



# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Периодический научный сборник



**2016 № 2-3**  
**ISSN 2413-0869**

ПО МАТЕРИАЛАМ  
XI МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
Г. БЕЛГОРОД, 29 ФЕВРАЛЯ 2016 Г.



АГЕНТСТВО ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
(АПНИ)

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

**2016 • № 2-3**

**Периодический научный сборник**

*по материалам  
XI Международной научно-практической конференции  
г. Белгород, 29 февраля 2016 г.*

**ISSN 2413-0869**

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

2016 • № 2-3

**Периодический научный сборник**

**Выходит 12 раз в год**

**Учредитель и издатель:**

ИП Ткачева Екатерина Петровна

**Главный редактор:** Ткачева Е.П.

**Адрес редакции:** 308000, г. Белгород, Народный бульвар, 70а

**Телефон:** +7 (919) 222 96 60

**Официальный сайт:** issledo.ru

**E-mail:** mail@issledo.ru

Информация об опубликованных статьях предоставляется в систему **Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)** по договору № 301-05/2015 от 13.05.2015 г.

Материалы публикуются в авторской редакции. За содержание и достоверность статей ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

Электронная версия сборника находится в свободном доступе на сайте: **www.issledo.ru**

*По материалам XI Международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития науки и технологий» (г. Белгород, 29 февраля 2016 г.).*

**Редакционная коллегия**

*Духно Николай Алексеевич*, директор юридического института МИИТ, доктор юридических наук, профессор

*Васильев Федор Петрович*, профессор МИИТ, доктор юридических наук, доцент, чл. Российской академии юридических наук (РАЮН)

*Тихомирова Евгения Ивановна*, профессор кафедры педагогики и психологии Самарского государственного социально-педагогического университета, доктор педагогических наук, профессор, академик МААН, академик РАЕ, Почётный работник ВПО РФ

*Алиев Закир Гусейн оглы*, Институт эрозии и орошения НАН Азербайджанской республики к.с.-х.н., с.н.с., доцент

*Стариков Никита Витальевич*, директор научно-исследовательского центра трансфера социокультурных технологий Белгородского государственного института искусств и культуры, кандидат социологических наук

*Ткачев Александр Анатольевич*, доцент кафедры социальных технологий НИУ «БелГУ», кандидат социологических наук

*Шаповал Жанна Александровна*, доцент кафедры социальных технологий НИУ «БелГУ», кандидат социологических наук

*Трапезников Сергей Викторович*, начальник отдела аналитики и прогнозирования Института региональной кадровой политики (г. Белгород)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ «ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ» .....</b>	<b>6</b>
<i>Бошнякович А.А., Коцюба И.Ю.</i> ПОДХОДЫ К АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ РЕБЁНКА С ЛИЧНОСТНО- ОРИЕНТИРОВАННЫМ ПОДХОДОМ .....	6
<i>Васильев Е.С.</i> ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ .....	8
<i>Вильданов Р.Г., Буланкин Е.И., Юсупов Р.Р., Хисматуллин А.Г.</i> ПРОБЛЕМЫ ПРИ ВНЕДРЕНИИ АКТИВНО-АДАПТИВНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В РОССИИ.....	13
<i>Вовченко А.В., Катрич О.И.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГРАНИЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫХ АЛГОРИТМОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И СХЕМ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ЗАДАЧАМ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ .....	16
<i>Вылегжанин Р.С.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК В ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ .....	18
<i>Галкин С.Ю., Карпова Н.М.</i> АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ, СВЯЗАННЫХ С РАЗРАБОТКОЙ И СОЗДАНИЕМ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ОХРАННЫХ УСТРОЙСТВ БЛИЖНЕГО ДЕЙСТВИЯ .....	21
<i>Гордин Ю.А., Ягольник О.Н.</i> ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ПРОТЕКТОРНОГО СЛОЯ НА ПРОЧНОСТЬ СЦЕПЛЕНИЯ БАББИТА С ПОДЛОЖКОЙ В ПОДШИПНИКАХ СКОЛЬЖЕНИЯ .....	24
<i>Жабенцова О.А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАТУРАЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ В РЕЦЕПТУРАХ ТАБАКА ДЛЯ КАЛЬЯНА .....	28
<i>Жильцов А.П., Козенко Н.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕВЕРСИВНОГО 4/6 ВАЛКОВОГО СТАНА МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	31
<i>Измайлов В.В., Новоселова М.В.</i> ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СРОК СЛУЖБЫ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ .....	34
<i>Искакова С.Ш., Аманбаева Ж.Ш., Завьялова Г.И.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА СКВАЖИН.....	37
<i>Каракозов А.В., Погосян А.Т., Обертаев А.Р.</i> ИНФОРМАЦИОННО- ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ЦЕНТРА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ.....	42
<i>Карпова Н.М., Галкин С.Ю.</i> АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ БЛИЖНЕГО ДЕЙСТВИЯ .....	45
<i>Каюмов А.А., Ибатуллин И.И.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ, СОДЕРЖАЩИХ СИЛИКАТНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ .....	47
<i>Коданова Ш.К., Алекешова С.Б., Аманбаева Ж.Ш., Кусмолдина Ж.О.</i> ФОРМАЛИЗАЦИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ВЫБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ.....	50
<i>Кох А.В.</i> К ВОПРОСУ О ПОСТРОЕНИИ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРИРОДНЫХ ВОД .....	54
<i>Крылов Ю.Д.</i> КОНТРОЛЬ И КОРРЕКЦИЯ ОШИБОК ПРИ РЕШЕНИИ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ .....	55
<i>Кунгуров Д.А., Мкртчян А.Ф.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МАГНИТНО- АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ОТДЕЛКИ КРОМОК ДЕТАЛЕЙ.....	60

<b>Менкеева Е.Э., Харченко М.О.</b> ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБЩЕСТВА И ПОКОЛЕНИЯ ЭВМ .....	62
<b>Мищенко С.А.</b> КОНТРОЛЬ В ФОРМЕ ТЕСТИРОВАНИЯ НА УРОКАХ ИНФОРМАТИКИ И ИКТ ДЛЯ РАЗВИТИЯ КАЧЕСТВ ЛИЧНОСТИ .....	64
<b>Мокроусов В.И.</b> ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТА ВНЕШНЕЙ ФАСКИ ПРОДОЛЬНОГО СВАРНОГО ШВА НА ПРОЧНОСТЬ СТАЛЬНОЙ ТРУБЫ .....	67
<b>Мокроусов В.И.</b> ДЕФЕКТ РАСКАТНОЙ ПРИГАР НА ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛЬНЫХ СВАРНЫХ ТОЛСТОСТЕННЫХ ОДНОШОВНЫХ ТРУБ .....	74
<b>Носачев С.В., Чувейко М.В.</b> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОЛЕСА С РЕЛЬСОМ .....	80
<b>Обертаев А.Р., Каракозов А.В., Погосян А.Т.</b> СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ЦЕНТРА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТАМИ .....	83
<b>Олифер С.С.</b> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ НА ЦИФРОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СКС .....	86
<b>Олифер С.С.</b> АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА СКС .....	90
<b>Олифер С.С.</b> АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ СКС ..	94
<b>Пантелеева К.С.</b> АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ СИЛОВЫХ МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ .....	98
<b>Погосян А.Т., Каракозов А.В., Обертаев А.Р.</b> СТРУКТУРА НАЗЕМНОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ .....	100
<b>Порожняков А.К.</b> ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ РЕСУРСНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ .....	103
<b>Пылыпив И.З.</b> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КРИТИЧЕСКОГО РАДИУСА ИЗГИБА ОБРАЗЦОВ ИЗ ДВП .....	105
<b>Решняк В.И., Морозова Е.М.</b> ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ .....	110
<b>Саушев А.В., Белоусова Н.В., Бова Е.В., Широков Н.В.</b> ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ИХ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОМ ПОСТРОЕНИИ .....	115
<b>Суровцева О.А.</b> АДАПТАЦИЯ САПР ТП «ТЕХНОПРО» ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ОБУВИ .....	117
<b>Тур А.В., Баурин Д.В., Шакир И.В., Панфилов В.И.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ СТАДИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВТОРИЧНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ .....	119
<b>Усманова Э.Д., Зиятдинова М.Р.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СИНТЕТИЧЕСКОГО НЕОРГАНИЧЕСКОГО ПИГМЕНТА НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА .....	121
<b>Хамидов Д.А.</b> ПРОБЛЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ .....	123
<b>Чудинова Д.Ю., Чибисов А.В.</b> РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ЗАВОДНЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ РАЗРАБОТКИ В ПОЗДНЕЙ СТАДИИ МЕТОДАМИ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВЫХ ДАННЫХ .....	127

<b><i>Шеремет О.С., Якименко А.А.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ОПТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА .....</b>	<b>130</b>
<b><i>Шинкин В.Н.</i> ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ИЗГИБЕ КРУГЛОГО БРУСА .....</b>	<b>133</b>
<b><i>Шинкин В.Н.</i> ПРУЖИНЕНИЕ КРУГЛОГО БРУСА ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ИЗГИБЕ .....</b>	<b>141</b>
<b><i>Шувалов О.А.</i> АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К АВТОМОБИЛЬНЫМ ДОРОГАМ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ .....</b>	<b>150</b>

## СЕКЦИЯ «ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ»

### ПОДХОДЫ К АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ РЕБЁНКА С ЛИЧНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ПОДХОДОМ

**Бошнякович А.А.**

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Россия, г. Санкт-Петербург

**Коцюба И.Ю.**

преподаватель факультета среднего профессионального образования, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Россия, г. Санкт-Петербург

В статье рассматриваются основные проблемы организации самостоятельной работы ребенка, определяются основные категории пользователей и требования к функциям проектируемой системы.

*Ключевые слова:* индивидуальная образовательная траектория, индивидуальная работа ученика, оценивание, процесс обучения, здравоохранение.

*Введение.* Происходящие в мире стремительные изменения вследствие начала постиндустриальной эры и научно-технического прогресса нашли своё отражение в педагогической практике. Главным приоритетом становится развитие личности с индивидуально-неповторимыми свойствами [1]. Инновационное развитие системы образования с конца XX века не только поставило ряд проблем, но и накопило незаменимый опыт. На сегодняшний день интенсивно разрабатываются проблемы поиска подходов к моделированию инновационных образовательных систем, теоретико-методологических процедур, что нашло отражение в работах Чистохиной А.В., Гузевой Г.И., Анисимовой И.А. и др.

Как отмечено в [2], становление самостоятельной работы базируется на парадигме взаимного сотрудничества, что ведет к самоопределению личности и помогает грамотно выстраивать свои жизненные стратегии, принимать решения, адаптироваться в социуме.

Вместе с тем проблема развития инновационных процессов в системе дополнительного образования в педагогической науке отражена недостаточно полно. Однако исследования в большей части носят локальный характер, базируются на обобщении эмпирического материала без должного теоретического осмысления; выводы, полученные в них, носят характер частных рекомендаций, что затрудняет управление инновационными процессами в системе дополнительного образования [3].

*Цель работы.* Формирование требований к автоматизированному процессу организации самостоятельной работы ученика, разработка методики поддержки работы школьника с использованием средств автоматизаций.

Вышеописанные противоречия и определяет тему – Методы и алгоритмы автоматизации индивидуальной образовательной траектории ребёнка с модулем управления. Тема является актуальна, потому что проблема невозможности контроля времяпровождения ребёнка на расстоянии остается одной из наиболее распространённых как в России, так и за рубежом [4], что плохо сказывается на реализации идеи развития личности с индивидуально-неповторимыми свойствами. При современном ритме жизни большинство родителей заняты на работе, а дети предоставлены сами себе. Вследствие их бессознательности они проводят своё внеучебное время не в соответствии с мировыми рекомендациями по гармоничному развитию личности [5].

