимальное управление имеет вид

$$u_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } \varepsilon_i = \max \\ 0, & \text{если } \varepsilon_i \neq \max \end{cases} \quad \text{для } 0 \leq t \leq T,$$

$$\text{где } \varepsilon_i = \frac{\tilde{\mathcal{E}}_i}{C_i(t)} + \frac{\varphi_i(t)}{C_i(t)} \quad (2)$$

– коэффициент значимости  $i$ -го ЛА<sub>*i*</sub>.

Через  $\tilde{\mathcal{E}}_i$  обозначена частная производная критерия боевой эффективности системы  $\mathcal{E}^c(\{x_i\}, \{\mathcal{E}_i\})$  по  $x_i$ :

$$\tilde{\mathcal{E}}_i = \frac{\partial \mathcal{E}^c}{\partial x_i}.$$

Функции  $\varphi_i(t)$  определяются интегрированием сопряженной системы уравнений:

$$\frac{d\varphi_i}{dt} = -\frac{\partial Q_0}{\partial x_i} - \sum_{i=1}^n \frac{\partial Q_i}{\partial x_i} \varphi_i, \quad i = \overline{1, n} \quad (3)$$

с условиями: при  $t=T$   $\varphi_1(T) = \varphi_2(T) = \dots = \varphi_n(T) = 0$ .

$$\text{В уравнениях } Q_0 = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\partial \mathcal{E}^c}{\partial x_i} (q_i u_i - \omega_i x_i) + \frac{\partial \mathcal{E}^c}{\partial \mathcal{E}_i} \frac{d\mathcal{E}_i}{dt} \right].$$

Формулы (1) – (3) – это фрагменты методологии прогнозирования динамики оптимального развития боевых транспортных и комбинированных систем ЛА, приведенной в книге [1]. Иллюстрированные расчеты были проведены по рабочим формулам, построенным на основе методологических положений для систем ЛА с постоянными параметрами. Цель этой статьи состоит в том, чтобы показать технологию формирования рабочих формул прогнозирования оптимального развития СЛА с переменными параметрами и провести иллюстративные расчеты.

Параметры системы  $\Pi = (f, C_i, C_i^э, C_i^П, \omega_i, \tilde{\mathcal{E}}_i)$  зависят от будущего времени, а некоторые из них и от количества ЛА<sub>*i*</sub>  $x_i$  (определение этих зависимостей – это самостоятельная и сложная задача). Зависимость

параметров от  $x_i$  обуславливает решение системы уравнений (1), (2) и (3) методом последовательных приближений. Сначала решается задача при постоянных по  $x_i$  параметрах  $\Pi_1=const$ . Это позволяет проинтегрировать систему уравнений (3) справа налево, определить функции  $\varphi_i(t)$ , коэффициенты значимости  $\varepsilon_i(\varphi_i)$  и управления  $u_i(\varepsilon_i)$  и затем интегрированием уравнений (1) слева направо определить  $x_i(t)$ , уточнить значения параметров  $\Pi_2(x_2(t))$  и повторить процедуру решения. Качественные результаты решения задачи оптимального формирования системы тремя вариантами ЛА: ЛА<sub>1</sub>, ЛА<sub>2</sub>, ЛА<sub>3</sub> показаны на Рисунке 1. Решение задачи упрощается, если выбрать некоторые средние по  $x_i$  значения параметров и полагать их зависящими только от времени:  $\Pi(t)$ . В этом случае задача решается без всяких приближений: интегрированием уравнений (3) определяются  $\varphi_i(t)$ , затем  $\varepsilon_i$  и оптимальные управления  $u_i(t)$  и далее интегрированием уравнений (1) оптимальная траектория развития СЛА  $x_i(t)$ ,  $i = \overline{1, n}$ .

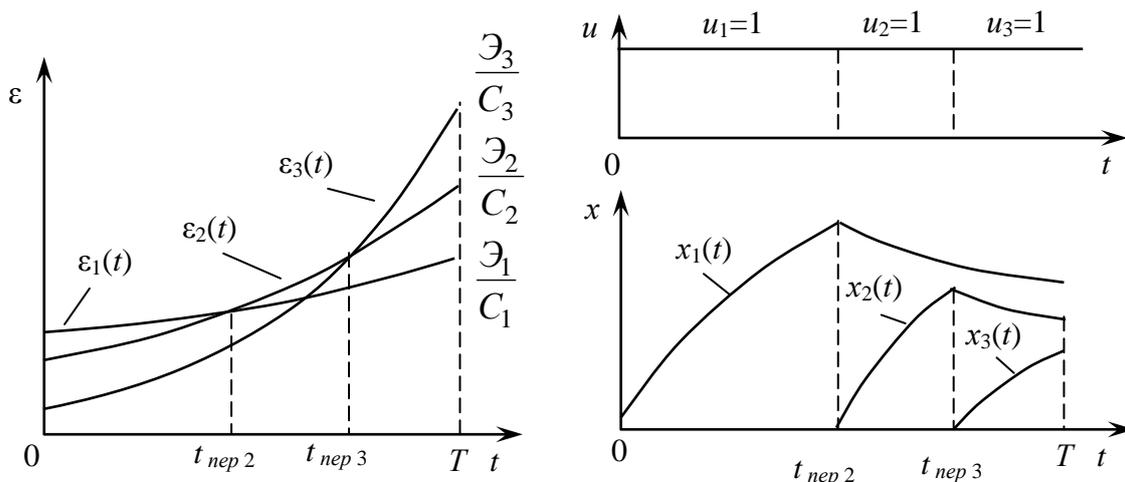


Рис.1.

Рассмотрим решение задачи для этого случая, считая, что боевая СЛА может быть сформирована из двух ЛА: серийного ЛА<sub>1</sub> (например, истребителя типа Су-35) и перспективного ЛА<sub>2</sub> (например, многофункционального истребителя со сверхзвуковой крейсерской скоростью полета). Полагаем также, что  $\mathcal{E}^c = \mathcal{E}_1 x_1 + \mathcal{E}_2 x_2$ ,  $\mathcal{E}_i=const$

и значит  $\tilde{\mathcal{E}}_i = \frac{\partial \mathcal{E}^c}{\partial x_i} = \mathcal{E}_i$ .

Последовательное формирование СЛА двумя ЛА: ЛА<sub>1</sub> и ЛА<sub>2</sub> рационально, если коэффициент значимости ЛА<sub>1</sub>  $\varepsilon_1(t)$  на отрезке  $0 \leq t < t_{nep}$  больше коэффициента значимости ЛА<sub>2</sub>  $\varepsilon_2(t)$ :  $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ , а на отрезке  $t_{nep} \leq t \leq T$   $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$  в частности при  $t=T$   $\varepsilon_2 = \frac{\mathcal{E}_2}{C_2} > \varepsilon_1 = \frac{\mathcal{E}_1}{C_1}$ , т.к.  $\varphi_2(T)=\varphi_1(T)=0$ . в этом случае управляющие

функции  $u_1(t)$  и  $u_2(t)$ , характеризующие долю ассигнований, выделяемую в момент  $t$  на производство  $i$ -го ЛА <sub>$i$</sub> , имеют вид:

$$u_1(t)=1, u_2(t)=0 \text{ при } 0 \leq t \leq t_{nep}$$

$$u_1(t)=0, u_2(t)=1 \text{ при } t_{nep} \leq t \leq T.$$

Время перехода  $t_{nep}$  с производства ЛА<sub>1</sub> на производство ЛА<sub>2</sub> определяется из равенства коэффициентов значимости

$$\varepsilon_1 = \frac{\mathcal{E}_1}{C_1(t_{nep})} + \frac{\varphi_1(t_{nep})}{C_1(t_{nep})} = \varepsilon_2 = \frac{\mathcal{E}_2}{C_2(t_{nep})} + \frac{\varphi_2(t_{nep})}{C_2(t_{nep})}. \quad (4)$$

Функции  $\varphi_1(T)$  и  $\varphi_2(T)$  на отрезке  $t_{nep} \leq t \leq T$  определяются интегрированием сопряженных уравнений, вытекающих из соотношений (3) и (1) при  $u_2(t)=1$  и  $u_1(t)=0$ :

$$\begin{aligned}\frac{d\varphi_2}{dt} - \left( \frac{C_{02}^3}{C_2} + \omega_2 \right) \varphi_2 &= \left( \frac{C_{02}^3}{C_2} + \omega_2 \right) \mathcal{E}_2; \\ \frac{d\varphi_1}{dt} - \omega_1 \varphi_1 &= \frac{C_{01}^3}{C_2} \varphi_2 + \omega_1 \mathcal{E}_1 + \frac{C_{01}^3}{C_2} \mathcal{E}_2\end{aligned}$$

с граничными условиями: при  $t=T$   $\varphi_1(T)=\varphi_2(T)=0$ .

Решение для  $t=t_{nep}$  имеет вид:

$$\varphi_2 = e^{k_{22}t_{nep}} \int_T^{t_{nep}} \mathcal{E}_2 k_{22} e^{-k_{22}t} dt, \quad (5)$$

где  $k_{22} = \frac{C_{02}^3(t)}{C_2(t)} + \omega_2(t)$ ;

$$\varphi_1 = e^{\omega_1 t_{nep}} \int_T^{t_{nep}} e^{-\omega_1 t} \left[ \frac{C_{01}^3(t)}{C_2(t)} \varphi_2(t) + \omega_1(t) \mathcal{E}_1 + \frac{C_{01}^3(t)}{C_2(t)} \mathcal{E}_2 \right] dt. \quad (6)$$

Зная управления и  $t_{nep}$ , можно из формул (1) получить следующие системы дифференциальных уравнений оптимального развития СЛА и их решения:

для  $0 \leq t < t_{nep}$  ( $u_1(t)=1$ ,  $u_2(t)=0$ )

$$\frac{dx_1}{dt} + k_{12}x_1 = \frac{f(t)}{C_1(t)}, \quad k_{12} = \frac{C_{01}^3(t)}{C_1(t)} + \omega_1(t)$$

с начальным условием: при  $t=0$   $x_1(0) = x_1^0$ ;

$$x_1 = e^{-k_{12}t} \left[ \int_0^t \frac{f(t)e^{k_{12}t}}{C_1(t)} dt + x_1^0 \right]; \quad (7)$$

$$x_2(t) = 0;$$

для  $t_{nep} \leq t \leq T$  ( $u_1(t)=0$ ,  $u_2(t)=1$ )

$$x_1 = x_1^{nep} e^{-\omega_1(t-t_{nep})}, \quad (8)$$

где  $x_1^{nep}$  определяется из (4) при  $t = t_{nep}$ ;

$$\frac{dx_2}{dt} + k_{22}x_2 = \frac{f(t)}{C_2(t)} - \frac{C_{01}^3(t)}{C_2(t)} x_1(t) = Q_2(t)$$

с условием: при  $t = t_{nep}$   $x_2(t_{nep}) = 0$ ;

$x_1(t)$  характеризуется формулой (4);

$$x_2 = e^{-k_{22}t} \int_{t_{nep}}^t e^{k_{22}t} Q_2 dt.$$

Для случая, когда можно принять  $\frac{C_{01}^3(t)}{C_2(t)} = const$ ;  $\frac{C_{02}^3(t)}{C_2(t)} = const$ ;  $\omega_1 = const$ ;  $\omega_2 = const$ , эту формулу можно

записать в виде

$$x_2 = e^{-k_{22}t} \left[ \int_t^{t_{nep}} \frac{f(t)e^{k_{22}t}}{C_2(t)} dt - \psi(t) \right], \quad (9)$$

где  $\psi(t) = \frac{C_{01}^{\exists} e^{\omega_1 t_{nep}}}{C_2(k_{22} - \omega_1)} \left[ e^{(k_{22} - \omega_1)t} - e^{(k_{12} - \omega_1)t_{nep}} \right]$ .

Оказывается, в этом случае существенно упрощается определение времени  $t_{nep}$  с использованием формул (4), (5), (6) и оно совпадает с решением, полученным в [1]:

$$t_{nep} = T + \frac{C_2}{C_{02}^{\exists} - C_2(\omega_2 - \omega_1)} \ln \left[ \frac{\frac{\Xi_1}{\Xi_2} - \frac{C_{01}^{\exists}}{C_{02}^{\exists} - C_2(\omega_1 - \omega_2)}}{\frac{C_1}{C_2} - \frac{C_{01}^{\exists}}{C_{02}^{\exists} - C_2(\omega_1 - \omega_2)}} \right], \quad (10)$$

где  $C_{0i}^{\exists} = C_i^{\exists} - \alpha C_i^{\Pi} \omega_i^{\Pi}$ .

Зависимость стоимости создания  $C_i$ , годовой эксплуатации  $C_i^{\exists}$ , продажи за рубеж  $C_i^{\Pi}$   $i$ -го ЛА <sub>$i$</sub> ,  $i = \overline{1, n}$  от будущего времени  $t$  можно определять по формулам:

$$C_i = C_i^0(1 + kt); C_i^{\exists} = C_i^{\exists 0}(1 + kt); C_i^{\Pi} = C_i^{\Pi 0}(1 + kt),$$

где  $k$  – коэффициент увеличения стоимости в год (принят одинаковым для всех видов стоимости);

$C_i^0, C_i^{\exists 0}, C_i^{\Pi 0}$  – значения стоимости при  $t=0$ .

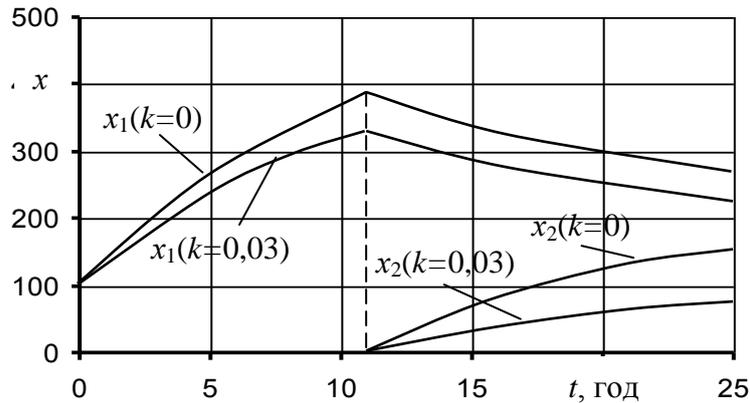


Рис.2.

По формулам (7), (8), (9) и (10) были проведены иллюстративные расчеты оптимальной траектории развития СЛА, характеризуемой изменением во времени количества  $x_1(t)$  ЛА<sub>1</sub> – самолетов типа Су-35 и количества  $x_2(t)$  ЛА<sub>2</sub> – многофункциональных истребителей [1] для двух значений увеличения коэффициента стоимости  $k = 0$  и  $k = 0,03$  1/год и других исходных данных:  $f=1500$  млн дол./год,  $C_1^0=27$  и  $C_2^0=39$  млн дол.,  $C_1^{\exists 0}=2$  и  $C_2^{\exists 0}=4$  млн дол./год,  $C_1^{\Pi 0} = C_2^{\Pi 0} = 0$ ,  $\Xi_1=2,3$  и  $\Xi_2=4,6$  – среднее число пораженных целей каждым ЛА<sub>1</sub> и ЛА<sub>2</sub>. Перечисленные параметры – стоимости ЛА  $C = C^0(1 + kt)$ .

Прогнозируемые зависимости количества ЛА <sub>$i$</sub>   $x_1(t)$  и  $x_2(t)$  от будущего времени показаны на рисунке 2. Увеличение стоимости ( $k = 0,05$ ) ЛА<sub>1</sub> и ЛА<sub>2</sub>, естественно, снижает их количество. Время перехода с производства ЛА<sub>1</sub> на производство ЛА<sub>2</sub>  $t_{nep} = 10,7$  лет.

Таким образом, предложенная технология формирования рабочих формул прогнозирования развития СЛА с переменными параметрами ЛА  $P(x,t)$  позволяет решать задачи определения оптимальной траектории развития СЛА.

#### Список литературы

1. Мышкин Л.В. Прогнозирование развития авиационной техники – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.

### СЕКЦИЯ №10.

### СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)

#### АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ МАЯТНИКОВОГО ТИПА НА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЯ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ

Денисов И.В., Харланов В.Л.

ВолгГАСУ, РФ, г.Волгоград

Работают сейсмоизолирующие фундаменты маятникового типа, как сейсмоизоляторы, позволяющие колебаться нижней части фундамента здания, не влияя на верхнюю часть. [2] Металлические и железобетонные элементы не касаются друг друга, усилия передаются через резиновые прокладки (Рисунок 1).