Данное ПО нацелено в первую очередь на обучение и на дозированную подачу информации ребенку.

Родитель как администратор обладает рядом полномочий (функций в системе), он может:

- получать сводную информацию о сайтах, которые посещал ребёнок с указанием времени посещения и ссылками на эти ресурсы. контролировать объем получаемой информации. При посещении нового сайта родителю приходит уведомление либо в виде sms-сообщения, либо оповещения из приложения, которое будет идти параллельно с этим программным обеспечением;
- задание критериев, по которым будет осуществляться подбор и поиск интересных образовательных сайтов, полезных игр;
- устанавливать запреты на обращения к определенным сайтам с аккаунта ребёнка, если это необходимо.

Функции самой системы:

- контроль времени при помощи установления таймера времяпровождения в сети Интернет и Kinect-контроллеров;
- фильтр рекламных баннеров;
- подбор и поиск интересных образовательных сайтов, полезных игр.

По мнению ребёнка, его родителя и их заданным критериям будет подобрана наиболее интересующая область;

- оповещение о проходящих мероприятиях, выставках, встречах, подобранных по критериям родителей, детей и педагога. Чтобы было максимально удобно, они фиксируются по времени и по расстоянию с поиском оптимальных маршрутов;
- анализ временных рядов, наблюдение за длительным обучением ребёнка (наблюдение за процессом в динамике его изменений, статистика);
- накопление, анализ статистики и как следствие, выдача рекомендаций и подсказок родителю и даже педагогу.

Практическая значимость данной работы заключается в том, что разработанная система поддержит процесс организации продуктивное и безопасное времяпрепровождение ребенка за компьютером.

*Обзор аналогов.* Абсолютных аналогов данной программы не существует. Имеют место быть только дополнительные сервисы, например, сайты с каталогами развлечений, анонсами предстоящих мероприятий, такие как:



<http://www.inlearno.ru/> и <http://semidnevka.ru/calendar/>. Их преимущества заключаются в том, что подбор интересующих событий на них уже реализован.

Цель моей работы – сделать подбор более глобально, чтобы он осуществлялся не только по желанию родителей, но и по интересам самого ребёнка. Чтобы максимально качественно этот подбор осуществлялся, пользователям рекомендуется пройти две анкеты, для родителя (для объективного взгляда со стороны) и ребенка, на основе которых и будет осуществляться этот подбор. Анкета для родителя представлена в приложении.

*Результаты.* Рассмотрены основные проблемы данной предметной области, определены основные категории пользователей и требования к функциям проектируемой системы.

*Вывод.* Дальнейшее развитие полученных результатов будет выполнено в процессе проектирования и реализации системы.

### **Список литературы**

1. Анисимова И.А. Индивидуальная образовательная траектория развития как условие успешной социализации детей раннего возраста // Образование в России: история, опыт, проблемы, перспективы. – 2015 №1 (2). – С. 38-43.
2. Мозгарев Л.В., Панасюк В.П. Учитель и качество образования // Педагогика. – 2007. – № 1. – С.15-17.
3. Гузева Г.И. Управление процессом модернизации в системе дополнительного образования детей: дис. ... канд. пед. наук. Волгоград, 2002. – 225 с.
4. Чистохина А.В. Оценка социально-педагогической ситуации ребенка и построение индивидуальной образовательной траектории: Международная научно-практическая конференция ЮНЕСКО. Университет управления "ТИСБИ" (Казань), 2014. – 298с.
5. СанПиН. Санитарные нормы и правила. URL: <http://www.tehdoc.ru/sanitary.html>
6. Мельниченко Я.И. Личностно-ориентированный подход к организации самостоятельной работы студентов с использованием интернет-ресурсов: дис. ... канд. пед. наук. Казань, 2008. – 249 с.

## **ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

***Васильев Е.С.***

студент Института механики и энергетики,  
ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарёва», Россия, г. Саранск

В статье рассматривается понятие гидравлического удара. Отмечены его положительные и отрицательные качества применительно к системе теплоснабжения. Приведены действующие методы по устранению гидравлического удара в системе теплоснабжения и показана польза названного физического явления при его рациональном использовании.

*Ключевые слова:* гидроудар, повышение давления, гидравлический таран, демпфер, промывка систем теплоснабжения.

Само понятие гидроудара возникло еще со времен появления системы трубопроводов. Дело было в том, что изначально применяемые в качестве запорно-регулирующей арматуры краны были «пробковыми» [11]. Они резко перекрывали воду, тем самым, вызывая резкое повышение дав-

ления в трубопроводе и порождая гидравлический удар. Таким образом, гидравлический удар – это резкое, мгновенное (ударное) повышение или понижение давления в напорном трубопроводе, по которому движется жидкость (вода), ввиду резкого изменения во времени скорости ее движения. Например, это явление также может произойти при мгновенной остановке насосного агрегата, резком изменении внутреннего размера трубопровода с большего на меньший и т.п. Если резкое увеличение давления в трубопроводе превысит допустимую величину, трубопровод или арматура на нем получают порыв или повреждение» [1].

Исследованием данного явления занимался создатель аэро- и гидродинамики как науки, русский механик Жуковский Николай Егорович (1847-1921). Нельзя сказать, что именно он был первым человеком, который описал данную проблему, но именно Жуковский первым разработал теорию гидроудара.

Формула Н.Е. Жуковского для определения повышения давления жидкости при гидравлическом ударе [10]:

$$\Delta P_{\text{уд}} = \rho \cdot \Delta v \cdot c, \quad (1)$$

где  $\Delta P_{\text{уд}}$  – скачок давления, Па;

$\rho$  – удельная плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$\Delta v$  – произошедшее изменение скорости (при полной остановке – скорость потока перед остановкой), м/с;

$c$  – скорость распространения ударной волны, м/с.

В эпоху шаровых кранов мы также можем наблюдать, а точнее, слышать гидроудар. Всё это происходит потому, что шаровые краны отличаются не только надёжностью и герметичностью, но и лёгкостью при закрытии. Вследствие этого, большинство людей перекрывают кран резко, и возникающий при этом кратковременный щелчок является его признаком. Из этого можно сделать логический вывод о том, что одним из самых простых и действенных способов предупреждения гидравлического удара является плавное закрытие запорно-регулирующей аппаратуры.

Особенно опасен гидравлический удар в системах теплоснабжения, поскольку разрушение отопительных приборов не несёт ничего хорошего. Конечно же, никому не хочется на длительный период остаться без тепла, воды и, вдобавок, причинить вред имуществу. Именно по этой причине от явления гидравлического удара так стремительно стараются избавиться. Для защиты трубопроводов и элементов систем теплоснабжения устанавливаются компенсаторы и демпферы [11]. Благодаря их применению уменьшается риск возникновения гидроудара. Это осуществляется путём забора лишней жидкости из системы трубопроводов в демпфер, которая в нём скапливается в момент гидроудара, и, после его исчезновения, обратно вытесняется в трубопровод.

В настоящее время гидравлический удар рассматривается не только как отрицательное явление, но и как положительное. Так в 19 веке был изобретён гидравлический таран. Это гениальное изобретение может круглосуточно перегонять воду из нижнего положения в верхнее без двигателей, используя для этого свойство гидроудара. Конструкция устройства позволяет оставить этот механизм без длительного обслуживания, при этом он будет работать бесперебойно. Теорию гидравлического тарана также описал в 1908 году Н.Е. Жуковский[4]. Его труды помогли усовершенствовать работу данного устройства и повысить его КПД.

КПД гидравлического тарана определяется как отношение полезной мощности к затраченной [2]:

$$\eta = \frac{\rho g q (h-H)}{\rho g (Q-q) H} = \frac{q(h-H)}{(Q-q)H}, \quad (2)$$

где  $Q$  – расход воды, сбрасываемой через ударный клапан, м<sup>3</sup>/с;  
 $q$  – расход воды, поступающей через нагнетательный клапан, м<sup>3</sup>/с;  
 $H$  – напор, м;  
 $h$  – высота всасывания, м;  
 $\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  
 $g$  – скорость свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

КПД зависит от отношения  $\frac{h}{H}$ . Так, при изменении  $\frac{h}{H}$  от 2 до 10  $\eta$  изменяется от 0,9 до 0,5.

Также гидравлический удар может быть использован для промывки систем теплоснабжения. Дело в том, что одной из наиболее важных проблем трубопроводов системы теплоснабжения является их склонность к загрязнениям. Появление ржавчины и накипи на поверхностях теплообмена значительно понижают теплоотдачу элементов системы [9,6]. При этом трубы подвергаются раннему износу, что и приводит к их быстрому выводу из эксплуатации. Данную проблему частично решает гидравлическая промывка. Схема гидравлической промывки приведена на рисунке 1. Она осуществляется путём соединения отопительной системы с городским водопроводом через центробежный насос. При этом, на линию вывода теплоносителя от потребителя присоединяется труба, через которую вся грязная вода направляется в ближайший водосток. В случае если замеры гидравлического сопротивления близки к нормативным, промывка заканчивается. В противном случае промывка повторяется до полной очистки или обнаружения аварийного участка.



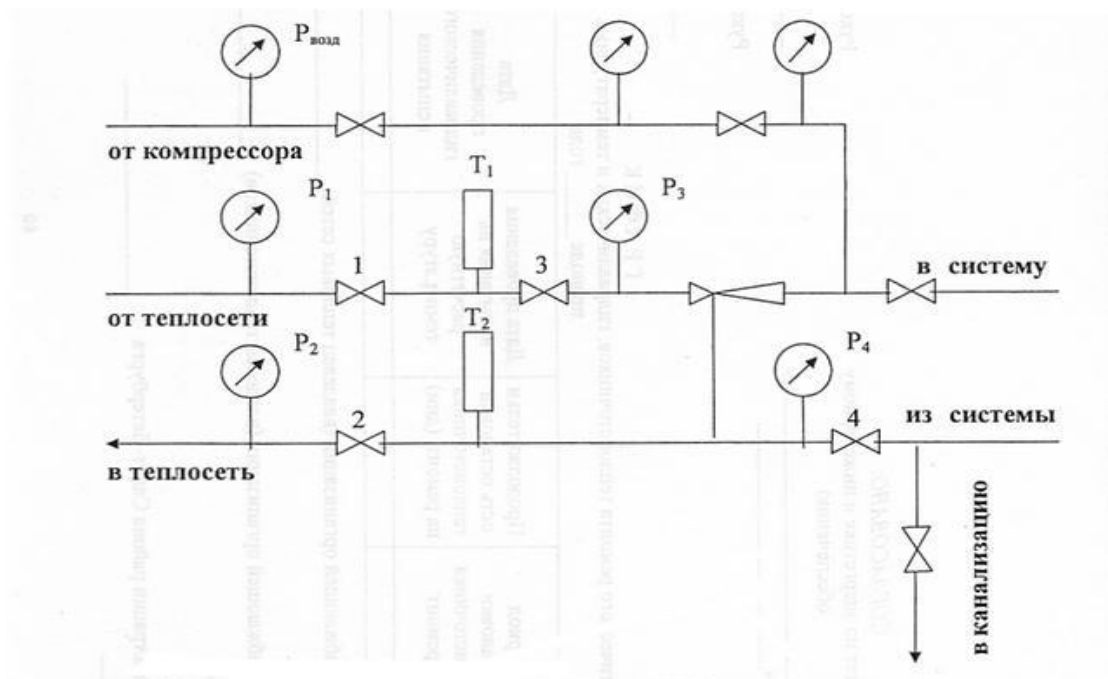


Рис. 1. Схема гидравлической промывки

Более эффективным способом промывки систем теплоснабжения является гидропневмопромывка, где и используются свойства гидроудара для очистки от отложений. Схема промывки методом пневмогидроудара приведена на рисунке 2.

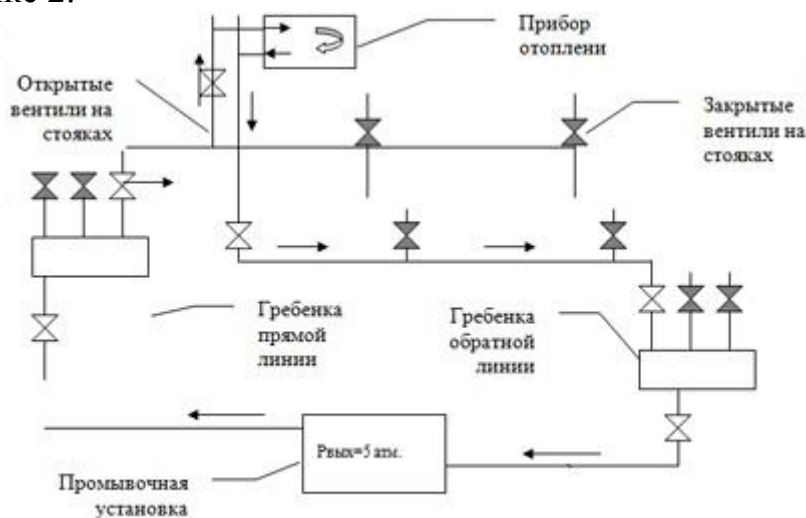


Рис. 2. Схема гидропневмопромывки

Гидропневмопромывка отличается от гидравлической промывки тем, что в трубопроводы, заполненные водой, подается импульсами сжатый воздух. Образовавшаяся смесь из воздуха и воды при её движении в системе, подлежащей промывке, разрушает скопившиеся на внутренних стенках труб соли металлов, окарины, песок, ржавчину и т.д. Разрыхлённые отложения через сливной клапан сливаются в канализацию [3].

Для промывки системы отопления возможно использование гидравлического тарана [8]. При этом пульсация промывочной воды осуществляется без вдувания воздуха, за счёт работы водоподъёмного устройства.

Кроме того, импульсный режим течения теплоносителя, сопровождающий работу гидравлического тарана, может быть использован для интенсификации процесса теплообмена [7] и организации процесса смешивания теплоносителей [5]. Результаты проведённых экспериментальных испытаний, указывают на то, что коэффициент теплопередачи кожухотрубчатого теплообменника в случае импульсной циркуляции теплоносителя возрастает до 11% [6].

В итоге получается, что гидроудар имеет как положительные, так и отрицательные качества. Всё зависит от того, насколько правильно и грамотно будут установлены трубопроводы, и какие меры безопасности будут предусмотрены. Как отмечалось ранее, средства защиты уже давно придуманы и, в наше время, нужно лишь отдать предпочтение определённой фирме-производителю. Также следует присмотреться к странам Европы, где установка защитных компонентов (в том числе демпферов) является обязательной и без них не действует гарантия на технику. Ужесточения такого плана в нашей стране помогут сэкономить наши же деньги и время.

#### **Список литературы**

1. Водоснабжение и водоотведение: Энциклопедия / Сост.: В.В.Кобзарь, А.В.Кобзарь, под ред. А.Е.Попова. – К: Логос, 2002. – С.71.
2. Гидравлика. Учебное пособие. М.Я. Кордон, В.И. Симакин, И.Д. Горешник, 2005. – С.111.
3. Гидропневмопромывка: [Электронный ресурс] // Радикальная и эффективная очистка системы отопления, URL: <http://teploguru.ru/radiator/gidropnevmoptymyvka.html>. (Дата обращения: 14.09.2015).
4. Жуковский Н.Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. М.; Л., «Гостехиздат», 1949.
5. Левцев А.П., Макеев А.Н., Нарватов Я.А., Голянин А.А. Корректирующий контур с импульсной циркуляцией теплоносителя в составе теплового пункта системы теплоснабжения // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2; URL: [www.science-education.ru/122-20925](http://www.science-education.ru/122-20925) (дата обращения: 08.10.2015).
6. Макеев А.Н. Импульсная система теплоснабжения общественного здания :автореф. дис. ... канд. тех. наук / А.Н. Макеев. – Саранск, 2010. – 20 с.
7. Макеев А.Н. Импульсные системы теплоснабжения общественных зданий / А.Н. Макеев, А.П. Левцев // Региональная архитектура и строительство. – Пенза, 2010. – №2 (9). – С. 45-51.
8. Пат. 2191642 Российская Федерация, МПК В08В9/032. Способ обработки системы отопления здания / Т. В. Жунусова, В. М. Низовкин. – № 2000128479/12 ; заявлено 16.11.2000 ; опубл. 27.10.2002.
9. Приказ Минэнерго РФ от 24.03.2003 N 115 "Об утверждении Правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок" (Зарегистрировано в Минюсте РФ 02.04.2003 N 4358).
10. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети Москва, Издательство МЭИ, 2001. – С.243.
11. Технические статьи: [Электронный ресурс]// Группа ПОЛИПЛАСТИК, URL: <http://polyplastic.ua/news/gidravlicheskiy-udar-v-trubah-i-vred-i-polza.html>. (Дата обращения: 14.09.2015).

## **ПРОБЛЕМЫ ПРИ ВНЕДРЕНИИ АКТИВНО-АДАПТИВНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В РОССИИ**

***Вильданов Р.Г.***

профессор кафедры «Электрооборудование и автоматика промышленных предприятий», доктор технических наук, доцент,  
филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной  
технический университет», Россия, г. Салават

***Буланкин Е.И., Юсупов Р.Р., Хисматуллин А.Г.***

студенты, Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный  
нефтяной технический университет», Россия, г. Салават

В статье рассматриваются проблемы внедрения концепции активно-адаптивных электрических сетей в России. Развитие активно-адаптивных сетей позволит превратить энергосистему страны в единый интеллектуальный комплекс с умной системой энергоснабжения потребителей, работающей без потерь, простоя и перебоев. Также внедрение этой концепции позволит соответствовать современным мировым критериям аппаратной надёжности, взрывозащищённости, пожарной безопасности, высокой заводской готовности, ремонтпригодности, наблюдаемости, способности эксплуатироваться без постоянного присутствия оперативного персонала.

*Ключевые слова:* энергосистема, активно-адаптивная сеть, энергоконтроль, энергоснабжение потребителей, энергоэффективность, информационно-управляющий комплекс.

В России электрическая сеть одна из самых крупных в мире и реализация концепции активно-адаптивной сети в её масштабах потребует создание высоконадёжных магистральных каналов связи между различными уровнями диспетчерского управления и дублированных цифровых каналов обмена информацией между объектами и центрами управления. Потребуется создание совершенно новых технологий и материалов [1, с. 212].

Под активно-адаптивной сетью (SmartGrid, «умная» или интеллектуальная сеть), понимают распределительную сеть, которая в совокупности в себе сочетает комплексные инструменты контроля и мониторинга, современные информационно-технические и управляющие системы, средства коммуникации, которые обеспечивают более высокую надёжность и производительность, а также позволяют генерирующим, сбытовым и коммунальным компаниям предоставлять потребителям энергию более высокого качества. Интеллектуальная сеть может выдавать электроэнергию в сеть от источников возобновляемой энергии, получать информацию о текущем состоянии оборудования, организовывать адаптивную реакцию системы в реальном режиме времени на различные возмущения, обеспечивая тем самым надёжное энергоснабжение потребителей, энергоэффективность и устойчивость функционирования электрической сети в целом [2, с. 29].

Особенностью активно-адаптивной сети является резервированная структура, которая с помощью системы автоматизированного управления по-



токами энергии избегать появления опасных нестабильных режимов работы. Оперативное диспетчерско-технологическое управление конфигурацией сети и потоками электроэнергии позволит повысить передающую способность сетей, улучшить безопасность и надежность электрической связи энергоисточников к потребителям энергии и повысится экономичность работы сети.

При создании интеллектуальной сети потребуется внедрение целого комплекса совершенно нового оборудования и технологий, таких как: высоковольтных устройств быстрого регулирования напряжения, устройств позволяющих повысить предел пропускной способности линий электропередачи, мощные накопители электрической энергии на базе аккумуляторных батарей, информационно-управляющий комплекс работающий в режиме реального времени с экспертной системой расчета принятых решений и еще много других технических решений.

Для внедрения активно-адаптивной электрической сети в России потребуется модернизация, перевооружение морально и физически устаревшего парка традиционного электротехнического оборудования и электрических аппаратов с приданием ему качеств, соответствующих современным мировым критериям аппаратной надёжности, взрывозащищённости, пожарной безопасности, высокой заводской готовности, ремонтпригодности, наблюдаемости, способности эксплуатироваться без постоянного присутствия оперативного персонала.

Также одной из серьёзных проблем реализации концепции активно-адаптивной сети в России является слабость межсистемных, а иногда и системообразующих связей в энергосистеме, что приводит к неэффективной работе распределения мощностей электрических станций. Слабость межсистемных связей обусловлена ее территориальной распределённостью. С технической точки зрения ограничения в использовании связей между различными электрическими сетями и большинства наиболее важных связей внутри электрических станций определяются в основном условиями статической устойчивости. Для линий электропередачи, обеспечивающих выдачу мощности крупных электростанций, и ряда транзитных связей определяющими могут быть условия динамической устойчивости [4, с. 5].

Важнейшим элементом активно-адаптивной электрической сети является цифровая подстанция. Такая подстанция позволит получать, и обрабатывать весь объем информации о состоянии электрической сети и осуществлять управление оборудованием в цифровом формате, а автоматизация позволит снизить влияние человеческого фактора на работу энергосети, повысить её надежность и уменьшить потери электроэнергии при транспортировке. Первый комплекс экспериментальной цифровой подстанции уже введен в работу в декабре 2010 года в Москве. Её задачей является проработка различных технических решений перед реализацией на действующих энергообъектах.

Использование интеллектуальных сетей особенно актуально в современной России. В стране, по мнению экспертов, энергосистема изношена на 70%. Потенциально «умные» сети могут решить проблемы благодаря стабильности, удобству использования на больших территориях и снижению потерь с помощью систем энергоконтроля. В настоящее время на стадии разработки находится несколько экспериментальных проектов по реализации интеллектуальных энергосетей в России [4, с. 7].

При реализации нового технического решения, применяемые в настоящее время технологий, могут вызвать существенные проблемы, несовместимости нового и эксплуатируемого оборудования, а также существенными затратами на внедрение и обслуживание, которое трудно предусмотреть без реализации пробных проектов.

Реализация концепции активно-адаптивных сетей в России сдерживают такие факторы, как уровень развития информационных технологий, силовой электроники, альтернативных источников энергии, нормативно-технической базы и другие, которые в совокупности отражают технический разрыв между состоянием отечественных и зарубежных энергосистем. Поэтому в настоящее время можно говорить лишь о точечной реализации отдельных компонентов рассматриваемой концепции. Внедрять это надо параллельно с провозглашенной политикой по реконструкции модернизации электрических сетей, а также со структурным упорядочением субъектов энергетического рынка и их полномочий.

По данным Федеральной сетевой компании (ОАО «ФСК ЕЭС»), интеллектуальную сеть обещают построить в несколько этапов. Первый этап уже завершен: разработана концепция построения интеллектуальной сети в Единой национальной электрической сети до 2020 года. Последующие этапы уже реализуются параллельно. Ведется работа над созданием программно-аппаратного комплекса, который сможет связать объекты модернизированного магистрального электросетевого хозяйства с генерацией и потребителями. Проводится одновременное развитие пилотных проектов, где отрабатываются технические решения, которые в последующем будут применены для внедрения интеллектуальной электрической сети России [3, с. 27].