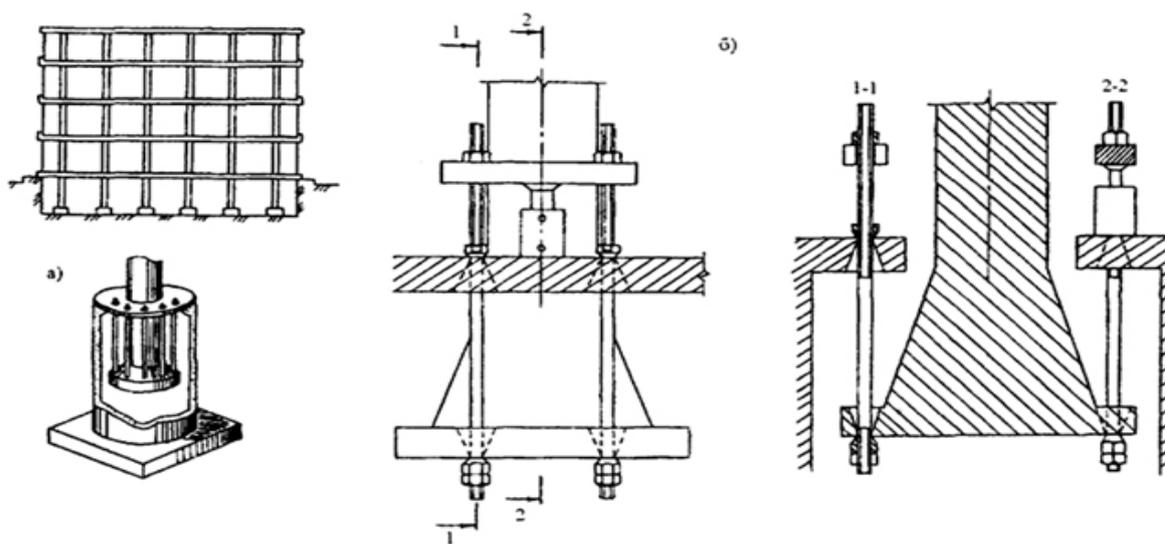


Рис.1. Варианты конструкции фундаментов маятникового типа: а) Мексика; б) Япония.

В качестве примера, рассматривается не всё здание, а диафрагма жёсткости, воспринимающая горизонтальные усилия при землетрясении. Диафрагма имеет пять ярусов и технологические проёмы для дверей, выполнена из бетона марки В25. [4] Расчётная схема диафрагмы представлена на Рисунке 2.

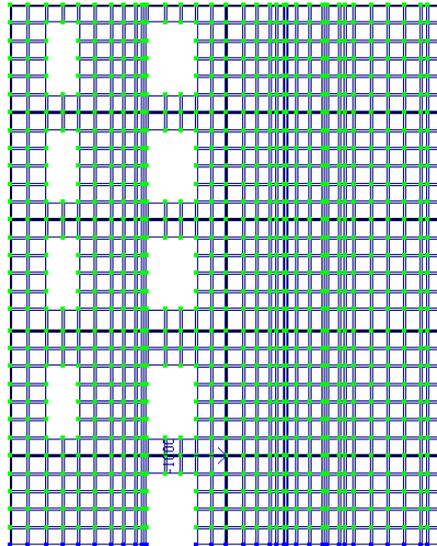


Рис.2. Расчётная схема диафрагмы в программе ЛИРА 9.6

Для проведения расчёта была создана программа на VBA в среде Excel, которая учитывает параметры сейсмоизолятора, такие как: длина подвеса и коэффициент затухания маятника (Рисунок 3). Входные данные: матрица динамической жёсткости  $R_D$ , матрица масс, акселерограмма. Выходные данные: перемещения масс в процессе воздействия.[5]

Рис.3. Форма для ввода исходных данных, учитывающая параметры маятникового сейсмоизолятора

Алгоритм программы. [1]

Входные данные:

$R'_D$  -матрица жёсткости;

$m$  – матрица масс, представленная в виде вектора;

$c$  – матрица затухания;

$\Delta t$  – шаг интегрирования;

$l_m$  - длина маятника;

$a$  – акселерограмма.

Выходные данные:

$y(t)$  – перемещения масс

$a_m$  – ускорение маятника.

Решается уравнение движения с постоянным ускорением на шаге:

$$\tilde{r} \Delta y = \Delta \tilde{p},$$

где:  $\tilde{r} = c \frac{2}{\Delta \tau} + m \frac{4}{\Delta \tau^2} + r,$

$$\Delta \tilde{p} = P_{k+1} - F_{s,k} + c \dot{y} + m \left( \dot{y} \frac{4}{\Delta \tau} + \ddot{y} \right)$$

Ускорение в конце каждого интервала времени определяется из условия равновесия всех сил, действующих на систему:

$$\ddot{y}_{k+1} = m^{-1} (P_{k+1} - F_{s,k+1} - F_{d,k+1}),$$

где  $F_{s,k+1}, F_{d,r+1}$  — соответственно силы упругого отпора и вязкого трения в конце интервала интегрирования.

В ходе исследования диафрагма подвергается воздействию акселерограммы Эль – центро. При расчёте, рассматриваются различные сочетания исходных данных, таких как длина маятника —  $l_m$  и коэффициент затухания маятника —  $c_m$ . Для каждого варианта выполняются одинаковые расчёты перемещений каждого яруса диафрагмы, расчёт сейсмических сил, расчёт момента в основании диафрагмы. Сейсмические силы определяются по формуле:

$$S_i = R_D \cdot y_i, \tag{1}$$

где:  $R_D$  – матрица жёсткости динамической модели,  $y_i$  – перемещение  $i$ - того яруса (Рисунок 4).[3] Сейсмические силы вычисляются в табличной форме, для каждого яруса, с временным интервалом 0,01. Далее, вычисляются моменты  $M_i$ , которые вызывают сейсмические силы (Рисунок 4).

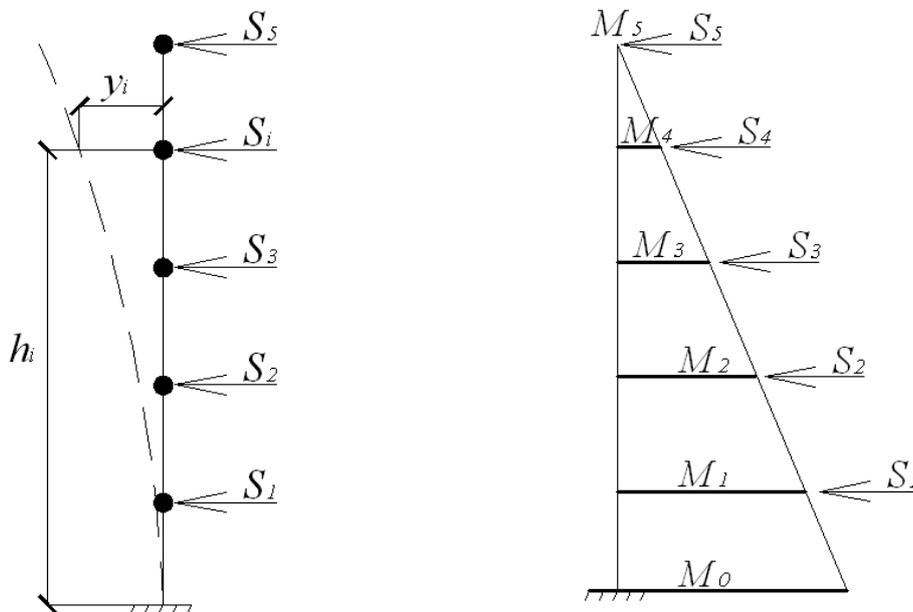


Рис.4. Вычисление сейсмических сил и моментов от них.

Далее приводится сводная таблица по результатам расчётов, в которую занесены максимальные изгибающие моменты в опорных сечениях при всех сочетаниях длины и коэффициента затухания маятника, а также, для сравнения, момент в опорном сечении без маятника (обычная жёсткая заделка).

Максимальные моменты по обрезу фундамента сооружения

$l_m \setminus c_m$	0,1	0,2	0,5
0,5	7222	6463	5965
1	7416	6537	5107
1,5	6676	5936	4615
0	24850		

Наибольшее снижение изгибающего момента по обрезу фундамента наблюдается при длине маятника, равной 1.5 метра и коэффициенте затухания маятника, равном 0.5. Полученные усилия почти в 4 раза меньше усилий в тех же элементах при жёсткой заделке основания.

#### Список литературы

1. Фильчаков П.Ф. Справочник по высшей математике: “Наукова думка” Киев 1973.
2. Харланов В.Л. Детерминированный анализ. // ВолгГАСУ. – 2006. Волгоград, с. 13-84.
3. Харланов В.Л., Денисов И. В. Исследование эффективности сейсмоизоляторов маятникового типа.// Строительная механика и расчёт сооружений. 2014 № 6. Москва, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, с. 56-58.
4. Харланов В.Л. Детерминированный анализ металлических каркасов на динамические нагрузки высокой интенсивности. 2006 г. Волгоград, с.23-32.
5. Харланов В.Л. Оценка эффективности сейсмоизоляторов // Строительная механика и расчёт сооружений. 2013 № 5. С. 62-64.

### ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА КРЕПЛЕНИЯ ГИПСОКАРТОННЫХ ЛИСТОВ НА ЗВУКОИЗОЛЯЦИЮ ПЕРЕГОРОДКИ

**Шпилёв И.А., Масалов А.В.**

Юго-Западный Государственный Университет, г.Курск, Россия

В настоящее время большое распространение получили каркасно-обшивные перегородки, применяемые в общественных и жилых зданиях. Основное достоинство подобных перегородок состоит легкости монтажа и демонтажа конструкций, что позволяет без существенных временных и экономических затрат производить перепланировку помещений. В связи с этим увеличение звукоизолирующей способности данного вида ограждений является одним актуальных направлений исследований.

На основании исследований И.И. Боголепова [2] посвященных влиянию акустических мостиков на звукоизоляцию конструкций была поставлена задача исследовать степень влияния вида крепления гипсокартонных листов. Для анализа степени влияния этого фактора были проведены испытания моделей гипсокартонных перегородок с различным способом крепления гипсокартонных листов (ГКЛ).

Площадь исследуемого проема составила 3,5 м<sup>2</sup>. Общая толщина исследуемых моделей гипсокартонных перегородок толщиной 70 мм, с заполнением плотными минераловатными матами толщиной 50 мм. Толщина применяемых листов «ВОЛМА» ГЛК составляет 10 мм. В работе использовались металлические профили фирмы ТМ «ВОЛМА» изготавливаемые по ТУ 1108-011-78667917-2009, толщиной стенки 0,5 мм – ПН 50\*27. Для крепления каркаса перегородок к существующим конструкциям проема и элементов каркаса между собой использовались шурупы с двухзаходной резьбой СГМ 3,5x25. В качестве аналога крепления самозаходными шурупами в 2-ом варианте модели использовался специализированный клеевой состав, на основе синтетического каучука предназначенный для соединения металлических изделий и гипсокартонных листов фирмы «KRASS». Шаг крепления направляющего профиля к существующему проему принято согласно Альбому технических решений «Волма» и равно 600 мм. В качестве заполнителя использовались минераловатные маты производства фирмы ООО «Сен-Гобен Изовер Егорьевск» марки KL37 с объемным весом 15 кг/м<sup>3</sup>.

1-й Вариант модели отличается от 2-го Варианта каркаснообшивной перегородки способом крепления гипсокартонных листов. В этом варианте исполнение крепление осуществлялось на специализированный клеевой состав фирмы «KRASS», имеющий в своей основе синтетический каучук, обеспечивающий «демпфирующее» соединение между гипсокартонными листами и направляющими металлического каркаса.

Ожидаемая разница составила в среднем 2,3 Дб в пользу клеевого соединения, что уже составляет существенную разницу, позволяющую говорить как об эффективном и простом способе увеличения звукоизоляции по сравнению с использованием элементов с измененной изгибной жесткостью 3Дб [1], специальной конструкции звукоизоляционных мостиков 5 Дб [2], особой конструкции стоечного профиля 3 Дб [6]. Существенное увеличение звукоизоляции было достигнуто снижением передачи звуковых колебаний через каркас. На представленном сравнении графиков частотной характеристики (Рисунок 1) можно наблюдать провал на резонансной частоте, обнаруженный при проведении исследования первого варианта конструктивного исполнения гипсокартонной перегородки.

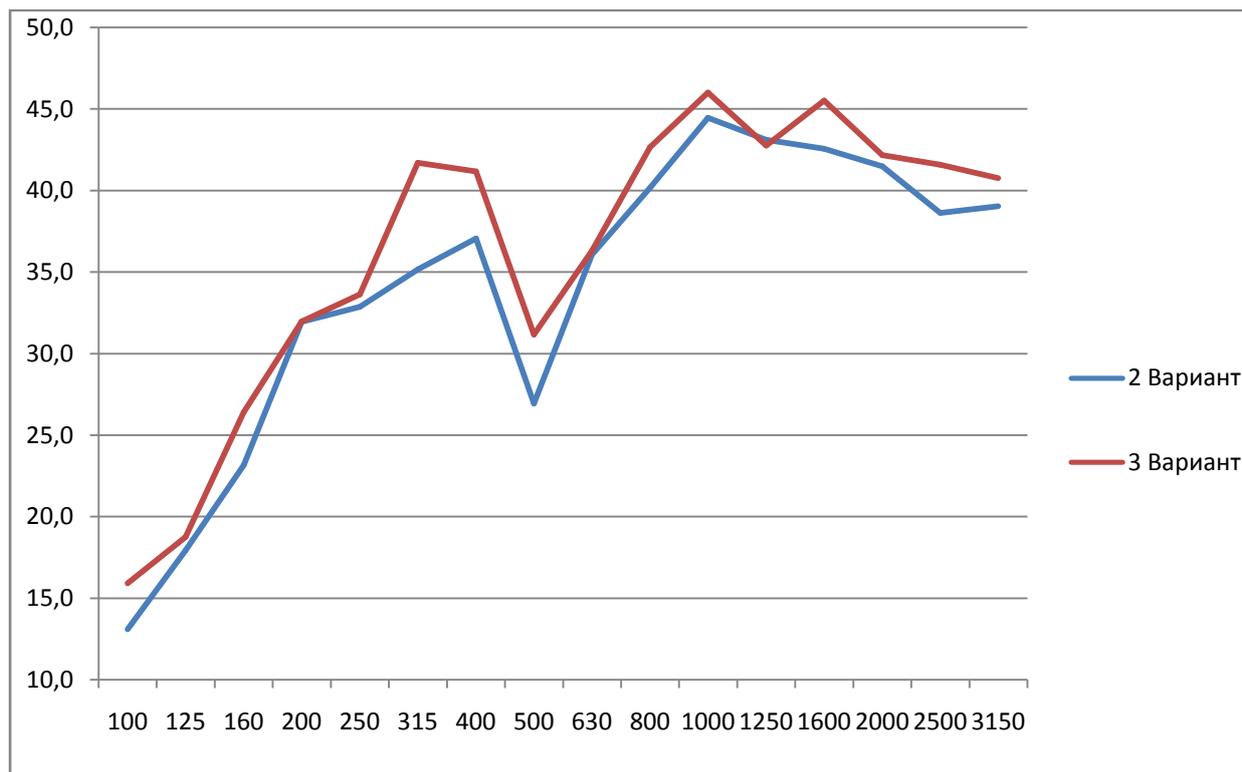


Рис.1. Сравнительная частотная характеристика

К сожалению, использование клеевого соединения при монтаже гипсокартонных перегородок требует большего времени, нежели применение «привычного» крепления с использованием самозаходных шурупов. Ввиду этого оно не получило большого распространения в типовых альбомах конструкций гипсокартонных перегородок.

#### Список литературы

1. Шашкова Л.Э. Звукоизоляция вибродемпфированных элементов с измененной изгибной жесткостью: дис. канд. техн. наук 05.23.01 /Лола Эдуардовна Шашкова; г.Москва . гос. Ун-т. – М: 2014. – 151 с.
2. Боголепов И.И. Увеличение звукоизоляции двустенных конструкций за счет применения звукоизолирующих мостиков // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 2. С. 46-53.
3. Овсянников, С.Н. Оценка структурной звукопередачи в расчете звукоизоляции двойных перегородок / Овсянников С.Н., Старцева О.В. // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 186-190.
4. Дымченко, В.В. Экспериментальные исследования звукоизоляции оребренных ограждений / В.В. Дымченко // Защита населения от повышенного шумового воздействия : сб. тр. III В серос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Санкт-Петербург, 22–24 марта 2011 г.). – СПб., 2011. – С. 405–410.

5. Звукоизолирующая каркасно-обшивная перегородка с перфорированными стоечными профилями изогнутой формы: заявка на изобретение/В.Н. Бобылев, В.В. Дымченко, В.А. Тишков, Д.В. Монич, В.А. Жданов. - № 2014123088 ; приоритет от 05.06.2014.
6. Дымченко, В.В. Экспериментальные исследования звукоизоляции оребренных ограждений / В.В. Дымченко // Защита населения от повышенного шумового воздействия : сб. тр. III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / Балт. Гос. техн. ун-т «ВО ЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова. – СПб., 2011. – С. 405–410.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ КРОВЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ РУЛОННЫХ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Ульшин А.Н.**

СПбГАСУ, РФ, г.Санкт-Петербург

Автор рассматривает различные варианты конструктивно-технологических решений кровельных систем на основе рулонных гидроизоляционных материалов. Основными показателями в рамках совершенствования комплексной технологичности кровельных систем являются конструктивная технологичность и технологичность монтажа.