#### **Список литературы**

1. Глущенко П.В. Интеллектуальный алгоритм мультиагента поддержки принятия решения по данным диагностирования в сетевой электроэнергетике // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. 2014. №1. С. 212-221.
2. Дорофеев В.В., Макаров А.А. Активно-адаптивная сеть – новое качество ЕЭС России // Энергоэксперт. 2009. № 4. С. 28-34.
3. Егоров В., Кужеков С. Интеллектуальные технологии в распределительном электросетевом комплексе // ЭнергоРынок. 2010. №6. С. 26-28.
4. Ситников В.Ф., Скопинцев В.А. Интеллектуальная электроэнергетическая система с активно-адаптивной сетью // Электричество. 2012. №3. С. 2-7.

# **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГРАНИЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫХ АЛГОРИТМОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И СХЕМ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ЗАДАЧАМ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ**

***Вовченко А.В.***

профессор каф. «Технологии формообразования и художественная обработка материалов», д-р техн. наук, доцент, Донской государственный технический университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

***Катрич О.И.***

аспирант каф. «Технологии формообразования и художественная обработка материалов», Донской государственный технический университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

Представлены положения по совершенствованию гранично-элементных алгоритмов моделирования формоизменения и схем их применения к проектированию процессов объёмной штамповки иковки. Акцентируется внимание на вопросах ускорения итерационного решения неупругих задач и приложения гранично-элементного расчёта к моделированию обратных задач формоизменения.

*Ключевые слова:* объёмная штамповка, ковка, итерация, переменные параметры упругости, моделирование формоизменения.

Опыт применения численного метода граничных элементов (МГЭ) к расчетам таких процессов обработки металлов давлением (ОМД) как объёмная штамповка и ковка показывает, что исследуемые задачи, исходно являясь физически и геометрически нелинейными, требуют применения именно прямой формулировки МГЭ (ПМГЭ) [1, 2]. И если совершенствованиям ПМГЭ в направлениях уточнений решений в области особых точек (угловых или двойных) и применению граничных элементов более высокого порядка аппроксимации неоднократно уделялось и уделяется внимание [1, 2], то обеспечению быстрой сходимости численного решения к точному, в эпоху «высокоскоростных вычислительных машин с арифметическими сверх возможностями», интерес не так значителен.

Вместе с тем, первоначальный интерес к итерационным схемам расчёта, отражающим особенности методов упругих решений неупругих задач [3-5], был вызван именно возможностями определять влияние нелинейных операторов на общее решение не непосредственно, а косвенно. А учитывая, что применение итерационных схем до сих пор не утратило своей актуальности для большинства даже лицензионных программных продуктов, то относительная скорость сходимости решений на примере действия единой вычислительной среды, всегда будет значимой, но при этом и не первостепенной.

Способствует развитию отмеченного направления расчётных методик и то, что реологические уравнения деформируемых металлов успешно аппроксимированы компактными выражениями различного типа (например, см. работу [6]).



В этой связи, представляется перспективной задача реализации алгоритмов переменной упругости или вязкости совместно с методом Ньютона-Рафсона [7, С.175]. По предварительным данным, такой расчётный приём может ускорить процесс сходимости к интервалу рассогласования в 1-3% быстрее на 10-16% для решаемых в равнозначных условиях краевых задач ОМД.

Таким образом, рассматриваемое совершенствование МГЭ применительно к расчетам процессов ОМД должно выполняться в направлении решения такой разновидности итерационных алгоритмов, которая обеспечивает наилучшую и скорейшую сходимость численного решения к точному.



Рис. Сечения металлических образцов с координатной сеткой до и после деформации осадкой с максимальным контактным трением: а) заготовка, полученная обратным моделированием МГЭ; б) поковка

Совершенствование схем приложения алгоритмов моделирования технологических задач ОМД распространяется на реализацию процедуры обратного расчёта формоизменения для определения заготовительных форм исследуемых поковок (см. рис.). Концепция подобной реализации была подробно рассмотрена в работе [8], где альтернативой способу определения заготовительных форм по алгоритму обращения движения деформирования (АОДД – по Ю.Н. Резникову (1979)) (или равнозначной схеме обратного прослеживания – по Дж. Парку, Н. Ребело и

Ш. Кобаяши (1983) [2, С.100]) выступает алгоритм реверсного нагружения (АРН). Особенность АРН заключается в более компактном объёме расчётов, в сравнении с АОДД, что в два раза повышает производительность процедуры моделирования, но реализуется, пока, только средствами МГЭ. С учётом свойств МГЭ – приблизительно на порядок сокращать размерность расчётной задачи в сравнении с конечно-элементной методикой расчёта (т.н. «редукция» расчётной задачи), отмеченное выше позволяет достаточно быстро определять искомые формы заготовок на переходах, исходя из заранее заданных схем действующего рационального деформированного состояния (течение металла поковки в нескольких направлениях).

В этом смысле, сокращение числа итераций на каждой расчётной стадии, уже рассмотренное ранее, позволяет дополнительно увеличить производительность процесса моделирования формообразования поковок в заготовки.

Использование такого подхода существенно сокращает время расчетов, чем повышает их эффективность и раскрывает перспективы применения изложенного подхода в рамках таких расчётноёмких поисковых методик, как многошаговая оптимизация, реализуемая по алгоритму обратной прогонки метода динамического программирования [10, 11].

### **Список литературы**

1. Бреббия К., Теллес Ж., Вроубел Л. Методы граничных элементов. М.: Мир, 1987. 524 с.
2. Вовченко А.В. Совершенствование технологии процессов объёмной штамповки на основе применения гранично-элементных расчётов: монография. Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2011. 264 с.
3. Ильюшин А.А. Связь с теорией Сен-Венана, Леви, Мизеса и с теорией малых упругопластических деформаций // Прикладная математика и механика. 1945. Т.9. Вып.3. С. 207–218.
4. Чижевский А.Н. Об ускорении сходимости метода упругих решений в физических нелинейных задачах // Прочность и пластичность: сб. науч. трудов. М.: Наука, 1971. С. 188–193.
5. Жернаков В.С., Газизов Х.Ш. Об одном алгоритме решения нелинейных задач механики деформируемого тела // Изв. вузов. Сер. Машиностроение. 1996. №7–9. С. 9–13.
6. Бровман М.Я. Сопротивление деформации в процессах обработки давлением при высоких температурах // Технология легких сплавов. 1979. №8. С. 26–30.
7. Мак-Кракен Д., Дорн У. Численные методы и программирование на фортране. М.: Мир, 1977. 584с.
8. Вовченко А.В. О перспективных особенностях применения метода граничных элементов в современном проектировании процессов объёмной штамповки и решении обратных задач формоизменения // Справочник. Инженерный журнал. 2012. №3. С. 16–22.
9. Катрич О.И., Костенко К.А., Вовченко А.В. О проектировании процессовковки и объёмной штамповки с применением численного моделирования // Современные тенденции развития науки и технологий: сб. науч. тр. по мат-лам VII Междунар. науч.-практ. конф. 31.10.2015: в 10 ч. Под общ. ред. Е.П. Ткачевой. Белгород. 2015. № 7. Ч.II. С. 165–169.
10. Резников Ю.Н., Вовченко А.В., Жиленков В.Е. Об оптимизации процессов деформирования металлов // Металлы. 2006. №1. С. 39–43.
11. Yu.N. Reznikov, A.V. Vovchenko, V.E. Zhilenkov. On the Optimization of Metal Forming // Russian Metallurgy (Metally), Pleiades Publishing, Inc. Vol. 2006. No.1. PP. 33–37.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК В ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

***Вылегжанин Р.С.***

адъюнкт, Военная академия материально-технического обеспечения  
имени генерала армии А.В. Хрулева, Россия, г. Санкт-Петербург

Рассматриваются вопросы развития контейнерных и пакетных перевозок грузов в рамках Стратегии развития Транспортной системы РФ до 2030 года.

*Ключевые слова:* контейнеризация, пакетирование грузов.

В Российской Федерации, как и в других развитых странах, транспорт является одной из крупнейших базовых отраслей хозяйства, важнейшей составной частью производственной и социальной инфраструктуры.

Транспортные коммуникации объединяют все районы страны, что является необходимым условием ее территориальной целостности, единства ее экономического пространства. Они связывают страну с мировым сообще-

ством, являясь материальной основой обеспечения внешнеэкономических связей России и ее интеграции в глобальную экономическую систему.

В сфере транспорта в последние годы была проведена необходимая модернизация инфраструктуры, что позволило удовлетворить растущий спрос на пассажирские и грузовые перевозки и создать определенный задел для дальнейшего развития.

Россия располагает всеми современными видами транспорта, размещение и структура ее транспортных коммуникаций в целом отвечают внутренним и внешним транспортно-экономическим связям страны, но нуждаются в существенном совершенствовании.

Объем перевозок грузов в 2000 – 2007 годах всеми видами транспорта (без учета трубопроводного) вырос на 18,1 процента (транспортом общего пользования – на 23,9 процента). Наиболее быстрыми темпами росли грузовые перевозки железнодорожным транспортом (на 28,4 процента).

Железнодорожный транспорт выполняет 62 процента общего объема грузовых перевозок, осуществляемых транспортом общего пользования, или 84,3 процента общего грузооборота, осуществляемого всеми видами транспорта (без учета трубопроводного). На автомобильный транспорт приходится 47,4 процента объема коммерческих перевозок грузов, причем удельный вес перевозок железнодорожным транспортом в последние годы сокращается, а автомобильным транспортом растет, что свидетельствует о повышении конкурентоспособности автомобильного транспорта в определенных сегментах рынка транспортных услуг.

Важнейшей проблемой является техническое и технологическое отставание транспортной системы России по сравнению с развитыми странами. Она не готова к повсеместному применению современных технологий, в первую очередь – контейнерных. Растущий спрос на грузовые перевозки сдерживается неразвитостью транспортно-логистической системы страны. На низком уровне остается транспортно-экспедиционное обслуживание экономики.

Решению задач совершенствования структуры транспортно-логистических систем в последнее время посвящён ряд научных трудов [1].

В распоряжении Правительства РФ от 22.11.2008 N 1734-р «О Транспортной стратегии Российской Федерации» в разделе «Инновационный вариант развития транспортной системы» указывается, что решающее значение для формирования современной товаропроводящей сети на территории России будет иметь создание интегрированной сети транспортно-логистических комплексов, обеспечивающих предоставление широкого спектра конкурентоспособных услуг, ускоренное развитие интермодальных перевозок и формирование территориально-производственных кластеров [2].

В целях обеспечения доступности, объема и конкурентоспособности транспортных услуг в соответствии с потребностями инновационного развития экономики страны предполагается осуществить комплекс мероприятий, в том числе: доведение коммерческой скорости движения грузов (товаров) и ритмичности их доставки "от двери до двери" до уровня лучших мировых достижений, снижение за счет этого издержек обращения товаров, выража-

ющихся в больших объемах оборотных фондов, снижение времени обработки партий грузов в терминальной сети, мотивирование использования инновационных логистических товаротранспортных технологий, развитие технологий перевозок грузов, в том числе с использованием логистических парков.

В области автомобильного транспорта в целях повышения качества транспортного обслуживания предусматривается ускорение товародвижения при перевозках и хранении готовой продукции, для чего необходимы: развитие рациональных систем перевозок грузов в крупных транспортных узлах для сокращения порожних пробегов, уменьшения времени простоя автомобилей в погрузочно-разгрузочных пунктах, повышения коэффициента использования грузоподъемности автомобилей (к 2030 году эти перевозки должны составить до 40 процентов внутриузловых перевозок автомобильным транспортом).

Тенденции развития контейнерных перевозок в РФ таковы, что в перспективе оставшийся парк среднетоннажных контейнеров (около 60 тыс. единиц) планируется полностью вывести из оборота. Учитывая оперативную и социальную востребованность мелких отправок, рассматриваются достаточно смелые варианты, когда для перевозки мелких партий груза будет предоставляться крупнотоннажный контейнер по принципу «сборного вагона» когда в одном крупнотоннажном контейнере в пакетах (или на поддонах) будет находиться груз разных владельцев (разных видов и номенклатур).

С учётом того, что сравнительно небольшая часть от имеющегося сейчас автотранспорта приспособлена для перевозки крупнотоннажных контейнеров, вывод из оборота среднетоннажных контейнеров может пагубно сказаться на развитии всей перспективной транспортной системы. Для решения данной проблемы лучше всего подходит система пакетных перевозок грузов.

Таким образом пакетные перевозки грузов приобретают важное значение. Пакеты грузов, сформированные на многооборотных средствах пакетирования (поддонах) или на специальных подкладках могут перевозиться как в контейнерах, так и без них, что также способствует сокращению времени на выполнение погрузочно-разгрузочных работ за счет использования обычной подъемно-транспортной техники.

Кроме того, пакетные перевозки в отдельных случаях могут являться продолжением контейнерных перевозок на отдельных участках доставки. Учитывая, что в настоящее время из-за отсутствия достаточного количества специального подъемно-транспортного оборудования глубина продвижения отдельных типов контейнеров, особенно крупнотоннажных, имеет определенные ограничения на участках доставки, пакеты грузов изымаются из контейнера, грузятся в автомобиль и следуют по назначению до потребителя. В отдельных случаях могут осуществляться прямые пакетные перевозки грузов на большие расстояния. В данном случае наибольший удельный вес в этих перевозках будет приходиться на, так называемые, «контейнеронепригодные» грузы, т.е. на те грузы, параметры которых не позволяют загружать их в контейнеры.

Для обеспечения сохранности и защиты грузов от атмосферных осадков пакеты должны быть упакованы в термоусадочную или растягивающую-

ся пленку, что особенно ценно при нахождении таких пакетов некоторое время на открытых площадках.

Контейнерные перевозки материальных средств создают условия для внедрения комплексной механизации погрузочно-разгрузочных работ, повышения сохранности перевозимых грузов. Они также способствуют упрощению, удешевлению и ускорению складских, перевозочных и коммерческих операций и, в конечном итоге, позволяют значительно усовершенствовать технологию перевозочного процесса в целом.

Помимо повышения оперативности доставки контейнеризация и пакетирование грузов позволяет повысить интенсивность использования всех транспортных средств, сократить транспортные расходы, коренным образом оптимизировать всю логистическую систему материальных потоков и складского хозяйства. Основным движущим рычагом внедрения контейнерных перевозок воинских грузов является их высокая рентабельность.

Таким образом, контейнерные и пакетные перевозки грузов не только не потеряли свою актуальность, но и в условиях современной экономики, перспективного развития транспортной системы РФ становятся одним из важнейших направлений повышения её эффективности.

В последние годы всё больше внимания уделяется применению контейнерно-пакетных способов доставки грузов, причём не только в транспортной системе страны, но и в системе материально-технического обеспечения Вооружённых Сил Российской Федерации [3].

Рассматриваемая проблема является актуальной и требует дальнейшего рассмотрения в целях достижения намеченных в Транспортной стратегии РФ целей.

#### **Список литературы**

1. Бегунов М.Л. Применение контейнерно-пакетного способа обеспечения войск артиллерийскими боеприпасами с использованием пожаровзрывобезопасной укупорки. – СПб.: ВКИА им. Можайского. Труды НТК, 2004. – С.105-107.
2. Ермашин, Н.А., Болгаров, Н.И. Моделирование условий неопределённости функционирования и развития транспортно-логистических систем в целях обеспечения их экономической безопасности // Строительные и дорожные машины. – 2014, № 6. – С. 30-35.
3. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года № 1734-р.

### **АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ, СВЯЗАННЫХ С РАЗРАБОТКОЙ И СОЗДАНИЕМ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ОХРАННЫХ УСТРОЙСТВ БЛИЖНЕГО ДЕЙСТВИЯ**

***Галкин С.Ю., Карпова Н.М.***

бакалавры по направлению прикладная информатика,  
Технологический университет, Россия, г. Королев

В статье рассмотрены вопросы, связанные с анализом проблем связанных с разработкой радиотехнических систем и устройств ближнего радиуса действия.



*Ключевые слова:* охранные системы и устройства, радиолокационные системы ближнего действия.

В настоящее время в нашей стране, как и во всем цивилизованном мире, на передний план выдвигается тезис безопасности личности, а это значит и ее собственности. В связи с этим первейшей задачей является забота об охране и защите личной, частной, общественной и государственной собственности [1-4]. Защита и охрана собственности – это экономическая категория, являющаяся краеугольным началом любого благосостояния [5].

Постоянный рост внимания к этой проблеме проявляется различными фирмами, предприятиями, магазинами – мастерскими по установке и обслуживанию всевозможных охранных систем и устройств, служащими для защиты различного рода собственности [6-8].

Рост интересов к этой проблеме проявляется и в создании новых редакций радиотехнических журналов, проведении научно – технических конференций, выставок, форумов, включении в учебные планы ведущих университетов, академий и институтов дисциплин подобной направленности.

В 70...80-х годах вопросы защиты и охраны личной собственности рассматривались в основном лишь в зарубежной печати, как правило, они касались методов защиты информации [9-11]. Ситуация начала меняться лишь в последнее время когда стали появляться новейшие разработки наших ученых [12, 13].

Важнейшей составной частью системы обеспечения сохранности материальных ценностей являются охранные системы и устройства. С начала создания первых простейших охранных устройств идет непрерывный процесс совершенствования технических характеристик, расширения их возможностей за счет использования как известных принципов действия, так и новых, позволяющих полнее обеспечить высокую достоверность обнаружения и уменьшить ложные срабатывания [14]. За счет использования новых технологий и элементной базы, развитие охранных систем и устройств ведет к постоянному снижению массогабаритных параметров, совершенствованию алгоритмов обработки сигналов, использованию новых принципов действия, сочетанию нескольких принципов действия в одном охранном устройстве.

Несмотря на большое многообразие принципов реализуемых в охранных системах и устройствах следует выделить те из них, в которых реализуются радиотехнические принципы, имеющие общеизвестные достоинства: скрытность работы; защищенность от атмосферных воздействий; возможность осуществления непрерывного, объемного контроля в каждой точке охраняемого пространства; непрерывный контроль за работоспособностью самого охранного устройства. Существует целый ряд разнообразных радиотехнических охранных систем и устройств, однако все они выполняют схожие задачи. Поэтому, для разработки или выбора той или иной охранной системы, или того или иного типа охранного устройства, из номенклатуры уже существующих, необходимо руководствоваться соответствующими критериями позволяющими корректно поставить задачу разработки сравнительных оценок различных типов охранных систем и устройств.

Для достижения указанной цели необходимо:

- провести анализ условий работы, вариантов построения, тактико-технических данных, характеристик точности и достоверности существующих радиотехнических систем и устройств охраны периметров, открытых и закрытых пространств, с целью повышения их эффективности.
- проанализировать системные критерии оценки качества радиотехнических систем и устройств охраны периметров, открытых и закрытых пространств с учетом специфических особенностей их функционирования на малых расстояниях.
- провести анализ характеристик достоверности обнаружения и пропуска протяженных объектов радиотехническими системами и устройствами охраны периметров, открытых и закрытых территорий, как в прожекторном режиме, так и при наличии сигнала «просачивания».
- провести анализ характеристик достоверности обнаружения и ложных срабатываний радиотехнических охранных систем и устройств как в условиях априорной неопределенности относительно параметров движения протяженного объекта, так и с учетом негауссовского характера сигналов и помех.
- получить законы распределения дальности действия охранной сигнализации и достоверности обнаружения протяженных объектов, дана оценка достоверности обнаружения объекта на основе введенных статистических распределений дальности действия радиотехнических охранных устройств.

#### Список литературы

1. Артющенко, В. М. Анализ условий работы системы контроля заполнения путей и ее информационного обеспечения [Текст] / В.М. Артющенко, В.И. Воловач // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. №6. С.115-119.
2. Артющенко, В. М. Исследование и разработка радиолокационного измерителя параметров движения протяженных объектов [Текст] / В.М. Артющенко: монография, ФГБОУ ВПО ФТА. – М., – 2013. – 214 с.
3. Артющенко, В. М. Проектирование сетей подвижной связи с кодовым разделением каналов [Текст] / В.М. Артющенко: монография – ФГБОУ ВПО ФТА. – М., 2012. – 204 с.
4. Артющенко, В. М. Информационные технологии и управляющие системы: монография [Текст] / В.М. Артющенко, Т.С. Аббасова, Ю.В. Стреналюк, В.И. Привалов, В.И. Воловач, Е.П. Шевченко, В.М. Зимин, Е.С. Харламова, А.Э. Аббасов, Б.А. Кучеров /под науч. ред. док.техн. наук, проф. В.М. Артющенко. – М.: Издательство «Научный консультант», 2015. – 185 с.
5. Артющенко, В. М. Оценка экономической эффективности использования автоматизированной системы распределения средств управления космическими аппаратами в условиях ресурсных ограничений [Текст] / В. М. Артющенко, Б. А. Кучеров // Вестник поволжского государственного университета сервиса. Серия: Экономика. – 2013. – № 5 (31). – С. 131–136.
6. Автосервис: станции технического обслуживания автомобилей: Учебник [Текст] / И.Э. Грибут, В. М. Артющенко, Н.П. Мазаева и др. / Под ред. В.С. Шуплякова, Ю.П. Свириденко. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, – 2008. – 480 С.
7. Артющенко, В. М. Информационное обеспечение деятельности предприятий автосервиса [Текст] / В. М. Артющенко // Журнал «Промышленный сервис». – 2009. – №4(33). – С. 3-10.

8. Артющенко, В. М. Оценка влияния помех от радиоэлектронных систем на беспроводные устройства малого радиуса действия с блоковым кодированием [Текст] / В.М. Артющенко, В.А. Корчагин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2010. – Т.6. – №4. С.3-6.
9. Артющенко, В. М. Обработка информационных параметров сигнала в условиях аддитивно-мультипликативных негауссовских помех [Текст] / В.М. Артющенко: монография. – Королев МО: Изд-во «Канцлер», 2014. – 298 с.
10. Артющенко, В. М. Алгоритмы адаптации спутниковой связи по скорости передачи информации земных станций при работе в составе узловой сети [Текст] / В. М. Артющенко, Б. А. Кучеров // Естественные и технические науки. – 2014. – № 7 (75). – С. 96-100.
11. Артющенко, В. М. Моделирование скорости передачи информации земных станций при работе в составе узловой сети [Текст] / В. М. Артющенко, Б. А. Кучеров // Austrian Journal of Technical and Natural sciences. – 2014. – № 7-8. – С. 96–99.
12. Артющенко, В. М. Статистические характеристики сигналов и помех радиотехнических устройств ближнего действия [Текст] / В.М. Артющенко, В.И. Воловач, В.В. Иванов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2014. – Т.57. – №7. – С.46–50.
13. Artyushenko V. M., Volovach V. I. Threshold method of measurement of extended objects speed of radio engineering devices of short-range detection // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2014). Kiev, Ukraine, September 26-29, 2014 – 2014. KNURE, Kharkov. – PP. 220-223.
14. Артющенко, В. М. Особенности отражения зондирующих сигналов радиотехнических устройств обнаружения от протяженных объектов сложной формы [Текст] / В.М. Артющенко, В.И. Воловач // Школа университетской науки: парадигма развития. 2012. №2-6. С.42-46.