К сравнению показателей комплексной технологичности предлагаются три наиболее распространенных варианта кровельного “пирога”:

- 1) Современные мембранные системы с комбинированным утеплителем. (Рисунок 1)
- 2) Современные мембранные системы с утеплителем из минеральной ваты. (Рисунок 2)
- 3) Классический вариант наплавляемой гидроизоляции в два слоя с использованием утеплителя из минеральной ваты. (Рисунок 3)

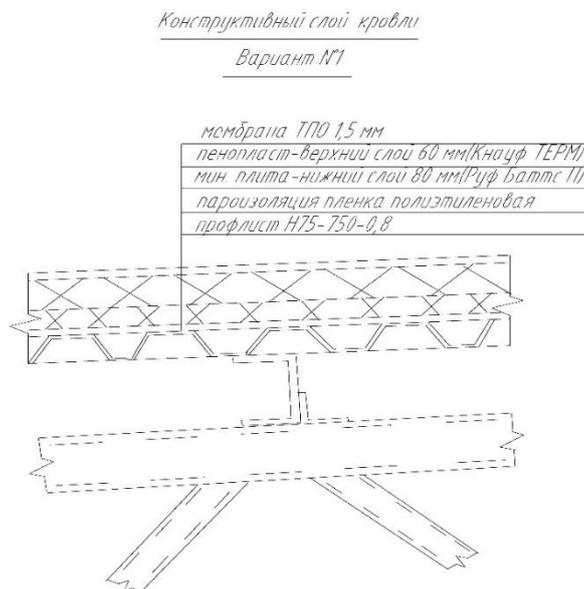


Рис.1. Конструктивный слой кровли: вариант №1

*Конструктивный слой кровли*

*Вариант №2*

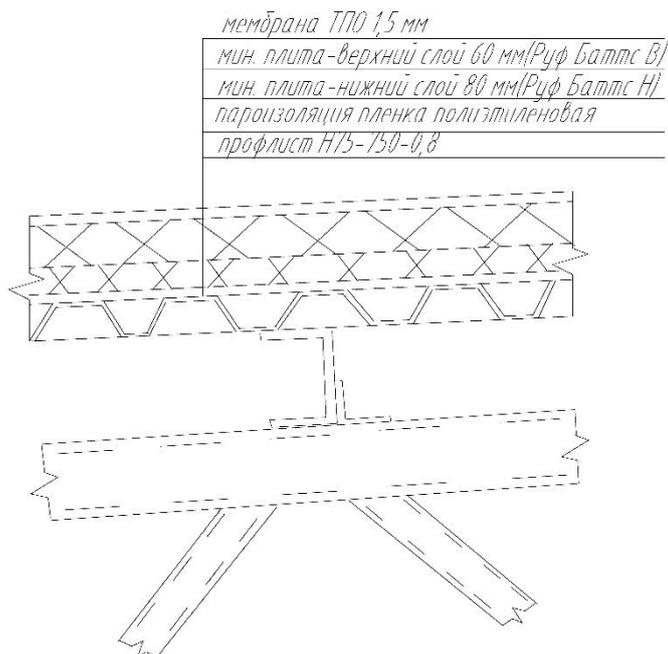


Рис.2. Конструктивный слой кровли: вариант №2

*Конструктивный слой кровли*

*Вариант №3*

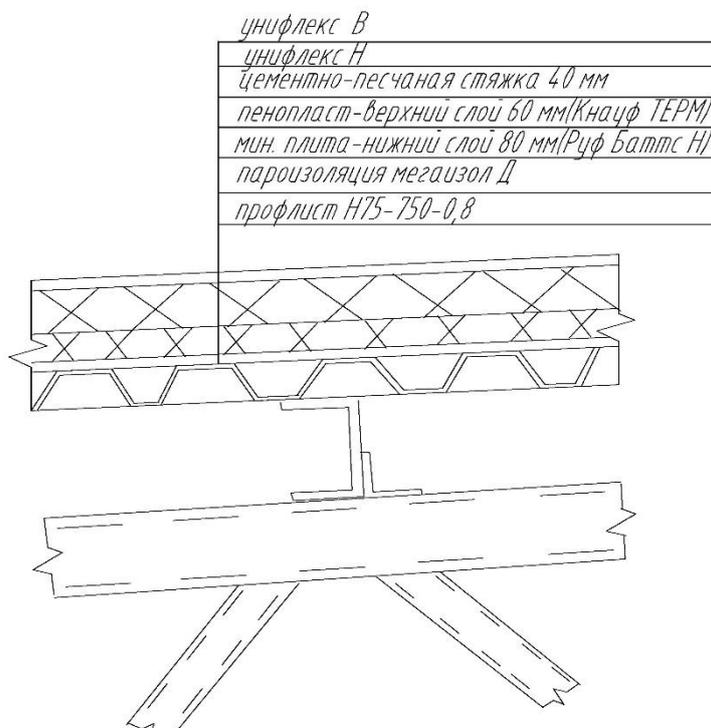


Рис.3. Конструктивный слой кровли: вариант №3

Для определения показателя комплексной технологичности в трех вариантах кровельного “пирога” необходимо выявить весомости частных показателей технологичности для данного типа кровель и выбрать метод определения показателей конструктивной технологичности и технологичности монтажа.

Определение весомостей:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

зависит от типа кровельного “пирога”

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

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

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

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

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

$\alpha_n$  – долевой коэффициент определения конструктивной технологичности.

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

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

$$\gamma_{н..} = \frac{B}{A + B} \quad (5)$$

Для кровель долевые коэффициенты будут равняться:

$$\alpha_n = 0,625$$

$$\gamma_{н..} = 0,375$$

Определение показателей:

Показатель конструктивной технологичности

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

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

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

Показатель технологичности монтажа

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

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

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

Формирование целевого оптимизационного уравнения и алгоритм принятия решений:

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

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

Комплексная технологичность конструктивного слоя кровли №1

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

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

Комплексная технологичность конструктивного слоя кровли №2

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

$$K = 0,625 \times 0,83 + 0,375 \times 1 = 0,89$$

Комплексная технологичность конструктивного слоя кровли №3

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

$$K = 0,625 \times 0,81 + 0,375 \times 0,6 = 0,74$$

По итогам сравнительного анализа трех конструктивных слоев по комплексной технологичности, автором выбирается конструктивный слой № 1, как наиболее технологичный. Аналогичным образом может быть проведено совершенствование конструктивно-технологических решений других типов кровли.

#### Список литературы

1. Сахновский М.М. Технологичность строительных сварных стальных конструкций – Киев, Будивельник – 1980 – 262 с
2. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование. Теория принятия решений.-М.: КНОРУС,2010-568 с.
3. Рыков А.С. Системный анализ: модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации –М: Издательский дом МИСиС, 2009-608 с.
4. Ульшин А.Н. Формулировка способа повышения комплекса технологичности стальных стержневых конструкций, постановка задач дальнейшего научного исследования // материалы II-ой международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы технических наук в современных условиях» – СПб, ИЦРОН, 2015.

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОДЗЕМНОЙ УРБАНИСТИКИ

Лезина Е.П.

ФГБОУ ВПО МГУ им. Н.П. Огарева, РФ, г.Саранск

Использование подземного пространства в жилищно-гражданском строительстве имеет многовековую историю и связано с необходимостью размещения ниже поверхности земли многочисленных складских, оборонительных, подсобно-вспомогательных помещений, объектов культурно-бытового и коммунального назначения и в некоторых случаях жилых помещений. Значительное место в строительстве подземных объектов в разные исторические эпохи занимают товарные склады. Складирование товаров является такой областью, где создание подземных пространств предопределяется двумя основными условиями, а именно:

- энергетической целесообразностью (термическая стабильность);
- возможностями максимального использования имеющейся территории.

Значение этих факторов еще более возрастает, если учесть обстоятельства, которые определяли жизнедеятельность городов предшествующих эпох:

- частые войны и осады, пожары, опасность эпидемий и стихийных бедствий,

– постоянная угроза длительной изоляции города от его окружения. Все это заставляло население городов создавать для себя крупные запасы. Другим определяющим фактором является недостаток места, геометрически ограниченного городскими стенами. Расширение города было возможно только за счет значительных расходов труда и материальных ресурсов. Складирование очень часто было связано с личной собственностью граждан, поэтому склады нужно было размещать как можно ближе к месту жительства или даже к самому жилому дому не только для ведения семейного домашнего хозяйства, но и для хранения товарных запасов.

Таким образом, с начала Средних веков в большинстве европейских городов (а в российских городах гораздо позднее) были созданы системы городских подвалов, иногда многоэтажных, часто имеющих потайные участки, а также подземные пути сообщения и эвакуации. Системы подвалов в старых городах, кроме использования их по прямому назначению, нередко служили убежищами в чрезвычайных обстоятельствах.

Знания, которыми мы сегодня располагаем о пространстве, скрытом под землей, неудовлетворительны по разным причинам. Большинство исследований о подземной урбанистике осуществляются только в масштабе отдельных зданий или сооружений, в результате чего мы имеем только локальную информацию и затруднения при переходе на больший масштаб в связи с необходимостью сопоставления данных из разных источников. Кроме того, данные зачастую распределены между несколькими государственными или частными организациями, и их сбор может занять много времени.

Подземная урбанистика – это плотное переплетение транспортных и пешеходных потоков, при проектировании которых необходимо учитывать места концентрации потоков людей и экономически просчитывать целесообразность и функциональность использования подземного пространства. Здесь необходим подход «многоцелевого планирования», который рассматривает не только геологический аспект и аспект окружающей среды, но и экономическую эффективность и социальную приемлемость развития подземных пространств [3].

В результате в будущем города будут способны производить более обширный спектр услуг в урбанизированном подземелье без больших потерь ресурсов самих городов и в пользу будущих поколений.

Понятие «современный город» уже не может не учитывать подземных пространств – речь может идти лишь о деталях, о том или ином способе или направлении строительства как об одном из условий достижения большей свободы архитектурно-пространственных решений. Два противоположных, но всегда находящихся рядом друг с другом направления вертикального развития города (вверх и вниз) кардинально различаются в одном пункте [2]:

– развитие «вверх» обогащает жилой фонд, позволяет размещать квартиры в вертикальном порядке.

– развитие «вниз» связано с тем, что жилье, оставаясь главным элементом

города, может быть избавлено от всего того, что является по отношению к нему дополнительным, второстепенным.

Прогнозирование как инструмент перспективного планирования прошло значительный путь развития и стало необходимым в градостроительстве.

В XXI в. прогнозирование следует признать основным инструментом проектирования всего городского развития, а также развития всех элементов города, расположенных под землей. Отсюда следует, что при помощи инструментов и методик прогнозирования можно наметить пути комплексного развития подземной урбанистики в целом.

Подземный потенциал должен оптимально эксплуатироваться, использоваться должно не только свободное пространство, как это обычно делается, но необходимо также учитывать все главные ресурсы, перечисленные выше.

Вследствие этого для идентификации потенциального использования городских подземных ресурсов и их возможностей необходимы некоторые специальные исследования.

Изучая перспективные модели развития различных составляющих подземной урбанистики и анализируя их взаимодействия, надо направлять будущие исследования подземного проектирования на возможности «многоцелевого применения и взаимодействия» этих составляющих и перспектив экономического развития конкретных стран. Впоследствии следует выявить и уточнить достоинства устойчивого развития и принцип действия различных городских и геологических условий для централизации и описания возможностей подземного пространства.

На перспективное развитие подземной урбанистики сильно влияют различные факторы, такие как:

– характеристики окружающей среды и технические характеристики (например, характеристики почвы и горных пород, подземных вод);

– знание подземных особенностей и существующие представления о подземном пространстве, а также информационные базы данных;

- архитектурные представления об организации городского пространства;
- административные возможности и особенности земельной собственности, регулирование землепользования, защита окружающей среды и конструктивные возможности строительства;
- экономические факторы: стоимость земли, разница издержек между надземным и подземным строительством, полный цикл использования сооружения и внешние факторы;
- психосоциологические аспекты [1].

Главной целью градостроительного прогнозирования является использование перечисленных факторов таким образом, чтобы максимально соотнести преимущества различного освоения окружающей среды с возможностями общества и экономики. Эта проблема затруднительна только с чисто технической стороны и может быть реализована, если она социально и политически приемлема, экономически возможна и легальна. Таким образом, было бы интересно изучить все стороны многоцелевого использования подземного пространства в рамках приемлемости для таких отраслей знания, как экономика, социология, политика, право и урбанизм, с целью приспособления подземных пространств для публичной, институциональной и экономической переоценки.

Впоследствии необходимо нахождение равновесия функций этих факторов. В этом смысле представляется важным поиск ответов на следующие главные вопросы:

1. Какие имеются пределы потенциально возможного использования городских подземных пространств и при каких обстоятельствах такое использование возможно? Этот вопрос поможет выявить критерии, на которых может базироваться использование подземного городского пространства при значительном влиянии таких условий, как геологические параметры, параметры окружающей среды, приспособление подземных и надземных пространств к экономическим условиям. Это также поможет выявить критерии совместимости использования различных подземных пространств.

2. Как оценить доминирующий эффект предполагаемого использования подземных пространств над другими эффектами? Ведь факторы времени и пространства взаимодействуют так, что активность в данном конкретном пространстве (например, в подземном) может действовать по-разному в разных пространствах и в разное время. Таким образом, эффект подземного использования должен быть оценен с помощью специальных исследований.

3. Какие возможны нежелательные последствия развития городов в глубь Земли? Любое использование подземного пространства влияет на смежные городские функции, и объективно избежать этого влияния невозможно. Одна из важных целей перспективного прогнозирования – правильно оценить доминирующие достоинства подземной урбанистики. Эти достоинства должны

быть изучены, надо принимать во внимание не только конструктивные приемы, факторы окружающей среды и функциональное назначение подземных сооружений, но также экономическую эффективность и социальную приемлемость.

#### **Список литературы**

1. Веретенников Д.Б. Архитектурное проектирование. Подземная урбанистика : учеб. пособие / Д. Б. Веретенников. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2015. – 176 с.
2. Голубев Г. Е. Подземная урбанистика и город : учеб. пособие. М. : МИКХиС, 2005.
3. Сегединов А. А. Снова о подземной урбанистике // Строительство и архитектура. 1971. № 5.

## **СЕКЦИЯ №11.**

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

#### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР**

**Кондрашева Н.К., Зырянова О.В., Киреева Е.В., Ивкин А.С.**

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», РФ, г. Санкт-Петербург

При транспортировке твёрдых полезных ископаемых в осенне-весенний и особенно зимний период времени железнодорожным и автомобильным транспортом происходит примерзание части насыпного материала

к стенкам транспортного оборудования, а при более длительной перевозке – смерзание материала в своей массе. В результате этого до 50% породы остаётся невыгруженной, а часть, которая выгружается, представляет собой единый смерзшийся монолит [4]. Разгрузка транспортных средств в таких условиях требует проведения дополнительных мероприятий по оттаиванию или дроблению смерзшихся грузов. Эти операции являются весьма энерго- и трудозатратными, а сам процесс длительным по времени. Из-за этого возрастает себестоимость транспортировки и снижается производительность труда [1,4].

Наиболее эффективным и рациональным решением этих проблем является профилактика транспортного оборудования. Она заключается в обработке внутренних поверхностей вагонов и автосамосвалов, а также массы насыпного материала различными веществами – профилактическими средствами. В основном это вещества минерального и нефтехимического происхождения: керосин, соляровое масло, лёгкий мазут и даже сырая нефть, а также различные минеральные соли в твёрдом или растворённом состоянии [1,4].

Стоимость профилактического средства и затраты на его нанесение на порядок меньше чем затраты на борьбу с последствиями с помощью оттаивания в конвективных гаражах или дроблением бурорыхлительными машинами. Однако использование нефтепродуктов в чистом виде или минеральных солей позволяет эффективно бороться со смерзаемостью лишь до минус 20°C. Это делает проблематичным нанесение вещества в зимнее время на территории Сибири и в районах Крайнего Севера.

Лучшими эксплуатационными свойствами обладают профилактические средства Ниогрин и Северин с температурами застывания минус 35°C и минус 45°C соответственно [1,4]. Эти вещества были разработаны еще в 1980-х годах на основе продуктов Новоуфимского нефтеперерабатывающего завода. После проведения промышленных испытаний этих средств, они были рекомендованы к внедрению на предприятиях горной отрасли. При выгрузке из профилактированных вагонов и автосамосвалов внутри оставалось в 17 раз меньше материала, чем внутри не обработанного транспорта, а кратность использования одноразовой обработки рабочей поверхности составляла минимум 3 раза [4].

В настоящее время в России Новоуфимский и другие НПЗ не выпускают Ниогрин. Поэтому существует необходимость в разработке технологии получения профилактического средства с высокими эксплуатационными характеристиками на основе компонентов современных российских НПЗ. Настоящие исследования имеют своей целью разработать профилактическое средство с эксплуатационными свойствами аналогичными Ниогрину на основе продукции Омского НПЗ. Этот завод был выбран из-за своей близости к горнодобывающим предприятиям Сибири и Казахстана, а также из-за наличия установок глубокой переработки нефти, продукция которых может быть использована в качестве сырья для получения профилактических средств.

В результате анализа существующего опыта борьбы со смерзаемостью на отечественных предприятиях и за рубежом, были определены основные эксплуатационные свойства профилактического средства: низкая температура застывания – ниже минус 35°C – для возможности применения без дополнительных операций подогрева на большей части территории России; достаточно низкая вязкость – в пределах 1-6,2 мм<sup>2</sup>/с – для возможности нанесения средства через форсуночные устройства; хорошие вязкостно-температурные свойства – для сохранения низкой вязкости во всём интервале температур нанесения; высокие смазывающие и антикоррозионные свойства – для образования прочной углеводородной плёнки на поверхностях транспортного оборудования и кусках насыпного материала; соответствие пожароопасным требованиям – для безопасного хранения, транспортировки и нанесения вещества (температура вспышки не ниже 75°C); и соответствие санитарно-гигиеническим требованиям – для минимизации пагубного воздействия вредных углеводородов на здоровье работников предприятий [4].

Описанные свойства зависят от фракционного и химического состава веществ, входящих в состав профилактического средства. Наиболее низкой температурой застывания обладают ароматические и нафтеновые углеводороды с короткими боковыми цепями. Вязкостные свойства зависят от химического состава вещества и могут сильно отличаться у нефтяных фракций, выкипающих в одинаковых пределах, но полученных из разных нефтей и с помощью различных процессов. Вязкостно-температурные свойства улучшаются при большем содержании парафиновых углеводородов нормального строения, а также нафтенов и аренов с длинными боковыми цепями. Хорошей смазывающей способностью и антикоррозионными свойствами обладают ароматические и асфальто-смолистые соединения. Для соответствия качества средства пожароопасным и санитарно-гигиеническим нормам оно не должно содержать легковоспламеняющихся углеводородов и не должно относиться к группе токсичных веществ [1-4].

Поэтому необходимо подобрать смесь нефтепродуктов таким образом, чтобы присутствовало достаточное количество желаемых компонентов и уменьшено содержание тех, которые ухудшают эксплуатационные свойства.

Анализ существующего опыта получения профилактических средств нефтехимического происхождения показал, что описанным свойствам соответствуют высокоароматизированные дистилляты процессов каталитического крекинга и замедленного коксования, а также остаточные компоненты с установок вакуумной перегонки нефти и термического крекинга, содержащие большое количество смолисто-асфальтеновых соединений [2,3].

Поэтому с Омского нефтеперерабатывающего завода были отобраны необходимые нефтепродукты: лёгкий и тяжёлый газойли замедленного коксования и каталитического крекинга, гудрон, а также крекинг-остаток процесса висбрекинга.

В ходе исследования этих компонентов был произведён их физико-химический анализ, а именно определены значения плотности, температуры застывания, температуры вспышки, вязкости; содержания воды, серы и механических примесей. Для газойлевых фракций построены кривые истинных температур кипения и определён групповой углеводородный состав масс-спектрометрическим методом. Для остаточных компонентов получены сведения о содержании смолистых и асфальтеновых соединений.

Полученные результаты позволяют судить о качестве отобранных нефтепродуктов и сделать предположение об оптимальном соотношении компонентов для получения профилактического средства с наилучшими эксплуатационными характеристиками.

В ходе проведения научного исследования были приготовлены и испытаны составы на основе лёгких газойлевых фракций, которые по своим эксплуатационным свойствам не уступают профилактическому средству Северин и сделан вывод, что для получения средства с аналогичными характеристиками, можно использовать более дешёвые компоненты – тяжёлые дистилляты коксования и каталитического крекинга.

#### Список литературы

1. Кондрашева, Н.К. Исследования и разработка профилактической смазки Ниогрин для горнотранспортного оборудования / Н.К. Кондрашева, К.Е. Станкевич, С.В. Попова // Перспективы развития химической обработки горных ископаемых: материалы конференции. – СПб, 2006. – С. 49.
2. Приемистость дистиллятов коксования к депрессорным присадкам / О.И. Рогачева [и др] // Нефтепереработка и нефтехимия.– 1975. – №9.– С. 12.
3. Сдобнов, Е.И. Исследование состава и свойств смолисто-асфальтеновых веществ крекинг-остатка и окислительного экстракта нефтепереработки :автореф. дис. ...к-та хим. наук :05.17.07 / Е.И. Сдобнов ;Алма-Ата. Ин-т хим. наук АН КазССР. –Алма-Ата, 1969.– 18 с.
4. Ниогрин - новый нефтепродукт против примерзания и смерзания / З.И. Сюняев [и др.]. – Уфа: Башкирское кн. изд-во, 1977. – 88 с.

## СЕКЦИЯ №12.

### ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)

#### РАЗРАБОТКА СУХИХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО АГЛЮТЕНОВЫХ КЕКСОВ

<sup>1</sup>Тефикова С.Н., <sup>1</sup>Никитин И.А., <sup>2</sup>Старикова А.В., <sup>2</sup>Мануковская М.В.

<sup>1</sup>МГУТУ им. К.Г. Разумовского, РФ, г.Москва

<sup>2</sup>ВГУИТ, РФ, г.Воронеж

Разработка технологий мучных кулинарных изделий, содержащих значительное количество легкоусвояемого белка, незаменимых аминокислот, эссенциальных жирных кислот, волокнистых веществ, витаминов, макро- и микроэлементов, является одним из возможных путей улучшения структуры питания населения страны. Потенциальными источниками этих веществ могут быть зернобобовые и масличные культуры [1, С.112]. Такой добавкой, которая может улучшить продукт является жмых зародышей пшеницы «Витазар» - желтоватый порошок с приятным запахом, который является вторичным сырьевым ресурсом при производстве из него масла методом холодного прессования [2, С.2572].

На базе сухих смесей возможно создание ассортимента изделий и с профилактической или даже диетической направленностью за счет использования, например, продуктов растительного и животного

происхождения или других компонентов, способных обеспечить необходимый химический состав, пищевую и биологическую ценность[3, С.42]. В связи с актуальностью данной тематики разработаны две многокомпонентные смеси из кукурузной и амарантовой муки и гречневой и амарантовой муки, в различных соотношениях, позволяющих улучшить органолептические свойства кексов, приготовленных на этих смесях. Данная технология позволяет исключить из рецептуры пшеничную муку на 100 %.

Смеси обладают высокой пищевой ценностью и уникальным биохимическим и лечебно-профилактическим составом (в частности, по содержанию незаменимых аминокислот, мощных антиоксидантов и минеральных веществ). Таким образом, изготовление кексов на основе кукурузной и амарантовой муки позволяет повысить в них содержание витаминов Е на 12 %, А – на 4 %, В<sub>1</sub> – на 3 %, а также макро- и микроэлементов Fe на 5%, Na – на 6,5 %, К– на 2 %, Mg- на 2,5 %, по сравнению с кексом, приготовленным с традиционными компонентами.

Смесь из гречневой и амарантовой муки характеризуется повышенным содержанием клетчатки, имеет в составе трудноусваиваемые углеводы (65 %), за счет чего уровень сахара в крови повышается незначительно. Этим и обусловлено возможность применения смеси как основы диетического питания при диабете. Были проведены исследования влияния смеси 1- из кукурузной и амарантовой муки и смеси 2- из гречневой и амарантовой муки на изменение антиоксидантной активности кексов.

Содержание антиоксидантов в смесях определяется содержанием в них природных флавоноидов, в частности, катехинов (вещества группы флавана); кверцетина, рутина, дигидрокверцетина (вещества группы флавола); а также витаминов и других соединений, способных связывать свободные радикалы. В основе применяемой методики лежит амперометрический способ определения содержания антиоксидантов, заключающийся в измерении электрического тока, возникающего при окислении исследуемого вещества (или смеси веществ) на поверхности рабочего электрода при определенном потенциале и сравнении полученного сигнала с сигналом стандарта (кверцетина), измеренного в тех же условиях.

По итогам исследования можно сделать вывод, что содержание антиоксидантов в смеси, основой которой является гречневая и амарантовая мука, равно 0,0012 мг/дм<sup>3</sup> и превышает содержание антиоксидантов в смеси из кукурузной и амарантовой муки 0,00111 мг/дм<sup>3</sup> (Рисунок 1).

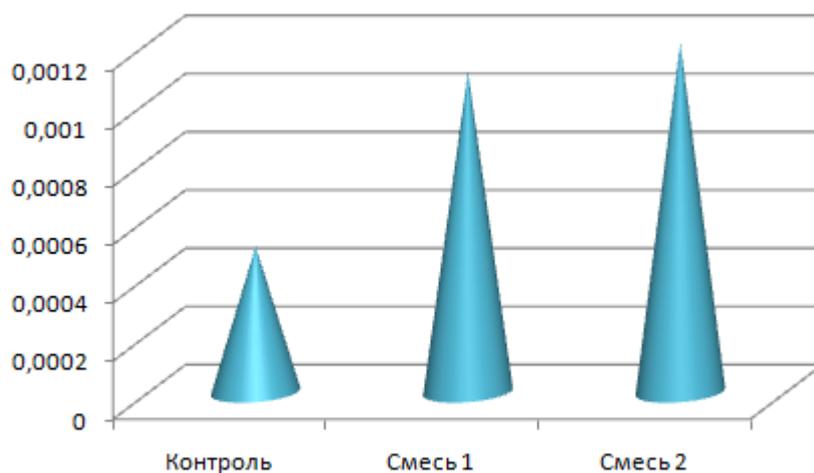


Рис.1. Определение антиоксидантной активности

О целесообразности ведения технологического процесса с использованием многокомпонентных безглютеновых смесей «Милана» (смесь 1) и «Сюрприз» (смесь 2) судили по результатам пробных лабораторных выпечек (Рисунок 2).



Рис.2. Результаты пробной выпечки кексов А - по традиционной рецептуре; Б- с использованием смеси «Милана»; В- с использованием смеси «Сюрприз»

По органолептическим показателям опытные пробы имели более эластичный мякиш, мелкую, равномерную пористость, более выраженный вкус и аромат, данные показатели представлены в Табл.1.

Таблица 1

Органолептические показатели качества изделий

Показатели	Контроль	Смесь «Сюрприз»	Смесь «Милана»
Внешний вид	Изделие имеет равномерную поверхность, однородного золотистого цвета	Изделие имеет на поверхности небольшие трещины. Поверхность однородная золотисто-жёлтого цвета с коричневым оттенком без подгорелости, без загрязнений	
Цвет	Золотисто-желтого цвета	Золотисто- желтый со слегка оранжевым оттенком	
Запах	Приятный, без постороннего привкуса, свойственный данному виду полуфабриката и используемому сырью, с легким своеобразным ароматом ореха		
Консистенция	Упругая, эластичная, без следов непромеса, хорошо пропеченная		
Вкус	Приятный, без постороннего привкуса, свойственный данному виду полуфабриката и используемому сырью, с легким своеобразным привкусом ореха		
Состояние мякиша			
Пористость	Равномерная, средне- и крупнопористая, тонкостенная, развитая, без пустот		
Эластичность	Эластичный, после надавливания пальцами мякиш принимает первоначальную форму		

Таким образом, разработанные смеси могут являться инновационным продуктом, позволяющим расширить ассортимент аглютиновых мучных кондитерских изделий, в т. ч. для предприятий общественного питания.

**Список литературы**

1. Коломникова Я.П. Новые технологии мучных кулинарных изделий улучшенной пищевой ценности для предприятий общественного питания [Текст] Я. П. Коломникова, С. Н. Тефикова, В. Л. Пашенко // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014. № 2 (60). С. 112-118.
2. Родионова Н.С. Расширение ассортимента мучных кондитерских изделий собственного производства для предприятий сектора HORECA [Текст] Н.С. Родионова, Е.С. Попов, С.Н. Тефикова, Я.А. Яковлева // Фундаментальные исследования. 2015. № 2-12. С. 2570-2574.

3. Тефикова С.Н. Инновации в разработке безглютеновых кондитерских мучных изделий [Текст] С.Н. Тефикова, А.В. Старикова //Сборник научных статей 2-й Международной молодежной научной конференции Будущее науки - 2014: в 3-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А. - Курск, 2014. С. 41-45.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧЕЧЕВИЧНОЙ МУКИ

**Клочкова И.С.**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, РФ, г.Владивосток

Одной из серьезных проблем в питании населения, особенно социально незащищенных слоев, по-прежнему является белковая недостаточность. Белки составляют наиболее дорогостоящий и дефицитный компонент пищевых рационов, в связи с чем, совершенно очевидно стремление обосновывать приемлемые и реальные пути непосредственного использования в питании той части белка, которая до последнего времени составляла пищевой дефицит. Для решения проблемы дефицита белка, который в нашей стране составляет 30-50% и ежегодно возрастает, наряду с применением готовых белковых препаратов необходимо использовать нетрадиционные источники белка [1,2].

Один из богатейших источников белка - растительное сырье. Большое количество белков растительного происхождения и сравнительно низкие затраты на производство дают возможность значительно восполнить за их счет дефицит белка в питании людей. В мировом пищевом балансе на растительные белки приходится 80%, на животные – около 20% [3,4].

Для восполнения дефицита белка и расширения ассортимента продукции в настоящее время широко используют бобовые культуры, в том числе чечевицу. Она является представителем семейства бобовых и характеризуется высоким содержанием белка (20—40 %), который находится не только в семенах (особенно в семядолях зародышей), но и в вегетативных частях растения.

В чечевице содержание белка в 2,3 раза выше, а крахмала на 25,1% меньше, чем в пшеничной муке высшего сорта. В чечевичной муке сумма незаменимых аминокислот в 2,6 раза больше, а также содержание моно- и дисахаридов почти в 2 раза больше, чем в пшеничной муке высшего сорта.

Чечевица является экологически чистым продуктом. Она не накапливает в себе никаких вредных или токсичных элементов (нитратов, радионуклидов и пр.) поэтому, чечевица, выращенная в любой точке земного шара, считается экологически чистым продуктом.

Наибольшее применение чечевичная мука имеет в хлебопекарной промышленности, особенно при изготовлении галет, ее добавление к пшеничной муке в количестве 15-20 % повышает содержание белка в хлебе на 3-4 %.

Следовательно, использование муки, полученной из семян чечевицы, при производстве мучных кондитерских изделий будет способствовать значительному повышению пищевой ценности продукции.

Таким образом, создание рецептуры кексов с добавлением чечевичной муки является актуальной темой для проведения исследования.

Целью работы являлась разработка рецептуры кексов с использованием чечевичной муки. В процессе исследования было разработано четыре образца с содержанием чечевичной муки от 5 до 20% к массе пшеничной муки.

Образец №1 – кекс с 20% содержанием чечевичной муки, образец №2- с 15% содержанием чечевичной муки, образец № 3 – с 10% содержанием чечевичной муки, образец №4 – с 5% содержанием муки чечевичной. Данные образцы выпекались по классической технологии при температуре 205-215°С в течение 25-30мин. Органолептические показатели приведены в Табл.1.

Таблица 1

Органолептические показатели опытных образцов с содержанием чечевичной муки

Наименование показателя	Контроль	Образец			
		№1	№2	№3	№4
Вид в изломе	Пропеченное изделие без следов закала и непромеса	Пропеченное изделие без следов закала и непромеса. В мякише	Пропеченное изделие без следов закала и непромеса		

		имеются темные включения	
Форма	Свойственная данному наименованию изделия, правильная без наплывов и деформации		
Вкус и запах	Приятный, свойственный изделию без постороннего привкуса и запаха	Имеется привкус и запах чечевичной муки	Приятный, свойственный изделию без постороннего привкуса и запаха
Цвет	Желтый	Желтый с легким сероватым оттенком	Желтый

Добавление чечевичной муки в количестве 20% к массе пшеничной муки оказывает отрицательное влияние на вид изломе и цвет, т.к. появляются темные включения и ухудшается цвет мякиша, кроме того появился привкус и запах чечевичной муки. Добавление чечевичной муки к массе пшеничной муки в количестве до 15% не влияет на органолептические показатели качества кекса.

Готовые изделия по основным физико-химическим показателям соответствуют ГОСТ 15052-96 «Кексы. Общие технические условия».

Таким образом, для проведения дальнейших исследований был выбран образец № 2 с содержанием чечевичной муки 15 % к рецептурному количеству муки.

Энергетическая ценность в готовом продукте с содержанием чечевичной муки 15% изменилась незначительно, т.к. содержание углеводов в чечевичной муке меньше на 10%, а белка на 10% больше, чем в пшеничной муке.