## **ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ПРОТЕКТОРНОГО СЛОЯ НА ПРОЧНОСТЬ СЦЕПЛЕНИЯ БАББИТА С ПОДЛОЖКОЙ В ПОДШИПНИКАХ СКОЛЬЖЕНИЯ**

***Гордин Ю.А.***

доцент кафедры технологии формообразования и художественная обработка материалов», канд. технич. наук, Донской государственный технический университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

***Ягольник О.Н.***

магистрант кафедры технология формообразования и художественная обработка материалов, Донской государственный технический университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

В статье рассматривается влияние природы протекторного слоя на прочность сцепления баббита с подложкой вкладыша подшипника. В качестве протекторного слоя предполагается использование меди, нанесенной газодинамическим напылением с последующим лужением, для дальнейшего нанесения баббитового слоя методом центробежного литья.

*Ключевые слова:* баббит, латунная подложка, протекторный слой, центробежная заливка, газодинамическое напыление.

Возникающие проблемы нормального режима работы подшипников скольжения, связаны с неудовлетворительным качеством сцепления антифрикционного слоя баббита и корпуса подшипника, а также несоблюдением технологии его заливки [4]. Одной из существенных причин выхода из строя подшипника скольжения, является некачественная заливка баббита, плохое смачивание баббита с поверхностью вкладыша, пористость и, как следствие, плохая теплопроводность на границе «баббит-корпус», перегрев на этих участках и нарушение нормальной работы пары «подшипник – ось» (рис. 1).



Рис. 1. Дефекты антифрикционного баббитового слоя

В процессе изучения возникающих проблем, были рассмотрены методы изготовления и восстановления подшипников скольжения колесной пары электровоза.

Традиционно баббитовые сплавы наносятся на основу вкладышей подшипников скольжения различными способами, это: ручная заливка, центробежная заливка, под давлением.

Одним из методов нанесения переходного слоя используется метод электроэрозионного легирования (ЭЭЛ), который представляет, собой перенесение материала на обрабатываемую поверхность искровым электрическим разрядом в среде аргона слой из меди наносится на внутренние поверхности. Значения сцепляемости баббита со сталью 20 приведены в табл. 1 [3].

Таблица 1

**Результаты прочности сцепления антифрикционного слоя с подложкой из стали 20**

Материал антифрикционного слоя	Максимальная нагрузка до разрушения, Н	Прочность соединения, Н/мм <sup>2</sup>	Характер разрушения
Медь (ЭЭЛ) – лужение оловом – Б88	7100	16,5	Разрыв по баббиту
Медь (ЭЭЛ) – лужение оловом – Б88	7300	17,0	Разрыв по баббиту

Установлено, что нанесение на стальную подложку переходного (протекторного) слоя из меди повышает прочность сцепления баббита с основой, по сравнению с традиционными технологиями нанесения. Но данный способ нанесения покрытый сложен в использовании, так как применяется защитная среда аргона, различные режимы нанесения, окисление электродов, при длительном легировании появляются прижоги.

Другим способом нанесения покрытия является плазменный метод. При плазменном способе нанесения покрытий, напыляемый металл разогревается до жидкого состояния и переносится на обрабатываемую поверхность при помощи потока плазмы.

Прочность сцепления покрытия с поверхностью детали в среднем равна 10-55 МПа на отрыв, а некоторых случаях – до 120 МПа. Пористость покрытия находится в пределах 10...15%. Толщина покрытия обычно не более 1 мм, так как при ее увеличении в напыляемом слое возникают напряжения, стремящиеся отделить его от поверхности детали [6]. Прочности связи медного покрытия с  $\alpha$ -железом при плазменном напылении составляет 7,2 МПа [2].

Технология плазменного напыления осуществляется с интенсивным нагревом наносимого слоя, что приводит к окислению слоя меди, а так же имеет низкую производительность процесса, высокую себестоимость и сложность обслуживания оборудования.

При дуговом напылении, непрерывно подается проволока напыляемого металла по двум каналам, между которыми инициируется электрическая дуга. Расплавленный металл распыляется струей сжатого воздуха, подводимого под давлением через сопло в зону дуги, ускоряется и направляется на поверхность детали. Значение прочности связи медного покрытия с  $\alpha$ -железом составляет 7,8 МПа [2].

Недостатками данного метода нанесения являются: отсутствие защитной среды, повышенное окисление металла, а также сложность контроля технологических режимов рабочего оборудования.

В настоящее время для нанесения покрытий при изготовлении и восстановлении функциональных поверхностей деталей все шире используют метод газодинамического напыления.

Технология нанесения покрытий включает в себя нагрев сжатого газа (воздуха), подачу его в сверхзвуковое сопло и формирование в этом сопле сверхзвукового воздушного потока, подачу в этот поток порошкового материала, ускорение этого материала в сопле сверхзвуковым потоком воздуха и направление его на поверхность подложки, где формируется протекторное покрытие меди.

В технологии напыления ДИМЕТ создаются условия, чтобы падающие на подложку частицы имели невысокую температуру, что обуславливает ее уникальность. Иногда для повышения сцепляемости протекторного слоя меди подложка предварительно нагревается до определенных температур значения, которые представлены в табл. 2 [5].

Таблица 2

**Зависимость адгезии от температуры подложки**

Температура напыления, °С	Прочность сцепления, МПа
270	27,6
360	39,3
450	47,8



Сравнительный анализ различных способов нанесения протекторного слоя меди показал, что одним из важных свойств покрытий, являются микрогеометрия поверхность покрытия, структура внутренних областей и переходной зоны от покрытия к подложке. Эти свойства определяют основные физические характеристики покрытий, таких как адгезия, когезия, плотность покрытий и проницаемость для жидкостей и газов, тепло- и электропроводность, величина твердости и т.д. [1].

Этим условиям в большей удовлетворяет технология газодинамического напыления.

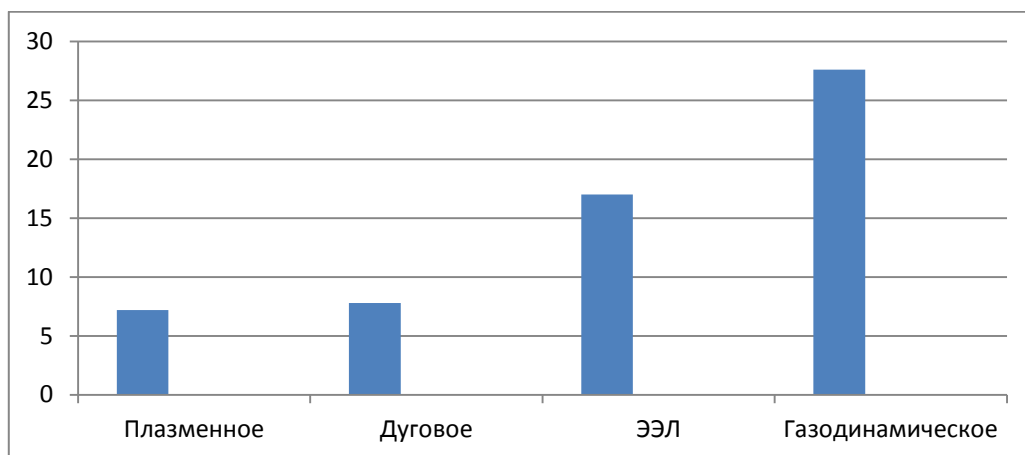


Рис. 2. Значение прочности сцепления напыленных слоев (МПа)

Из гистограммы зависимости прочности напыленных слоев методами дугового, плазменного, электроэрозионного и газодинамического напылении видно, что наибольшая прочность сцепления образуется при газодинамическом напылении. Этот метод планируется опробовать на Новочеркасском электровозостроительном заводе.

#### Список литературы

1. Алхимов А.П., Косарев В.Ф., Плохов А.В. Научные основы технологии холодного газодинамического напыления и свойства напыленных материалов. Новосибирск, 2006. – 280 с.
2. Краснов А.Н., Шаривкер С.Ю., Зильберберг В.Г. Низкотемпературная плазма в металлургии. Изд-во: Металлургия. 1970. – 216 с.
3. Тарельник В.Б. Аналіз технологій нанесення антифрикційних покриттів підшипників ковзання / В.Б. Тарельник, О.В. Дзюба // Вісник харківського національного технічного університету сільського госпо-дарства імені Петра Василенка, 2013. – Випуск 134. – С. 244-251.
4. URL: [www.eav.ru](http://www.eav.ru) (17.10.15).
5. URL: [dymet.org](http://dymet.org). ДИМЕТ. Применение технологии и оборудования (17.10.2015).
6. URL: [www.electrolibrary.info](http://www.electrolibrary.info).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАТУРАЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ В РЕЦЕПТУРАХ ТАБАКА ДЛЯ КАЛЬЯНА

*Жабенцова О.А.*

старший научный сотрудник лаборатории технологии производства табачных изделий, канд. техн. наук, Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, Россия, г. Краснодар

Представлены результаты исследования возможности использования свекловичной мелассы и натурального мёда в рецептуре табака для кальяна в качестве углеводсодержащего компонента с целью снижения токсичности путём замены синтетических консервантов и красителей натуральными. Изучена зависимость общей дегустационной оценки табака для кальяна от различного соотношения мелассы и мёда в рецептурах, определено их оптимальное содержание.

*Ключевые слова:* табак для кальяна, углеводсодержащие компоненты, свекловичная меласса, натуральный мёд.

Скрининг патентной и научно-технической литературы по вопросу существующих рецептов показал, что в составе табака для кальяна содержится множество компонентов, из которых можно выделить следующие: наполнитель (табак – 15-30 %), глицерин, пропиленгликоль – 30-45 %, углеводсодержащие компоненты – 40-60 %, ароматизатор 2-7 %, консервант, краситель. Обычно, в качестве углеводсодержащего компонента используется инвертный сироп, рекомендуемая степень инверсии сахарозы, которой в рецептурах табака для кальяна составляет 45-70 % [1]. Анализ изученных рецептов выявил наличие большого количества химических компонентов, к которым относятся консерванты, красители, синтетические ароматизаторы. Безопасность и влияние на организм химических и синтетических компонентов, при воздействии температур 200-300°C, создаваемых в процессе курения кальяна, не изучены. Поэтому предложено заменить их натуральными ингредиентами [2].

Для исследований выбраны следующие натуральные ингредиенты: свекловичная меласса по ГОСТ 52304-2005 [3], натуральный мёд по ГОСТ 19792-2001 [4] в качестве углеводсодержащей составляющей в качестве вкусоароматических добавок, позволяющих отказаться от синтетических.

*Свекловичная меласса* является побочным продуктом переработки сахарной свеклы. Это густая сиропобразная непрозрачная жидкость от коричневого до темно-бурого цвета, имеет свойственный свекловичной мелассе запах и сладкий с горьким привкусом вкус. Содержание сахара в мелассе определяет ее ценность для производства табака для кальяна. Из сахаров в мелассе содержится, главным образом, сахароза. Содержание ее должно быть не менее 44 % [5]. Это – многокомпонентный, содержащий ценные вещества (сахарозу, растворимые несахара, микроэлементы и др.) продукт, обладающий высокой вязкостью 4-8 Па·с при температуре 40 °C. Из-за характерного

цвета мелассы применение синтетических красителей становится нецелесообразным. Свекловичная меласса – оттек, получаемый при центрифугировании утфеля последней кристаллизации. В зависимости от климатических, агротехнических условий выращивания и технологических режимов переработки сахарной свеклы состав мелассы колеблется в следующих пределах (в % к её массе): содержание сухих веществ – 76-85, сахарозы – 46-51 (в среднем 2,5 % к массе свеклы), азота общего – 1,5-2, бетаина – 4-7, редуцирующих веществ – 0,5-2,5, молочной кислоты, муравьиной и уксусной кислот – 4-6, муравьиной и уксусной кислот – 0,2-0,5, красящих веществ – 4-8, золы – 6-11; чистота – 56-62 %; pH – 6-8. Имеются также микроэлементы (Al, Mg, Fe, Mn, Cu, Si). Выход мелассы составляет обычно 5-5,4 % от массы переработанной свеклы.

Натуральный мёд, используемый в рецептурах табака для кальяна является не только углеводсодержащим компонентом, но и природным консервантом и это его свойство используется для замены синтетических консервантов натуральными.

*Натуральный мёд.* К известным с глубокой древности подслащающим продуктам относится мёд. Мёд – продукт переработки цветочного нектара медоносных цветов пчелами. Мёд содержит 75 % моно- и дисахаридов, в том числе около 40 % фруктозы и 2 % сахарозы, 1,2 % органических кислот, 5,5 % крахмала. Из витаминов в нем присутствуют, мг/100г: витамин С – 2, В<sub>6</sub> – 0,1, фолацин – 15 (мкг/100 г) в незначительном количестве – В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>; из микроэлементов, мкг/100 г: железо – 800, йод – 2, фтор – 100 [4]. Мёд – продукт переработки медоносными пчелами нектара. Он может быть жидким, частично или полностью закристаллизованным с приятным ароматом, от слабого до сильного, с приятным сладким вкусом. Массовая доля редуцирующих сахаров (к абсолютно сухому веществу): для мёда из белой акации не менее 76 %, для всех остальных не менее 82 %. Массовая доля сахарозы (к абсолютно сухому веществу) не более 10 % для мёда из белой акации и не более 6 % для всех остальных [5].

Таким образом, мёд и меласса по содержанию углеводов сравнимы с содержанием углеводов в инвертном сахаре и могут использоваться в рецептурах при производстве табака для кальяна.

Разработаны новые рецептуры табака для кальяна с натуральными ингредиентами. Курительные свойства продукта, изготовленного по новым рецептурам, оценены с помощью методики дегустационной 100 балльной оценки смеси для кальяна [6,7].

Для определения оптимальных массовых долей мелассы и мёда в рецептуре табака для кальяна проведено исследование с помощью подбора различных соотношений этих компонентов. Изготовлены четыре образца табака для кальяна по рецептурам, представленным в таблице 1.

Таблица 1

**Рецептуры исследуемых образцов табака для кальяна  
с различным соотношением мелассы и мёда**

Наименование рецептур	Содержание компонентов в рецептуре, %			
	табак	глицерин	меласса	мёд
Рецептура 1	20	30	25	25
Рецептура 2	20	30	30	20
Рецептура 3	20	30	35	15
Рецептура 4	20	30	40	10

Свойства дыма при курении образцов табака для кальяна, изготовленных по различным рецептурам, определялись по методике дегустационной оценки дыма кальяна, разработанной в институте. Результаты проведенных исследований представлены на рисунке.

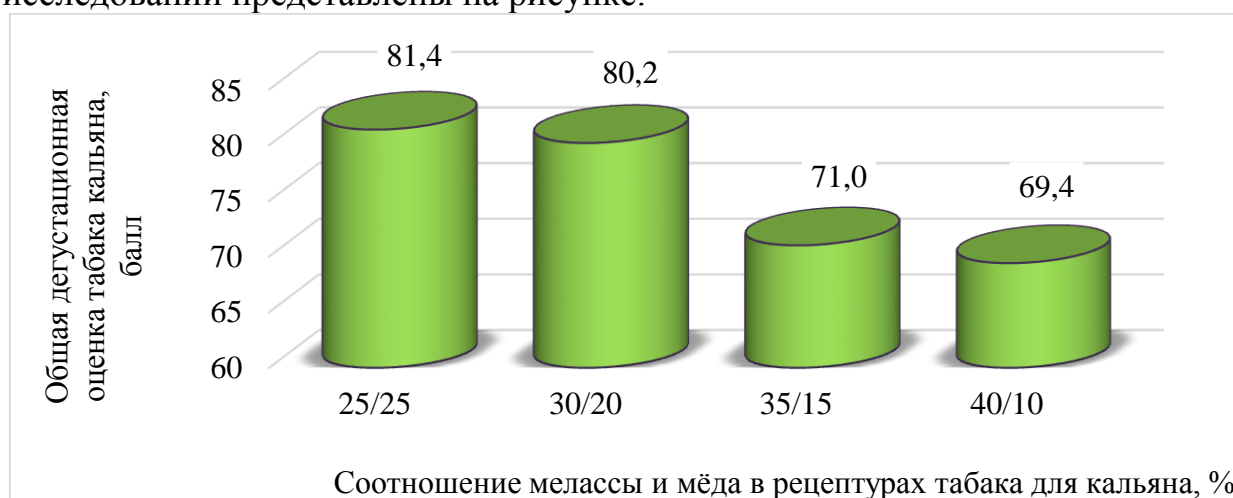


Рис. Зависимость общей дегустационной оценки табака для кальяна от различного соотношения мелассы и мёда в рецептурах

Как видно из рисунка, высокую общую дегустационную оценку дыма кальяна получил образец 1- 81,4 балла, в рецептуре которого содержалось 25% мелассы и 25 % мёда, а низкую оценку – 69,4 балла образец с содержанием мелассы 40 % и мёда 10 %.

Таблица 2

**Зависимость дегустационной оценки табака для кальяна с различным соотношением мелассы и мёда в рецептурах**

Соотношение мелассы и мёда в рецептурах, %	Показатели дегустационной оценки табака для кальяна, балл					Общая дегустационная оценка, балл
	аромат	вкус	усилие при затяжке	плотность дыма	крепость	
25/25 (образец 1)	27,5	30,4	9,8	8,7	5,1	81,4
30/20 (образец 2)	26,9	29,8	9,8	8,7	5,1	80,2
35/15 (образец 3)	22,5	28,2	8,6	6,5	5,2	71,0
40/10 (образец 4)	23,3	26,9	8,1	5,9	5,2	69,4

Аромат дыма кальяна в образцах 1 и 2, оценивается высоко 27,5 (25 % мелассы) и 26,9 баллов (30 % мелассы) (табл. 2). С увеличением содержания мелассы в рецептуре и уменьшением содержания мёда ухудшался аромат дыма, что отражено в низких дегустационных оценках аромата дыма: 22,5 балла – образец 3 и 23,3 балла – образец 4. Показатель плотности дыма понижается с увеличением содержания мелассы в рецептуре, так для образцов 1 и 2 плотность дыма соответствовала 8,7 балла, образец 4 имел низкую оценку – 5,9 балла. Образец 1 в рецептуре табака для кальяна характеризовался высокой оценкой вкуса 30,4 балла, отсутствием раздражения, щипания и обкладки.

Отмечено, что при увеличении содержания мелассы снижается показатель вкуса, появляется раздражение, щипание и обкладка. Низкую оценку вкуса дыма кальяна имел образец 4. Поэтому, содержание мелассы и мёда в рецептуре в равной пропорции, то есть по 25%, определено как оптимальное.

Таким образом, свекловичная меласса и натуральный мёд могут быть использованы как натуральные ингредиенты в технологии табака для кальяна и снижать его токсичность.

#### **Список литературы**

1. Моисеев Д.И. Разработка способов формирования и оценка улучшения потребительских характеристик нишевой табачной продукции: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2013. 23с.
2. Жабенцова О.А. Особенности различных технологий изготовления кальянных смесей // Известия вузов. Пищевая технология, 2014. №4. С. 10-14.
3. ГОСТ 52304-2005 Меласса свекловичная. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. 23 с.
4. ГОСТ 54644-2011 Мёд натуральный. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2011 19 с.
5. Голубев В.Н., Чичева-Филатова Л.В., Шленская Т.В. Пищевые и биологически активные добавки: Учебник. М.: Академия, 2003. 200с.
6. Гнучих Е.В., Миргородская А.Г., Шкидюк М.В., Бедрицкая О.К., Глухов С.Д., Жабенцова О.А. Методика дегустационной оценки смеси для кальяна. Краснодар, 2014. 19с. Деп. в ВНИИЭСХ №1 ВС-2015.
7. Гнучих, Е.В. Разработка методики дегустационной оценки смеси для кальяна / Е.В. Гнучих, О.А. Жабенцова, М.В. Шкидюк, Н.Н. Матюхина // Изв. вузов. Пищевая технология. 2015. №1. С. 122-124.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕВЕРСИВНОГО 4/6 ВАЛКОВОГО СТАНА МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ**

***Жильцов А.П.***

заведующий кафедрой металлургического оборудования, канд. техн. наук, профессор университета, Липецкий государственный технический университет, Россия, г. Липецк

***Козенко Н.С.***

студент гр. МО-12-1,  
Липецкий государственный технический университет, Россия, г. Липецк

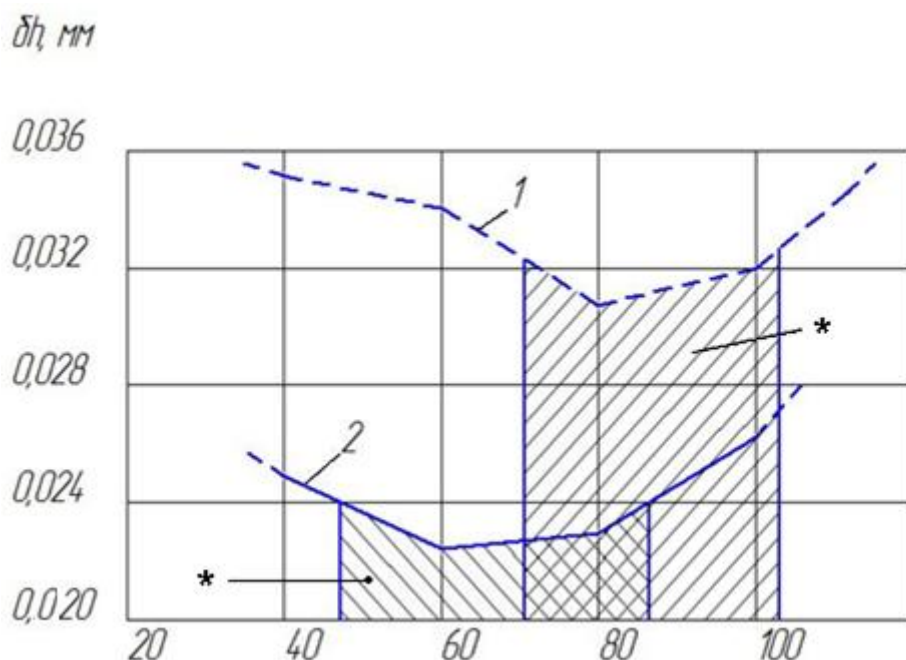
Применительно к 4/6 валковому реверсивному стану методом моделирования проведено исследование влияния конструктивных и технологических параметров, в т.ч. уси-



лий натяжения, на величину продольной разнотолщинности холоднокатаных полос. Определены области рациональных значений разности натяжений. Выявлен резерв мощности главных двигателей привода стана при прокатке высокопрочных марок сталей.

*Ключевые слова:* холодная прокатка, моделирование, реверсивный стан, натяжение, продольная разнотолщинность, мощность.

Анализ современного состояния производства проката, в т.ч. из электротехнических марок сталей, с покрытиями, легированных, свидетельствует о расширении спектра применения одноклетьевых реверсивных станов, работающих как в 4-х, так и в 6-валковом режимах, например, станы фирмы «SUNDWIG» [1], обеспечивающих повышенные требования к холоднокатаной продукции. При этом 4-х валковый режим обеспечивается выводом из клетки неприводных рабочих валков посредством кассет и сближением приводных промежуточных и опорных валков за счет длинноходового штока гидронажимного устройства [2]. Пример обобщенной схемы стана показан на рис. 1.