Поскольку чечевичная мука содержит большее количество белка по сравнению с пшеничной мукой, было необходимо определить содержание белка в контрольном образце и образце №2, определение вели по методу Кьельдаля. В результате было установлено, что содержание белка в образце с 15% содержанием чечевичной муки к массе пшеничной муки составило 8,3%, что на 12,2% выше, чем в контрольном.

Поскольку чечевичная мука содержит большое количество жиров, которые под действием кислорода воздуха окисляются, было необходимо установить сроки хранения кексов с чечевичной мукой. Влияние сроков хранения на микробиологические показатели чечевичных кексов представлены в Табл.2.

Таблица 2

Динамика микробиологических показателей чечевичных кексов при хранении

Наименование показателя	Хранение, сут.	Допустимый уровень содержания мг/кг	Кексы чечевичные
МАФАНМ, КОЕ/г, не более	96	$1 \cdot 10^3$	$8,8 \cdot 10$
	120		$1,4 \cdot 10^2$
	144		$5,3 \cdot 10^2$
	168		$9,2 \cdot 10^2$
	192		$1,8 \cdot 10^3$
БГКП (колиформы)	96	Не допускается в 0,1 г	Не обнаружены
	120		
	144		
	168		
	192		
Дрожжи, КОЕ/г, не более	96	50	Не обнаружены
	120		
	144		
	168		
	192		
Плесени, КОЕ/г, не более	96	50	Не обнаружены
	120		10
	144		13
	168		20
	192		24

Из Табл.3 видно, что микробиологические показатели чечевичных кексов при хранении в течение 8 суток не превышают норм, установленных ТР ТС 021-2011 «О безопасности пищевой продукции», однако при хранении печенья более 7 суток органолептические показатели чечевичных кексов ухудшились, появился неприятный запах и привкус, кексы начали черстветь. В связи с этим срок хранения чечевичных кексов установлен 7 суток.

Таким образом, разработанная рецептура кексов с чечевичной мукой, содержание которой составляет 15% к массе пшеничной муки, по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям соответствовал ГОСТ 15052-96 «Кексы. Общие технические условия» и ТР ТС 021-2011 «О безопасности пищевой продукции».

#### **Список литературы**

1. Ерашова Л.Д. Использование нетрадиционных источников белка растительного происхождения / Л.Д. Ерашова, Г.И. Павлова, Р.С. Ермоленко, Л.В. Артюх, Л.Л. Гром // Пищевая промышленность. – 2009. - №10. – С. 14-15.
2. Батурина Н. А. Влияние добавок муки бобовых культур на потребительские свойства и пищевую ценность пшеничного хлеба / Н.А. Батурина // Индустрия хлебопечения. – 2012. - №4. – С. 38-41.
3. Антипова Л.В. Оценка потенциала источников растительных белков для производства продуктов питания / Л.В. Антипова, Л.Е. Мартемьянова // Пищевая промышленность. 2013. - №8. – С. 10-12.
4. Шалмултаев Т. Ш. Моделирование конкурентоспособных технологий кексовой продукции / Т. Ш. Шалмултаев, М. П. Могильный // Пищевая технология. – 2013. - №4. – С.64-66.

### **СЕКЦИЯ №13.**

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

### **СЕКЦИЯ №14.**

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

#### **КОНТРОЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СТАНКОВ**

**Бушуев С.В.**

НТИМИ, РФ, г.Москва

В современном машиностроении остро стоит вопрос повышения и контроля точности станочного оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ). Пространственная точность позиционирования станков складывается из многих факторов, таких как точность позиционирования, прямолинейность, взаимная перпендикулярность перемещения основных подвижных узлов станка, постоянство углового положения и др. Всего число таких параметров, нуждающихся в контроле, для трёхкоординатных станков с ЧПУ достигает 27 штук.

В целом, процедуры проверки точности станков описываются в стандартах и методиках контроля (ГОСТ Р ИСО 230-1-2010, ГОСТ 27843-2006 и др.) [1, 2], однако число проводимых операций и используемой номенклатуры средств измерений для этих задач весьма велико. Например, контроль трёхкоординатного фрезерного станка по параметрам геометрической точности согласно ГОСТ Р ИСО 230-1-2010 [1] требует наличия не менее пяти различных средств измерений, не считая специализированной оснастки, оснащение которой в случае крупногабаритной зоны обработки может быть весьма затратным. Кроме того, сам процесс контроля точности может занимать целый рабочий день, принося, таким образом, существенный убыток ввиду простоя производства на контролируемом оборудовании.

Зарубежными фирмами давно реализованы измерительные системы, позволяющие существенно упростить трудоёмкий процесс контроля точности станочного крупногабаритного оборудования [3]. Так, компания Renishaw предлагает комплект специализированной оснастки к лазерной интерференционной измерительной

системе XL-80 (Рисунок 1). Интерференционные измерительные системы (ИС), применяемые для измерения линейных и угловых перемещений в машино- и приборостроении, научных исследованиях и разнообразных областях техники, основаны на явлении интерференции или наложения когерентных световых волн. Световые волны представляют собой гармонические электромагнитные колебания, несущие информацию о геометрических свойствах контролируемых объектов в различных своих параметрах: интенсивности; амплитуде; фазе; поляризации. Особенностью ИС является образование пространственных оптических периодических структур, положение которых зависит от разности фаз интерферирующих световых волн.

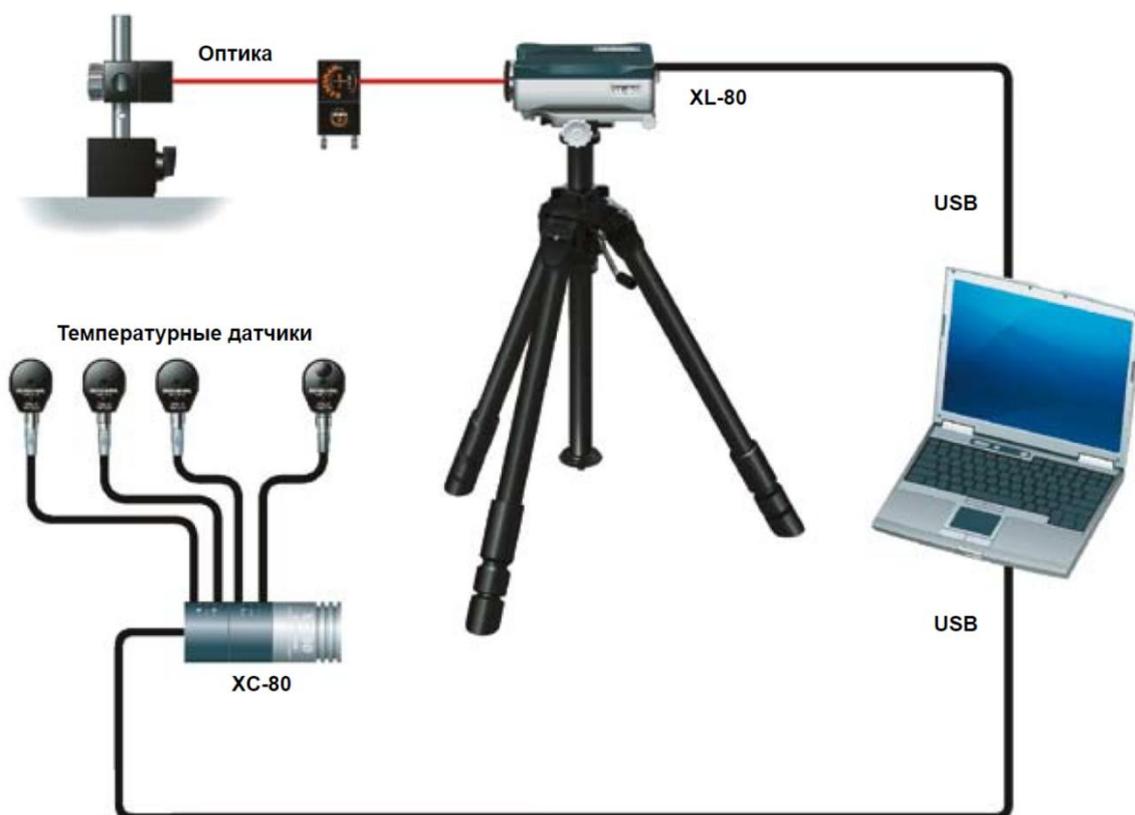


Рис.1. Принципиальная схема ЛИИС Renishaw XL-80

Интерференционный метод является при этом наиболее точным (погрешность измерений колеблется в пределах от единиц нанометра до долей микрометра) и практически не ограничен по длине измерений (в вакууме подобные измерения было бы возможно проводить на неограниченном расстоянии, хотя реальные колебания температуры воздуха, скорости его потока, плотности и концентрации пыли являются источником существенных труднокомпенсируемых погрешностей). Однако интерференционные измерения обладают ограничением по направлению распространения луча, регулируемого лишь статической оптикой, в связи с чем для измерения точности позиционирования, отклонения от прямолинейности и отклонения от перпендикулярности перемещения подвижных элементов станка необходимо каждый раз заново выставлять специализированную оснастку для каждого параметра каждой оси.

Решить проблему унификации измерений способен другой класс оборудования – следящие лазерные трекеры, которые помимо лазерного интерферометра содержат в своей измерительной головке сервоприводы, угломерные устройства, поворотное зеркало, и имеют две ортогональные оси вращения. Точка пересечения осей вращения локализуется в точке на отражающей поверхности поворотного зеркала. Вращение вокруг осей осуществляется с помощью двигателей постоянного тока, каждая ось снабжена угломерным кодирующим устройством (энкодером) [4]. Сам прибор оснащён системой автоматического слежения за перемещением отражателя. Такое средство измерений способно снимать точки уже не по одной оси, а в трёхмерном пространстве, запоминая координаты относительного расположения точек в своей сферической системе координат, которые могут быть легко пересчитаны при необходимости в декартовы системы координат станочного трёхосевого оборудования по формулам:

$$\begin{cases} x = r \cdot \sin \theta \cdot \cos \varphi \\ y = r \cdot \sin \theta \cdot \sin \varphi \\ z = r \cdot \cos \theta \end{cases} \quad (1)$$

где  $x$ ,  $y$ ,  $z$  – координаты в декартовой системе,  $r$  – результаты измерений расстояния до объекта с лазерного интерферометра,  $\theta$  и  $\varphi$  – значения углов, полученные с угломерных кодирующих устройств.

В данной работе представлены результаты контроля пространственной точности станка, комплексно включающей в себя погрешности позиционирования, непрямолинейности и взаимной неперпендикулярности перемещения подвижных элементов станка вдоль своих направляющих. При необходимости, общая погрешность может быть легко разложена на составляющие, так как результатом измерений является координата точки перемещения элементов станка, которые и пересчитываются в дальнейшем в погрешности разного типа.

Для получения экспериментальных данных было использовано следующее оборудование:

1) Следящий лазерный трекер Leica Tracker LTD800 с диапазоном измерений радиусом от 0,5 до 40 м и погрешностью  $(10+L/500)$  мкм, где  $L$  - значение измеренного расстояния в мм (Рисунок 2).

2) Фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ VDL-600SL с диапазоном перемещений 600x450x540 мм, частотой вращения шпинделя до 5000 об/мин и заявленной точностью позиционирования 0,05 мм.

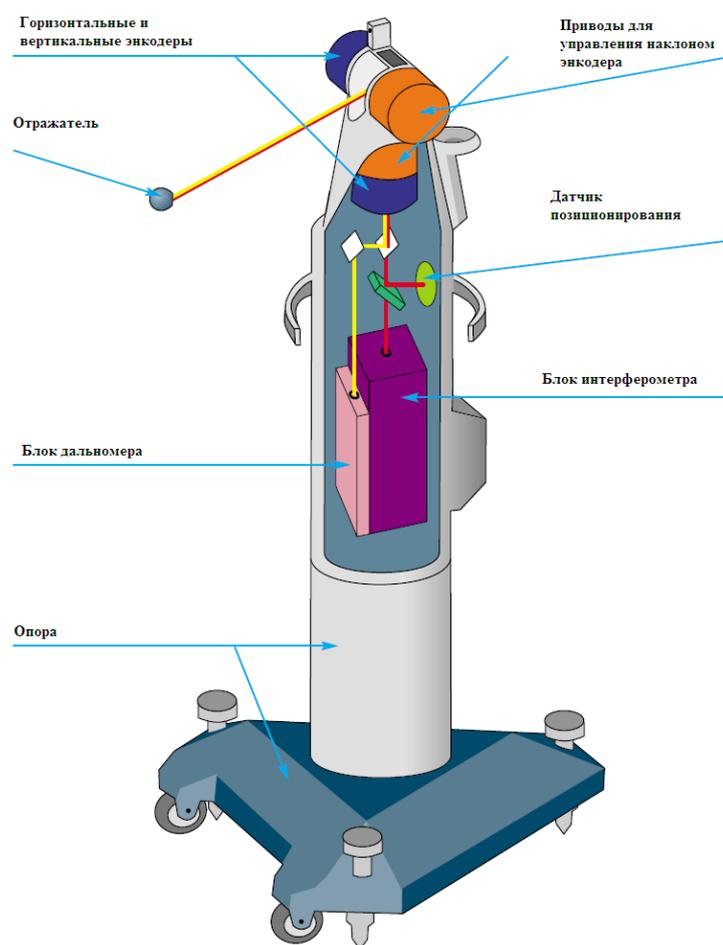


Рис.2. Схема следящего лазерного трекера LTD800.

В ходе эксперимента были проведены автоматические измерения позиционирования невращающегося шпинделя станка с закреплённым в нём отражателем. Измерения проводились в поле перемещений станка 450x450x450 мм с шагом 150 мм в 64 точках диапазона возможных перемещений. В дальнейшем для всех измеренных точек для удобства отображения результатов измерений были вычислены абсолютные погрешности позиционирования в зависимости от расстояния в трёхмерном пространстве относительно начала измерений. Здесь за номинальное значение бралось то расстояние от начала координат, которое было задано в системе ЧПУ, а за действительное – значение координат, полученное с лазерного трекера. Результаты измерений представлены на Рисунке 3 на графике 1.

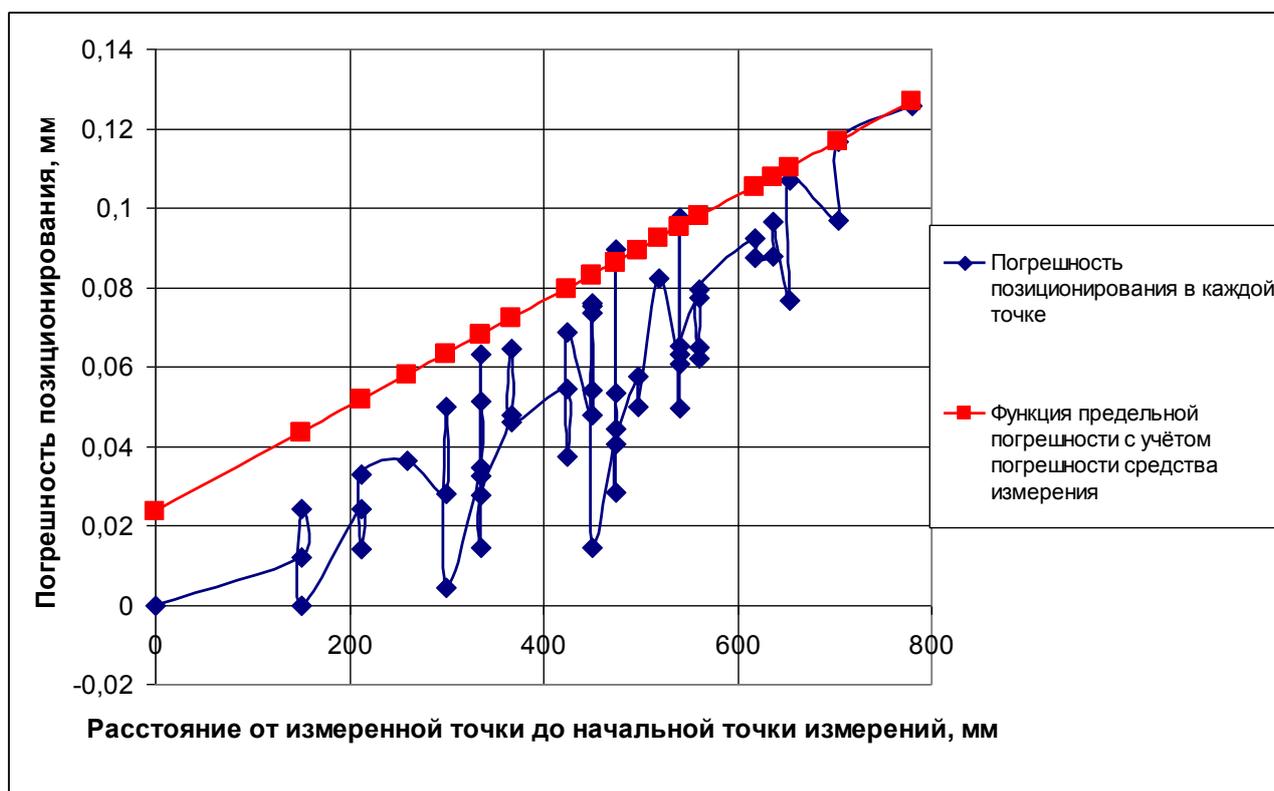


Рис.3. График погрешности абсолютного позиционирования станка в зависимости от расстояния до начальной точки измерений.

Из полученного графика погрешностей очевидно, что с расстоянием растёт не только абсолютная погрешность позиционирования, но и величина разброса результатов измерений. Последнее связано в том числе и с ростом погрешности лазерного трекера при увеличении расстояния по формуле:

$$\Delta_{\text{трекер}} = (10 + L/500) \text{ мкм}, \quad (2)$$

где L - значение измеренного расстояния в мм.

По результатам измерений возможно вывести аналогичную формулу для погрешности станка VDL-600SL, находимую по методу наименьших квадратов как функцию линеаризации полученного графика:

$$\Delta_{\text{станок}} = (13,5 + L/7,675) \text{ мкм}, \quad (3)$$

где L - значение измеренного расстояния в мм.

Суммарная линейная функция предельно допустимой погрешности станка с учётом погрешности средства измерения также приведена на рис. 3 и имеет вид:

$$\Delta_{\text{общ}} = (23,5 + L/7,559) \text{ мкм}, \quad (4)$$

где L - значение измеренного расстояния в мм.

Из приведённых выше функций (2) и (3) можно вывести ожидаемую погрешность для каждой точки позиционирования станка. В частности, максимальная погрешность станка на диапазоне перемещений 600x450x540 мм составит 0,134 мм, а максимальная погрешность измерений на этой же длине не будет превышать 0,012 мм.

На основании результатов экспериментов можно сделать вывод о несоответствии заявленных точностных технических характеристик станка реальным. При этом на основании полученных позиционных точек можно в дальнейшем проводить дополнительный анализ на составные элементы абсолютной погрешности позиционирования, например, по линейным погрешностям позиционирования на каждой отдельной оси, по прямолинейности перемещений по каждой отдельной оси, по взаимной перпендикулярности осей и др. При этом данный анализ можно производить дистанционно и автоматизировано без занятия машинного времени станка и трекера. Это способствует существенному сокращению временных и ресурсных затрат на процедуру контроля точности станка. Так, весь вышеописанный эксперимент по снятию точек позиционирования занял менее часа с учётом установки и необходимого прогрева лазерного трекера, установки всей необходимой оснастки и отражателя, а также написания необходимых управляющих программ для трекера и системы ЧПУ станка. Аналогичные по объёму получаемой информации операции с применением интерференционной системы

Renishaw XL-80 заняли бы 6-8 часов и потребовали бы существенно более высокого уровня компетенции от оператора измерительной установки в виду более сложных методов настройки оптических систем данного средства измерений.

#### Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 230-1-2010. Испытания станков. Часть 1. Методы измерения геометрических параметров.
2. ГОСТ 27843-2006. Испытания станков. Определение точности и повторяемости позиционирования осей с числовым программным управлением.
3. Гужов В.И., Ильиных С.П. Компьютерная интерферометрия, М., Издательство НГТУ, 2005 г. – 252 с.
4. David G. Martin. High Precision Angle Calibration for Spherical Measurement Systems. University of Warwick, 2009. – 278 p.

#### **СЕКЦИЯ №15.**

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

#### **СЕКЦИЯ №16.**

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

#### **ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЕ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ КАК ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**Вишневская Н.Л., Залазаев А.В., Плахова Л.В.**

ПНИПУ, РФ, г.Пермь

Ответственный характер трудовой деятельности педагогов высшей профессиональной школы характеризуется эмоциональной насыщенностью и значительным числом факторов, вызывающих стрессогенные ситуации и снижение их качества жизни, что определяет актуальность данной проблемы. Модель системы деятельности преподавателей следует представить в классическом варианте из основных составляющих: человек – техника-среда, информация-управление.

При этом главную роль в процессе преподавания следует отдать человеку - преподавателю, который несет информационную и управленческую функцию. Деятельность преподавателя может осуществляться в разных условиях трудового процесса, производственной среды и при разном техническом оснащении преподавательского труда. Это может быть только доска и мел или мультимедийно оборудованная аудитория с микрофоном и кондиционированием воздуха. Следовательно, уровень нагрузки на человека будет разным, поэтому подходы к оценке труда должны соответственно изменяться, как и ответные реакции организма на трудовой процесс.

Неравномерно распределен контингент преподавателей по гендерному признаку в разных образовательных учреждениях. Так, в технических образовательных учреждениях преобладает мужской контингент, практически, во всех учреждениях имеются различия по возрастному и стажевому признаку.

Вопросы оценки деятельности преподавателя интересуют специалистов различного профиля – самих педагогов, психологов, врачей-гигиенистов, клиницистов и др. В результате этих исследований получаются различные по качеству и объему информационные блоки. При этом провести интегральную оценку деятельности педагогов различных учебных заведений, специальностей, сравнить полученные массивы информации не представляется возможным, поскольку разные специалисты сосредоточиваются на разных задачах и применяют разные способы и методы. Хотя, в целом, полученные результаты позволяют прийти к заключению о существовании ряда нерешенных проблем, касающихся здоровья преподавателей.

Объективная оценка профессионального здоровья, в условиях существующих принципов накопления медицинской информации по месту проживания, достаточно затруднительна. Среди достоверных источников остается лишь показатель заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ) и результаты

периодических медицинских осмотров (если они проводятся). Информацию можно собрать и проводя социологические опросы.

Следует отметить, что профессиональное здоровье и способность организма сохранять заданные компенсаторные, защитные свойства, и обеспечивать работоспособность в условиях профессиональной деятельности, во многом, определяется самооценкой

Опросы о состоянии здоровья являются уникальным источником информации о некоторых необходимых аспектах или «индикаторах» состояния здоровья, таких как поведение и установки, связанные со здоровьем, модели обращаемости за медицинской помощью и потребления препаратов, влияющих на здоровье. Тем не менее, результаты опроса преподавателей выявили ряд общих проблемных моментов.

Самооценка имиджа преподавателя ВУЗа показала, что состояние физического здоровья преподаватели ставят на предпоследнее – 8 место из 9, придают значение этому признаку лишь около 14% участников опроса. При этом, приоритетные позиции заняли: профессиональные качества, личностные характеристики, практический опыт, наличие ученой степени. Такое отношение к здоровью может говорить о достаточно молодом возрасте участников, поскольку в возрастных категориях «после 50» уже около 30 % опрошенных придают значение показателю «здоровья». В этом случае наблюдается дополнительная закономерность: накопление преподавательского опыта сопровождается ухудшением здоровья, при этом, критическим (пограничным) возрастом считается 45-50 лет. Следовательно, важным принципом является первичное просвещение и информирование данной категории работников о способах самооценки состояния своего здоровья и об особой важности так называемого третьего состояния – предболезни (Рисунок 1).

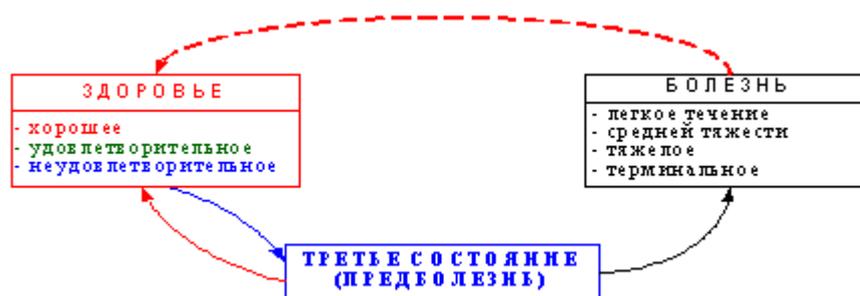


Рис.1. Состояния организма

Что касается углубленной оценки здоровья преподавателей по опросным данным, то она выполнена в 2007 г. Микеровой М.С., где показано, что частота нарушений здоровья преподавателей увеличивается с возрастом, достигая 77% в группе 51-60 лет. Из считающих себя здоровыми треть респондентов отмечает наличие хронических заболеваний, что, по-видимому, связано с недооценкой значимости собственного здоровья, или наличием заболеваний, не вызывающих ощутимого дискомфорта.

Среди хронических болезней приоритетное положение занимали болезни глаз, органов дыхания, системы кровообращения органов пищеварения, нервной системы. Наибольший удельный вес имеет патология органов дыхания: хронический бронхит, хронический фарингит, хронический тонзиллит и хронический ларингит. Часто (до 16%) отмечается сочетанная патология органов дыхания. Практически каждый преподаватель (100%) наблюдался или проходил лечение по поводу факта заболевания органов дыхания [2].

Особое профессиональное значение имеет патология голосового аппарата преподавателей. По данным различных авторов, профессиональными заболеваниями голосового аппарата страдают от 32,6 до 53,2% преподавателей [2]. Профессиональную деятельность педагога отличает и высокая эмоциональная нагрузка [4].

Наряду с самооценкой здоровья, медицинская активность является важнейшим фактором, отражающим отношение преподавателей к собственному здоровью. Однако, систематических исследований, отражающих степень медицинской активности педагогов, обнаружить не удалось, поэтому возможно лишь предположить, что она не высока, поскольку уровень заболеваемости данного контингента работников по некоторым позициям занимает 100% (болезни органов дыхания).

С нашей точки зрения здоровьесбережение следует рассматривать как возможность влиять на состояние здоровья в условиях различных состояний. При этом следует предпринимать меры по улучшению состояния здоровья. Особое внимание следует придать третьему состоянию организма – предболезни. Следует осуществлять информирование преподавателей о возможных предболезненных состояниях и привлекать

внимание к оценке собственного здоровья с позиций здоровьесбережения. Только такой подход позволит обеспечить профилактику заболеваний и снизить до минимума тяжесть болезненных проявлений.

Наряду с диагностикой предболезненных состояний, важнейшим профилактическим принципом следует считать качественную и количественную оценку индивидуального здоровья. Понятия «человек здоров» и «человек болен» отражают качественную сторону состояния, а детальные интегрально-количественные оценки можно получить только исследуя индивидуальный биохимический, клиничко-соматический и др. статусы человека, т.е. выполнить полный набор медицинских исследований в соответствии с показаниями.

В связи с вышеизложенным, следует повторить известную истину, что только здоровый человек может качественно и эффективно выполнять свои профессиональные задачи.

#### Список литературы

1. Артюнина Г.П., Семенов П.В., Орлова Л.С., Бояновская А.А. Труд и здоровье псковских педагогов// Псковский регионологический журнал. 2007. № 5. С. 155-169.
2. Василенко Ю.С., Романенко С.Г., Павлихин О.Г. Наиболее частые ошибки в диагностике и лечении расстройств голосовой функции // Вестн. оторинолар.2006.– No2. – С. 25-27.
3. Вишневская Н.Л., Плахова Л.В. Профессиограмма как интегральная модель оценки пригодности персонала для обеспечения безопасности производства//Фундаментальные исследования. 2014. № 8-4. С. 801-805.
4. Микерова Мария Сергеевна. Здоровье преподавателей медицинских вузов и факторы, его определяющие : диссертация ... кандидата медицинских наук : 14.00.33 / Микерова Мария Сергеевна;.- Москва, 2007.- 171 с.: ил.
5. Фомина М.В., Зарицкая Л.А. Адаптация педагогов к условиям образовательной среды вуза. Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 6 (125). С. 78-81.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ЖИВОТНЫМИ, ЗАРАЖЕННЫМИ ОПАСНЫМИ ВИРУСНЫМИ ИНФЕКЦИЯМИ

<sup>1</sup>Деренок А.Н., <sup>2</sup>Долговых К.С., <sup>2</sup>Чулков Н.А.

<sup>1</sup>ТГАСУ

<sup>2</sup>ТПУ, Россия, г.Томск

Актуальность данной темы состоит в обеспечении безопасности при работе с подопытными животными, зараженными опасными вирусами в лабораторных условиях.

На сегодняшний день самое опасное вирусное заболевание - острая вирусная высококонтагиозная болезнь, вызываемая вирусом Эбола. Редкое, но крайне опасное заболевание. Вспышки эпидемии зафиксированы в Центральной и Западной Африке, летальность составляла от 25 до 90 % (в среднем 50 %).

По состоянию на 10 апреля 2015 общее число лиц, пострадавших от вспышки лихорадки Эбола, составляет 24992 человека, в том числе 10365 летальных случаев. В России вакцины против Эболы находятся на стадии клинических испытаний, а один из препаратов уже прошел испытания на приматах. Вакцину против Эболы разработали российские вирусологи из Сергиева Посада и Новосибирска.

Впервые вирус Эбола был идентифицирован в экваториальной провинции Судана и прилегающих районах Заира (сейчас Демократическая республика Конго) в 1976 году. В Судане заболело 284 человека, из них умерло 151. В Заире— 318 (умерло 280). Вирус был выделен в районе реки Эболы в Заире. Это дало название вирусу.

В России вспышки этого заболевания встречались 3 раза, и все заражения были получены в лабораторных условиях. Первое заражение произошло в 1988 году в перчаточной камере, при нарушении инструкции по проведению инъекции, подопытного животного нужно было привязать к деревянной панели, но инъекцию подопытному делали, держа в руках, и при этом лаборант случайно проткнул руку, так вирус попал в тело человека.

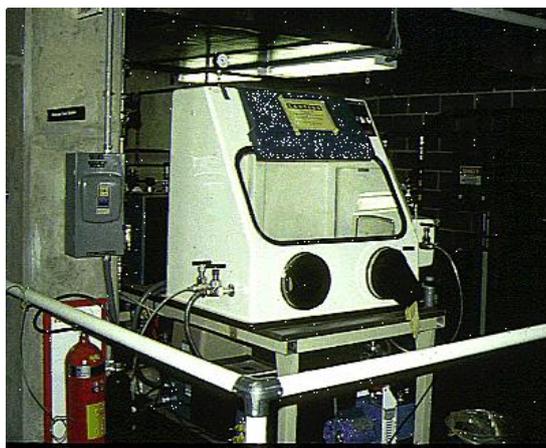


Рис.1. Перчаточная камера.

Второй случай произошел в 1996 году, умерла лаборантка вирусологического центра НИИ микробиологии МО РФ в Сергиевом Посаде, которая заразилась вирусом Эбола по неосторожности, уколов себе палец, когда делала инъекции кроликам.

Третий случай 19 мая 2004 года, от лихорадки Эбола умерла Антонина Преснякова, 46-летняя старшая лаборантка отдела особо опасных вирусных инфекций НИИ молекулярной биологии Государственного научного центра вирусологии и биотехнологии «Вектор». Как было установлено, 5 мая 2004 года лаборантка проколола себе кожу при проведении инъекций подопытным морским свинкам.

На момент первых заражений все сотрудники имели пневмокостюм «Антибелок-5» резиновый скафандр с окошком. Самое уязвимое место-резиновые перчатки. Заменить резину другим материалом невозможно - исследователь должен чувствовать пальцами предмет, которого касается.

На данный момент вирус мутировал и стал более устойчивый, И если раньше он передавался от зараженного человека к другим людям только через кровь, слюну, слизь (то есть если здоровый человек, у которого есть микротравмы на коже, прикоснется к носителям вируса), то сейчас и просто через поверхности, к которым прикасался больной. [1]



Рис.2. Пневмокостюм «Антибелок-5»

Обеспечение безопасности во время проведения вакцинации и отбора проб:

Большинство видов исследовательской работы предполагают контакты персонала с лабораторными животными, которых необходимо либо, экспериментально инфицировать возбудителями болезней, представляющими особую опасность для людей, либо взять пробы анализов у ранее зараженных животных. В связи с этим сотрудникам лабораторий необходимо обеспечить безопасные условия труда. Так же, особое внимание необходимо уделять и экспериментальным животным.

В настоящее время разработан целый ряд нормативно-технических документов. Действующие санитарно-эпидемиологические правила регламентируют требования к проведению исследований на лабораторных, диких позвоночных животных и членистоногих, их содержанию, а также обеззараживанию и последующей утилизации трупов отработанных животных и материалов. [2]

Для обеспечения безопасной работы с шприцами, при заражении животных разработаны специальные методические приёмы, включающие в себя:

- Подготовку шприцов для заражения
- Наполнение шприцов заразным материалом
- Заражение животных
- Разборка шприцов после заражения
- Обеззараживание
- Фиксация животных.

При заражении лабораторных животных применяют различные, в зависимости от вида животных и метода введения материала, способы фиксации. Для этой цели предложено довольно большое количество всякого рода станков, досок-фиксаторов и т.п.

Соблюдение норм и правил содержания зараженных животных, лабораторных исследований и последующей утилизации трупов отработанных животных и материалов, сведет к минимуму несчастные случаи.

Так как самым уязвимым местом у лаборанта являются перчатки, предлагаем применять комплекцию технических устройств герметизации боксов дополнительным оборудованием, обеспечивающим дополнительную защиту от проколов и порезов резиновых перчаток. В этих перчатках могут быть использованы технологии нанесения и закрепления защитных элементов, как при производстве кольчужных перчаток В Америке уже существуют подобные армированные перчатки компании HexArmor, но за пределы США они не поставляются. Их смысл заключается в том, что у них существует мелко-чешуйчатый армированный слой, который в не большой степени влияет на чувствительность предмета в руке, но при этом существенно снижает риск случайного прокола.

Нами рассматривается также схема использования комбинации резиновых и кольчужных перчаток. Использование таких перчаток создаваемых в России сведёт к минимуму механические повреждения мягких тканей рук вирусологов при работе с колющими и режущими предметами при проведении экспериментов с животными.



Рис.3. Перчатка кольчужная 3-х (трехпалая) палая с пластиковым манжетом.

Предлагаемые кольчужные перчатки [3] сочетают в себе высокую прочность, надёжность, эргономичность. Они произведены на европейскую руку и имеют достаточную длину пальцев не сковывающую движения. Так же благодаря малому диаметру колец всего 3 мм пальцы рук и сама кисть не теряет гибкости. Благодаря использованию кольчужных перчаток можно свести к минимуму несчастные случаи на предприятии. Срок службы перчаток большой благодаря антикоррозийной устойчивости, прочности нержавеющей стали. Также перчатки кольчужные не боятся дезинфицирующих растворов и чистящих средств. Они не имеет парности и могут носиться как на левую так и на правую руку.

#### Список литературы

1. Долговых К.С., Чулков Н.А. Обеспечение безопасности при работе с опасными вирусными инфекциями. Энергетика: Эффективность, надёжность, безопасность: материалы XX Всероссийской научно-технической конференции / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. Т. II. – 257 с.
2. Санитарно-эпидемиологические правила СП 1.3.1285-03. Организация и проведение учебного процесса по подготовке специалистов в области биобезопасности и лабораторной диагностики возбудителей некоторых опасных инфекционных болезней– Иркутск, 2012-67 стр.
3. ГОСТ Р ИСО 14644-7-2007/ <http://vsegost.com/Catalog/11/1118.shtml>.

# РАЗРАБОТКА СПОСОБА ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В СТОЧНЫХ ВОДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАТАЛИЗАТОРОВ В НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ФОРМЕ

Зарапина И.В., Яцинина М.А., Космынин Ф.Г.

ТГТУ, РФ, г.Тамбов

Рост численности населения, увеличение количества автомобилей, применение все большего количества синтетических моющих средств привело к увеличению количества сточных вод и к изменению их качественного состава. В настоящее время в составе сточных вод можно выделить две основные группы загрязнителей – трудно-окисляемые, то есть такие, которые практически не поддаются биологическому разложению (это соли тяжелых металлов, фенолы, пестициды) и легко-окисляемые, то есть такие, которые могут подвергаться процессам самоочищения водоемов. Химические вещества, попадая в реки и озера, оказывают негативное влияние на биологическое состояние водоемов, снижается насыщение вод кислородом, парализуется деятельность экосистем.

Технология очистки городских сточных вод основана на устранении органических соединений биологической очисткой активным илом в аэротэнках. Очистка происходит за счет процессов жизнедеятельности микроорганизмов. Поступающие органические вещества в загрязненной воде последовательно минерализуются биоценозами микроорганизмов [1].

Данный способ очистки формирует огромное количество твердых органических отходов, проблема их утилизации на сегодняшний день решается вывозом осадка на площадки захоронения.

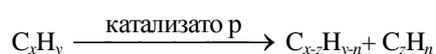
Предлагаемый способ очистки городских сточных вод позволяет обеспечить соответствие сбрасываемых вод нормативным показателям по содержанию органических веществ и решает проблему утилизации твердых отходов.

Технология заключается во введении суспензий матричных структур наноматериалов, полученных на основе наноструктурированных металлов и оксидов металлов с размером частиц 40-100 нм в сточные воды, поступающие на очистные сооружения.

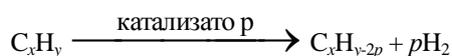
Предлагаемая технология исключает стадии обезвоживания органического осадка и осуществляется следующим образом. Сточная вода и суспензия нанокатализаторов подаются в первичный отстойник, где выдерживаются в течение 1,5 ч. По истечении этого времени вода поступает в аэротэнки, где проходит обработку активным илом в течение 10 ч. Далее во вторичных отстойниках происходит расслоение воды и активного ила. Очищенная вода сливается в водоём, а активный ил возвращается в аэротэнки.

Механизм действия наночастиц металлов сводится к процессу расщепления углеводородов благодаря недостатку кислорода и наличию в объёме органических веществ и катализаторов высокой активности.

Происходит разрыв цепи по связи C–C с образованием углеводородов с более низкой молекулярной массой:

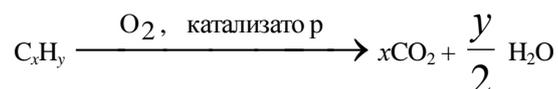


Дегидрирование (разрыв связей C–H):



Эти два процесса обеспечиваются ультрадисперсными катализаторами в первичных отстойниках.

При наличии границы раздела фаз жидкая фаза пруда и газовая фаза (воздух) формируются условия для протекания реакций окисления, которые идут совместно с биологической очисткой сточных вод активным илом.



Органические вещества на нанокатализаторах, как растворимые, так и нерастворимые, за время контакта 1,5 ч переходят из трудно-окисляемой формы (показатель «Химическое потребление кислорода») в легко-окисляемую форму (показатель «Биологическое потребление кислорода»), при этом снижается количество взвешенных частиц и общее содержание органических веществ (Табл.1).

Таблица 1

Содержание органических веществ в сточной воде до и после обработки суспензией наноструктурированных катализаторов

Наименование показателя	Сточная вода, поступающая на очистные сооружения	Сточная вода, обработанная нанокатализаторами
ХПК, мгО <sub>2</sub> /л	422,4	727
БПК, мгО <sub>2</sub> /л	207,4	473
Взвешенные вещества, мг/л	226	192,4
Общее содержание органических веществ, мг/л	566,7	533,8

Результаты анализа воды после проведения биологической очистки (10 ч) приведены в Табл.2.

Таблица 2

Содержание органических веществ в сточной воде после очистки

Наименование показателя	Осветленная сточная вода (традиционная технология)		Сточная вода, обработанная нанокатализаторами	
	До биологич. очистки	После биологич. очистки	До биологич. очистки	После биологич. очистки
ХПК, мгО <sub>2</sub> /л	178,3	91	407,1	81
БПК, мгО <sub>2</sub> /л	105,1	14,1	295,3	4,8
Взвешенные вещества, мг/л	81,0	17,3	192,4	8,4
Общее содержание органических веществ, мг/л	417,4	104,5	533,8	54,3

Действие катализаторов в наноструктурированной форме продолжается и на стадии биологической очистки, это приводит к полной ликвидации взвешенных органических веществ в сточной воде, что исключает необходимость утилизации твердых органических отходов.

Снижение себестоимости очистки сточных вод при ведении катализаторов в наноструктурированной форме составляет 0,9 – 1,4 руб/м<sup>3</sup>. Дополнительные затраты на реализацию технологии составили 0,6 – 1 руб/м<sup>3</sup>. Экономический эффект равен 0,3 – 0,4 руб/м<sup>3</sup>. Для города с населением 100 тыс. человек где суточный сброс сточных вод составляет 30000 м<sup>3</sup>, что соответствует 9000 – 12000 руб/сут.

Применение нанокатализаторов в процессе очистки сточной воды: способствует переводу органических соединений из трудно-окисляемой формы в легко-окисляемую; позволяет достичь соответствия сбрасываемых вод нормативным показателям; решает проблему утилизации твердых органических отходов, что сокращает расходы по захоронениям отходов.

#### Список литературы

1. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н.С. Жмур. – М.: Изд-во «Акварос», 2003. – 512 с.

#### СЕКЦИЯ №17.

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

#### СЕКЦИЯ №18.

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

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

### **ОБЗОР СПОСОБОВ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ НАНОМАТЕРИАЛАМИ**

**Бесперстова Г.С.**

ФГБОУ ВПО «ТГТУ», РФ, г.Тамбов

Нанотехнологии нашли широкое применение в различных отраслях промышленности с целью получения новых конкурентоспособных продуктов. В частности, актуальной стала задача создания конструкционных и функциональных материалов нового поколения на базе наноструктур с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

В этом случае наноструктуры используются в качестве модификаторов различных полимеров. Так известно, что внесение малых концентраций углеродных наноматериалов в матрицу полимера позволяет существенно изменить структуру и свойства получаемых на его основе композитов. Главной проблемой, затрудняющей получение таких материалов, является равномерное распределение наномодификатора в полимерной матрице.

Рассмотрим решение данной задачи на примере эпоксидной смолы, одном из самых распространенных полимеров, давно привлекающем внимание учёных, в связи с потребностью в создании легкого и прочного материала для авиа-, судо-, машиностроения и т.д.

Для распределения наноматериала в смоле может быть использовано ультразвуковое, механическое или комбинированное воздействие.

Ультразвуковое воздействие использовалось в работах [6 – 8]. Так в источнике [19] описано распределение наноматериала при помощи ультразвуковых колебаний, путём воздействия коротких импульсов общей длительностью, не превышающей 100 секунд, или одним импульсом такой же длительностью. Смесь углеродных нанотрубок (УНТ) и эпоксидной смолы охлаждали до комнатной температуры, иначе начинался процесс разрушения структуры эпоксидной смолы, что отрицательно сказывалось на качестве конечного продукта. Эта черта характерна для ультразвуковой обработки.

Механическое воздействие, как единственный способ смешения использовался в [1, 12]. В [12] был разработан оригинальный валковый диспергатор с вертикальным расположением ротора и статора.

Одно механическое воздействие не может позволить добиться необходимого качества распределения. С этой целью используют комбинированные способы смешения, представленные в источниках [3, 9 – 11, 13 – 16]. В [14] случае углеродный наноматериал вводили непосредственно в объем эпоксидной смолы, а в [16] готовили концентрат.

Существует два способа введения углеродных нанотрубок в эпоксидную смолу: «сухой» и через растворитель или отвердитель. Внесение через растворитель [2, 4, 8, 13, 14] или отвердитель [17] связано с дополнительными операциями вакуумирования, что существенно удорожает технологию и отрицательно сказывается на качестве конечного продукта. Авторы [7] готовили суспензию из метанола, ПАВ и УНТ, которую перемешивали при помощи ультразвукового и механического воздействия, затем вводили в эпоксидную смолу и подвергали ультразвуковому воздействию. Для дегазации и удаления метанола использовали вакуумирование. «Сухое» введение подразумевает добавление углеродного наноматериала непосредственно в эпоксидную смолу и механическое, УЗ или комбинированное воздействие [5, 15, 16, 18, 19].

Таким образом, анализ литературных данных позволил определить, что введение растворителя удорожает и ухудшает качество конечного продукта, с помощью механического воздействия нельзя добиться качественного распределения, а длительное ультразвуковое воздействие может отрицательно повлиять на структуру эпоксидной смолы. Из чего можно сделать вывод, что предпочтительным является использование комбинированного метода, заключающегося в ультразвуковой обработке и механическом воздействии.

#### **Список литературы**

1. Campo, M. Effect of type, percentage and dispersion method of multi-walled carbon nanotubes on tribological properties of epoxy composites / M. Campo, A.Jiménez-Suárez,A.Ureña // Wear. – 2015. - № 324 - 325. – p.100 - 108.

2. Chang, Yu-Hsun. Physisorption of ionic salts to carbon nanotubes for enhancing dispersion and thermomechanical properties of carbon nanotube-filled epoxy resins / Yu-Hsun Chang a, King-Fu Lin // *Composites Science and Technology*. – 2014. - № 90. – p. 174 – 179.
3. Islam, M. E. Characterization of carbon fiber reinforced epoxy composites modified with nanoclay and carbon nanotubes / M. E. Islam, T. H. Mahdi, M. V. Hosur // *Procedia Engineering*. – 2015. - № 105. – p. 821 – 828.
4. Jakubinek, M.B. Single-walled carbon nanotube–epoxy composites for structural and conductive aerospace adhesives / Michael B. Jakubinek, Behnam Ashrafi, Yunfa Zhang // *Composites: Part B*. – 2015. - №69. – p. 87 – 93.
5. Kharitonov, A.P. Reinforcement of epoxy resin composites with fluorinated carbon nanotubes / A.P. Kharitonov, G.V. Simbirtseva, A.G. Tkachev // *Composites Science and Technology*. – 2014. – № 107. - p. 162 - 168.
6. Moaseri, E. Improvements in mechanical properties of multi-walled carbon nanotube-reinforced epoxy composites through novel magnetic-assisted method for alignment of carbon nanotubes / E. Moaseri, M. Karimi, M. Baniadam // *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* // 2014. - №64. – p. 228 – 233.
7. Naik, R. B. Effect of non-ionic surfactants on thermomechanical properties of epoxy/multiwall carbon nanotubes composites / R. Balaji Naik\*, S.B. Jagtap, R.S. Naik // *Progress in Organic Coatings*. – 2014. - №7. – p. 1883 – 1889.
8. Rahmanian, S. Mechanical Characterization of Epoxy Composite with Multiscale Reinforcements: Carbon Nanotubes and Short Carbon Fibers / S. Rahmanian, A.R. Suraya, M.A. Shazed // *Materials & Design*. – 2014. - №60. – p. 34 – 40.
9. Saeed, A. M. E. Synthesis and characterization of titanium oxide nanotubes and its performance in epoxy nanocomposite coating / Ashraf. M. El Saeed, M. Abd El- Fattah, M.M. Dardir // *Progress in Organic Coatings*. – 2015. - № 78. - p.83 - 89.
10. Vahedi, F. Effects of carbon nanotube content on the mechanical and electrical properties of epoxy-based composites / F. Vahedi, H. R. Shahverdi, M. M. Shokrieh // *New carbon materials*. – № 29(6). – p. 419 – 425.
11. Yue, L. Epoxy composites with carbon nanotubes and graphene nanoplatelets – Dispersion and synergy effects / Liang Yue, Gholamreza Pircheraghi, Seyed Ali Monemian // *Carbon*. - 2014. – №78. - p. 268 – 278.
12. Абрахимов, Р.Р. Исследования реологии суспензий для эффективного диспергирования многостенных углеродных нанотрубок в эпоксидной смоле / Р.Р. Абрахимов, С.Б. Сапожников, В.В. Сеницин // *Вестник ЮУрГУ*. – 2012. - №34. – С.68 – 74.
13. Акатенков, Р.В. Влияние малых количеств функционализированных нанотрубок на физико-механические свойства и структуру эпоксидных композиций / Р.В. Акатенков, В.Н. Алексахин, И.В. Аношкин и др. – Москва: ФГУП «ВИАМ» ГНЦ, 2011. – 16с.
14. Захарычев, Е.А. Разработка полимерных композиционных материалов на основе эпоксидного связующего и функционализированных углеродных нанотрубок: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук / Е.А. Захарычев. – Нижний Новгород, 2013. – 26с.
15. Заявка 2005105685 США, МПК С 09 J 4/00. Гибридный пластизол/составы для термоклей [Текст] / Стумфозер Уильям С., Паркер Антони А.; заявитель и патентообладатель Стумфозер Уильям С., Паркер Антони А.; патентный поверенный Веселицкая И.А. - №2005105685/04, заявл.30.07.2003; опубл. 30.07.2003, Бюл.№34. – 6с.
16. Зимин, Д.Е. Наномодификация эпоксидного связующего для создания базальтопластика с улучшенными эксплуатационными свойствами / Д.Е. Зимин, О.С. Татаринцева, А.К. Кычкин // *Ползуновский вестник*. – 2013. - №3. – С.282 – 285.
17. Пат.2489460 Российская Федерация МПК С08L 63/02 С08L 63/04 С08К 3/04 D82D 3/00. Наномодифицированное связующее, способ его получения и препрег на его основе [Текст] / Озерин А.Н., Тикунова Е.П., Яблокова М.Ю. и др.; заявитель и патентообладатель ЗАО «ИМУМиТ». - №20122110148/05, заявл.19.03.2012; опубл. 19.03.2012, Бюл.№22. – 13с.
18. Пат.2500706 Российская Федерация МПК С09J4/00 В82В3/00. Способ диспергирования наночастиц в эпоксидной смоле [Текст] / Вермель В.Д., Доценко А.М, Титов С.А. и др.; патентообладатель ФГУП «ЦАГИ». - №2012114992/05, заявл.17.04.2013; опубл. 10.12.2013, Бюл.№34. – 12с.
19. Пат.2500760 Российская Федерация, МПК С09J 4/00 В82В 3/00// Способ диспергирования наночастиц в эпоксидной смоле [Текст] / Вермель В.Д., Доценко А.М., Титов С.А. и др.; заявитель и патентообладатель ФГУП «ЦАГИ». - №2012114992/05, заявл.14.04.2012; опубл.10.12.2013, Бюл.№34. – 12с.

## **СЕКЦИЯ №20. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)**

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Кирюхина И.Я., Лебедева С.А.**

ИрГУПС, РФ, г.Иркутск

Современные рыночные условия ставят перед руководством предприятия все новые и новые задачи поиска путей повышения эффективности функционирования. Острая конкурентная борьба предъявляет все более высокие требования к организации четкого взаимодействия работы всех сфер деятельности организации. С целью повышения эффективности функционирования и слаженной работы подразделений предприятия руководство зачастую принимает решение об использовании той или иной информационной системы.

Большинство разработанных программных продуктов по автоматизации производства имеют высокую стоимость и после приобретения предприятием требует доработок и адаптаций под конкретную специфику предприятия. В готовых продуктах зачастую имеется избыточная информация и функционал, которые не требуются для данного предприятия, а лишь усложняет работу пользователя.

В данной статье рассматривается многофункциональная информационная система, разрабатываемая с помощью средств моделирования UML и реализованная на языках программирования PHP, JavaScript и технологии AJAX.

Разработанная система реализует следующие процессы:

- а) сбор данных о выходе на работу сотрудников;
- б) сбор данных об использовании техники;
- в) учет выполняемых различных видов работ;
- г) построение табельной ведомости;
- д) просмотр статистики по проектам;
- е) просмотр состава бригад;
- ж) заказ дополнительных материалов, запчастей и спец. одежды;
- з) назначение ответственных за определенные работы;
- и) указание дефектов в работе.

Для проектирования ИС могут использоваться разные языки моделирования. Но наиболее распространенным и эффективным является UML.

UML (Unified Modeling Language) - унифицированный язык моделирования - это язык графического описания для объектного моделирования в области разработки программного обеспечения.

В данной статье будут рассмотрены отдельные диаграммы вариантов использования и диаграммы последовательности.

Назначение данной диаграммы состоит в следующем: проектируемая информационная система представляется в форме так называемых вариантов использования (прецедентов), с которыми взаимодействуют внешние сущности или актеры.

На Рисунке 1 представлена общая диаграмма вариантов использования.

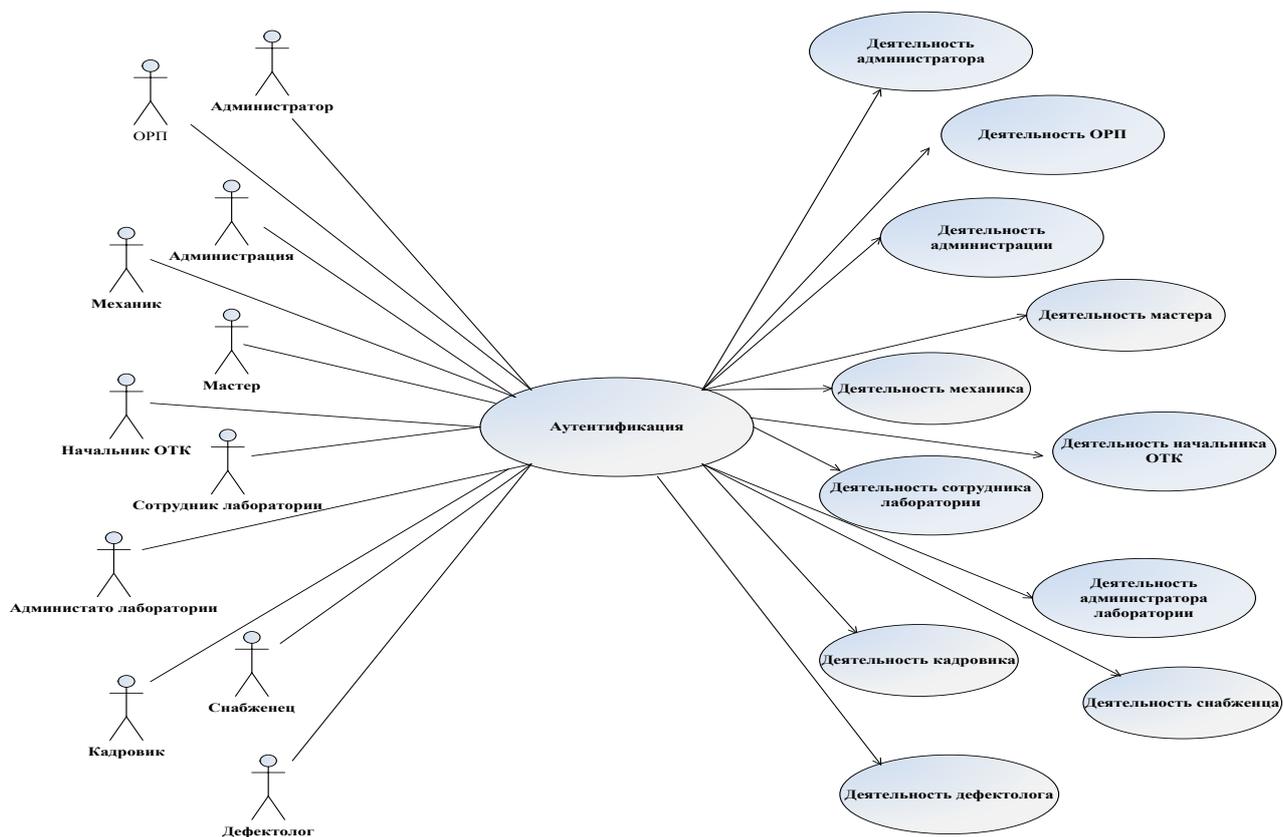


Рис.1. Общая диаграмма вариантов использования

На представленной диаграмме видно, что работать с системой могут различные группы пользователей, такие как администратор, сотрудник отдела руководства проектами (ОРП), механик, мастер, администрация, начальник отдела технического контроля (ОТК), сотрудник лаборатории и др. Прежде чем приступить к работе в системе, пользователь проходит аутентификацию, и если он авторизован, то он приступает к работе в соответствии со своей ролью и разрешенными функциями.

Ниже представлены диаграммы вариантов использования для различных актеров системы.

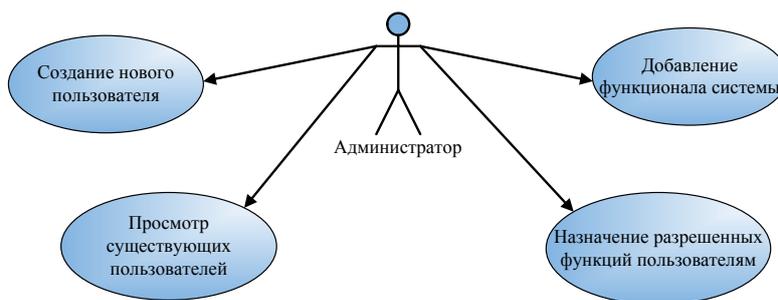


Рис.2. Прецедент администратора

На Рисунке 2 изображены функции, которые выполняет администратор в системе. Он может создать нового пользователя, просмотреть уже существующих, добавить функциональные возможности системы и назначить какие функции будет выполнять каждый из пользователей системы.

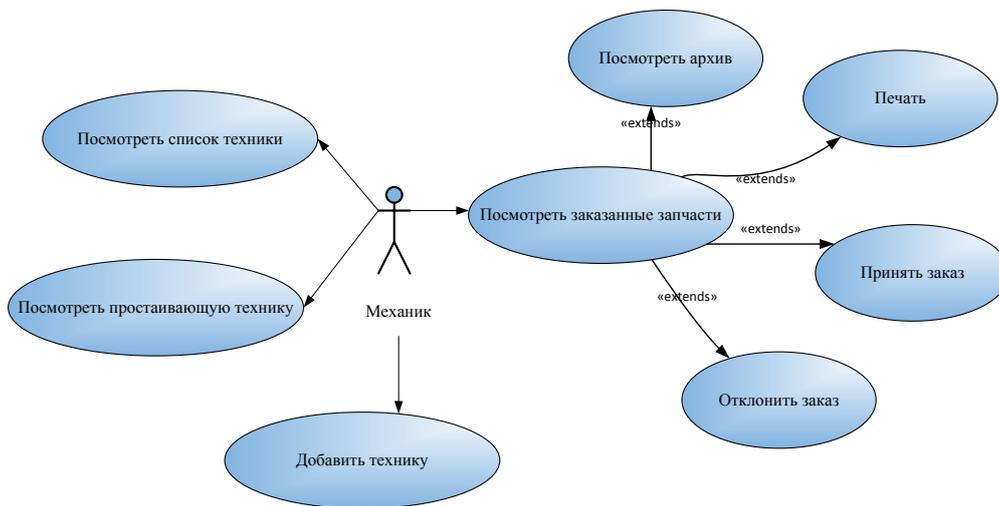


Рис.3. Прецедент механика

На Рисунке 3 отображены действия, выполняемые механиком. Он просматривает заказы на запчасти, и может либо принять заказ либо его отклонить, также механик может распечатать список заказов, посмотреть архивные записи. В его полномочия входит возможность добавления новой техники, просмотр списка уже имеющейся в эксплуатации предприятия техники или техники, которая простаивает в данный момент.

Диаграмма последовательности наглядно показывает временной аспект взаимодействия. Она имеет два измерения. Одно измерение – слева направо в виде вертикальных линий, каждая из которых представляет линию жизни отдельного экземпляра актера или объекта, участвующего во взаимодействии. Второе измерение – вертикальная временная ось, направленная сверху вниз. Начальному моменту времени соответствует самая верхняя часть диаграммы. При этом масштаб на оси времени не указывается, поскольку диаграмма последовательности моделирует лишь временную упорядоченность взаимодействий типа «раньше-позже».

Ниже представлены диаграммы последовательности и результат их программной реализации.

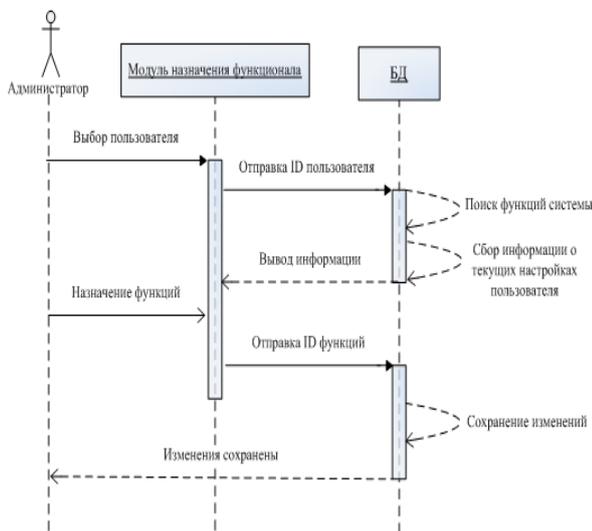
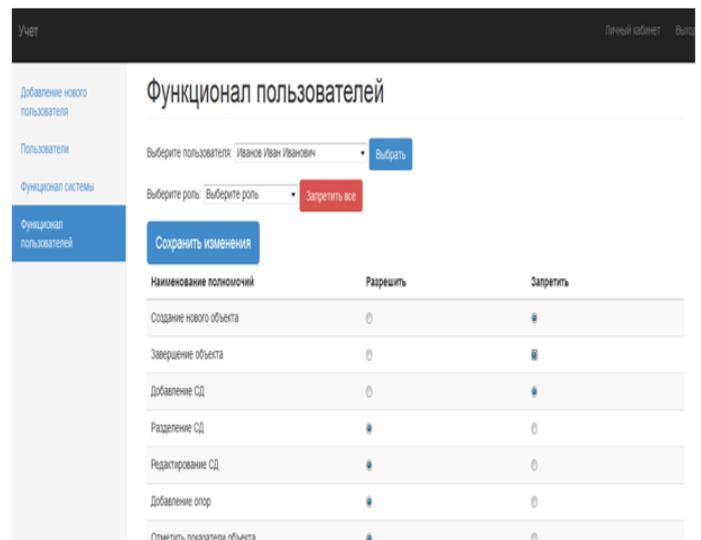


Рис.4. Процесс назначения функционала



На данной диаграмме видно, что для того чтобы назначить разрешенный функционал, администратор выбирает пользователя, после чего в БД ведется поиск функций системы и уже имеющихся настройках пользователя. Далее администратор выбирает функции, которые необходимо разрешить и сохраняет изменения.

Далее представлен процесс просмотра данных.

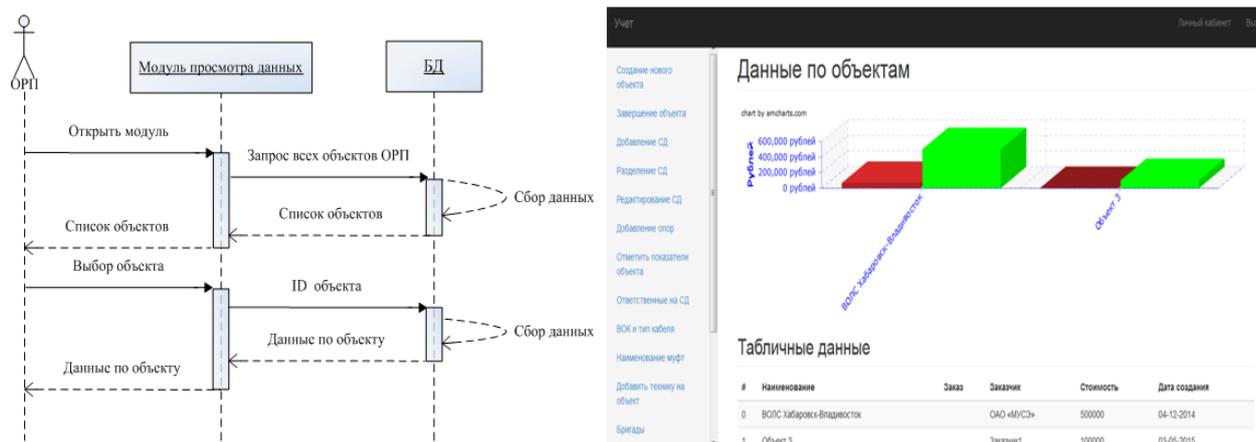


Рис.5. Процесс просмотра данных

Из данной диаграммы следует, что при открытии раздела просмотра, осуществляется поиск всех объектов, которыми занимается данный пользователь. После чего он выбирает объект, и может просмотреть детальную информацию.

Тенденции развития современных информационных технологий приводят к постоянному возрастанию сложности ИС. Визуализированные средства UML модели обеспечивают ясность представления выбранных архитектурных решений и позволяют понять разрабатываемую систему во всей ее полноте.

Данная информационная система была разработана по заявке одного из предприятий г.Иркутска. В настоящее время система внедрена и успешно используется заказчиком.

#### Список литературы

1. Избачков, Ю.С. Информационные системы. Учебник для вузов / Ю.С. Избачков, В.Н. Петров. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2005. – 739 с.
2. Меньова А.В. Теоретические основы автоматизированного управления: Учеб. пособие. — М.: МГУП, 2002. — 176 с.
3. Объектно-ориентированное моделирование и разработка / А. Якобсон, Г. Буч, Дж. Рамбо. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2002. – 496 с.
4. Роберт Дж. Мюллер. Базы данных и UML. Проектирование - Изд-во Лори, 2002 г. – 420 с.

## СЕКЦИЯ №21.

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

## ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2015 ГОД

### Январь 2015г.

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

Прием статей для публикации: до 1 января 2015г.

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

### Февраль 2015г.

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

Прием статей для публикации: до 1 февраля 2015г.

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

### Март 2015г.

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

Прием статей для публикации: до 1 марта 2015г.

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

### Апрель 2015г.

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

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2015г.

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

### Май 2015г.

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

Прием статей для публикации: до 1 мая 2015г.

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

### Июнь 2015г.

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

Прием статей для публикации: до 1 июня 2015г.

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

### Июль 2015г.

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

Прием статей для публикации: до 1 июля 2015г.

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

### Август 2015г.

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

Прием статей для публикации: до 1 августа 2015г.

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

### Сентябрь 2015г.

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

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2015г.

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

### Октябрь 2015г.

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

Прием статей для публикации: до 1 октября 2015г.

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

**Ноябрь 2015г.**

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

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2015г.

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

**Декабрь 2015г.**

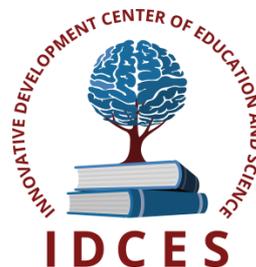
II Международная научно-практическая конференция «**Развитие технических наук в современном мире**»,  
**г.Воронеж**

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2015г.

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

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

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



**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

**Выпуск II**

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

**г. Челябинск  
2015 г.**

Печатается в авторской редакции  
Компьютерная верстка авторская

Подписано в печать 06.07.2015.  
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 9,8.  
Тираж 250 экз. Заказ № 246.

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