Разность усилий заднего и переднего натяжений  $\Delta N, \text{кН}$

Рис. 1. Зависимость продольной разнотолщинности  $\delta h$  от разности натяжений в первом проходе (кривая 1) и третьем проходе (кривая 2)

\*заштрихованные зоны – интервалы рациональных значений  $\Delta N$

Представляет интерес анализ влияния условий нагружения валков на качество холоднокатаных полос, в т.ч. на продольную разнотолщинность. На величину продольной разнотолщинности влияют многие факторы: разнотолщинность подката, жесткость клетки, уровень биения валков, нестабильность скоростей вращения двигателей.

Среди технологических приемов для повышения точности размеров проката используется ассиметричная прокатка [3], что может быть рациональным для 4-х валковых клеток реверсивных станов холодной прокатки.

Для оценки энергосиловых и технологических параметров широко применяются различные математические модели, среди них модель «6-Rolls» [4], которая позволяет исследовать: контактные напряжения, усилие и мощность прокатки; коэффициент трения при прокатке; силы и моменты прокатки при разных вариантах привода валков; момент и мощность двигателей; упругие деформации валков; жесткости клетей; продольную разнотолщинность полосы.

В частности, для 6-валковых клетей с приводными промежуточными валками с использованием программного продукта «6-Rolls» [4] проведено исследование влияния конструктивных и технологических параметров прокатки, в т.ч. усилий натяжения на величину продольной разнотолщинности.

Варьируемыми параметрами являлись: величины обжатий по проходам при реверсе, скорость прокатки, усилия заднего и переднего натяжений, марка стали полосы, диаметры валков.

Моделирование прокатки осуществляли для полосы 1,2 x 1020 мм (1-й проход) до 0,6 x 1020 (3-й проход) из различных марок стали. Расчеты с использованием «6-Rolls» показывают значимое (точность расчета – 5 %) влияние разности натяжений на величину продольной разнотолщинности (см. рис. 1) и наличие интервалов (зон)  $\Delta$ , обеспечивающих снижение разнотолщинности при прочих равных условиях. Также установлено, что 4-х валковый режим рационален для прокатки низколегированных марок сталей, 6-валковый – для прокатки тонких и тончайших полос из высокопрочных марок.

Для условий прокатки в 6-валковом режиме тонких и тончайших полос из высокопрочных марок стали с использованием указанной модели проведен анализ загрузки главного привода реверсивной клетки по усилию прокатки и мощности двигателей (рис. 2). При этом моделирование осуществлялось с максимально возможными обжатиями.

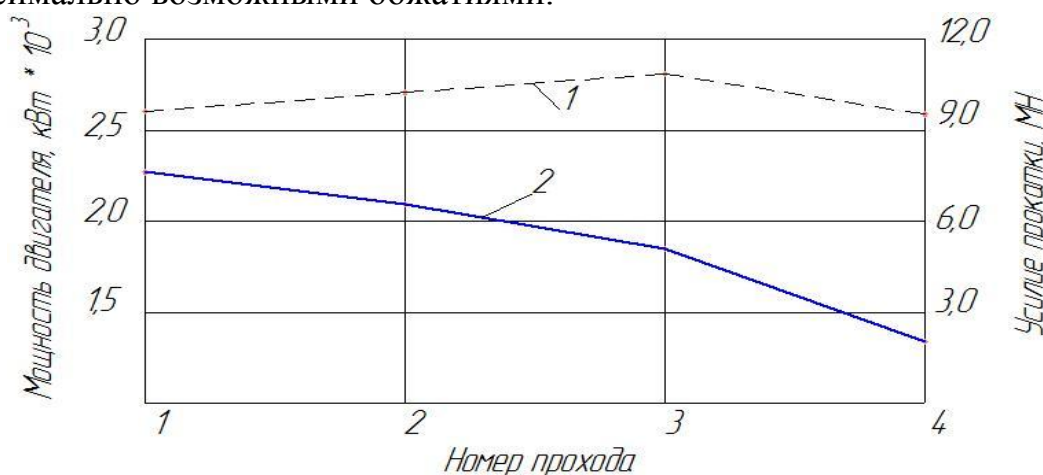


Рис. 2. Загрузка привода клетки по усилию прокатки (1) и мощности двигателей (2) по проходам

Установлено, что для рассматриваемого реверсивного стана с номинальной мощности установленных двигателей по 3200 кВт имеется существенный запас мощности для реализации прокатки полос из трудноформируемых высокопрочных марок сталей.

**Выводы:**

Определены интервалы рациональных значений разности усилий натяжения, влияющих на снижение продольной разнотолщинности полос.

Выявлен резерв мощности привода реверсивного 4/6 валкового стана при прокатке высокопрочных марок стали.

#### **Список литературы**

1. Коньшин А.Л., Правдин А.М., Титов Е.В. Одноклетьевые реверсивные станы холодной прокатки фирмы "SUNDWIG". Теория и практика производства листового проката [Текст]: Сб. научных трудов. Часть 1. – Липецк, ЛГТУ, 2008. – 276 с.
2. Цупров. А.Н. Основы металлургического гидропривода : учеб. пособие для вузов / А.Н. Цупров, А.П. Жильцов, Н.А. Чиченев. – Липецк: ЛГТУ, 2008 – 306 с.
3. Байков Е.В. Влияние рассогласования скоростей валков на продольную разнотолщинность стальных холоднокатаных лент. Теория и практика производства листового проката [текст]: Сб. научных трудов. Часть 2. – Липецк, ЛГТУ, 2008. – 305 с.
4. Гарбер Э.А. Расчет клеток непрерывных широкополосных станов холодной прокатки «6- Rolls»: руководство пользователя [текст]/ Э.А. Гарбер, Н.Л. Балабанова. – Череповец: ЧГУ, 2007. – 13 с.

### **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СРОК СЛУЖБЫ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

***Измайлов В.В.***

профессор кафедры прикладной физики, д-р техн. наук, профессор,  
Тверской государственный технический университет, Россия, г. Тверь

***Новоселова М.В.***

доцент кафедры прикладной физики, канд. техн. наук, доцент,  
Тверской государственный технический университет, Россия, г. Тверь

Выполнена теоретическая оценка влияния температуры электроконтактного соединения на его срок службы, основанная на диффузионной модели деградации контакта. Показано, что незначительное повышение температуры соединения в процессе эксплуатации приводит к существенному уменьшению его срока службы.

*Ключевые слова:* электроконтактные соединения, температура, срок службы.

Обеспечение надежности электроконтактных соединений (ЭКС) является актуальной проблемой в производстве и эксплуатации электротехнического оборудования. С точки зрения теории надежности разборные ЭКС можно отнести к изделиям с деградиционными отказами, связанными с изменением электрического сопротивления и температуры контактного соединения.

В рамках диффузионной модели деградации ЭКС [1, 2] рост контактного сопротивления обусловлен проникновением пленки окислов в зону контакта за счет диффузии оксиданта вдоль поверхности контакта. На основании численного решения дифференциального уравнения, описывающего диффу-

зию оксиданта по поверхности контакта, получена временная зависимость относительного роста сопротивления  $k(t)$  ЭКС:

$$k(t) = \frac{R(t)}{R_0} = \frac{1}{\left[ 1 - 0,77 \left( \frac{K_8 D}{a^2} t \right)^{0,5} - 0,23 \left( \frac{K_8 D}{a^2} t \right)^6 \right]}, \quad (1)$$

где  $R(t)$  – сопротивление в момент времени  $t$ ;  $R_0$  – начальное сопротивление;  $K_8 = 11 \div 21$  – коэффициент аппроксимации;  $D$  – коэффициент диффузии оксиданта по поверхности контакта;  $a$  – радиус пятна контакта.

Рассмотрим влияние температуры ЭКС на его срок службы, используя выражение (1). Критерием отказа ЭКС будем считать превышение величиной относительного роста сопротивления  $k(t)$  допустимого значения, которое устанавливается нормативными документами. Соответствующий момент времени примем за срок службы ЭКС. Если допустимые значения  $k(t)$  не установлены, предельный срок службы соответствует моменту времени, в который  $k \rightarrow \infty$ .

Коэффициент диффузии может быть рассчитан по формуле [3]

$$D(t) = D_0 \exp\left(-\frac{B}{\Theta(t)}\right) = D_0 \exp\left(-\frac{B}{T(t)/T_{пл}}\right), \quad (2)$$

где  $D_0$  – предэкспоненциальный множитель (частотный фактор);  $B = 7 \div 9$  – коэффициент, зависящий от механизма диффузии;  $\Theta(t)$  – гомологическая температура контакта в момент времени  $t$ ;  $T(t)$  – абсолютная температура контакта в момент времени  $t$ ;  $T_{пл}$  – температура плавления материала контакт-деталей.

Температура контакта при длительном прохождении номинального тока  $I$  зависит от сопротивления контакта (падения напряжения на контакте  $\Delta U(t)$ )

$$T(t) = \sqrt{T_b^2 + \frac{[\Delta U(t)]^2}{4L}} = T_b \sqrt{1 + \frac{[IR(t)]^2}{4LT_b^2}}, \quad (3)$$

где  $T_b$  – объемная температура контакт-деталей;  $L$  – число Лоренца.

Введем следующие параметры:  $\Delta T_0^2 = I^2 R_0^2 / (4L)$ , где  $\Delta T_0$  – превышение температуры контакта над объемной температурой контакт-деталей в начальный момент времени;  $\Theta_b = T_b / T_{пл}$  – гомологическая объемная температура. С учетом введенных обозначений и формулы (3) выражение (2) примет вид

$$D(t) = D_0 \exp\left(-\frac{B}{\Theta_b \sqrt{1 + (\Delta T_0 / T_b)^2 [k(t)]^2}}\right), \quad (4)$$

Как видно из формулы (4), величина коэффициента диффузии экспоненциально, т.е. очень сильно, зависит от температуры. Поэтому срок службы замкнутых контактов также очень сильно зависит от температуры.

По мере роста сопротивления контакта его температура будет расти (см. ф-лу (3)), и величина коэффициента диффузии будет зависеть от сопро-

тивления (см. ф-лу (4)). Таким образом, коэффициент диффузии, входящий в уравнения (1) для расчета роста сопротивления контакта, в свою очередь оказывается зависящим от рассчитываемого сопротивления. Поэтому уравнение (1) можно решить только численным способом методом итераций.

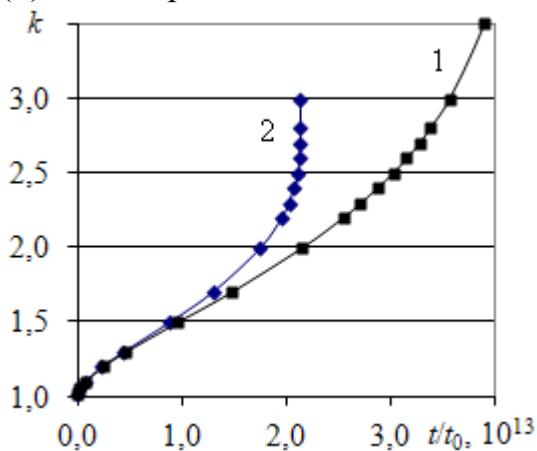


Рис. 1. Влияние температуры контакта на срок службы ЭКС

Пример результата таких расчетов приведен на рис. 1 в виде временных зависимостей относительного роста сопротивления медного ЭКС, полученных по соотношениям (1) – (4) при параметрах:  $B = 7$ ;  $\Theta_b = 0,22$ ;  $\Delta T_0 = 20^\circ$ ;  $T_b = 300$  К. На графиках  $t/t_0$  – безразмерное время, где  $t_0 = \frac{a^2}{K_8 D_0}$ , кривая 1 – без учета влияния температуры на коэффициент диффузии; кривая 2 – с учетом этого влияния.

На рис. 2 и 3 показано влияние параметров  $\Delta T_0$  и  $\Theta_b$ , входящих в уравнение (4), на рост сопротивления медного ЭКС.

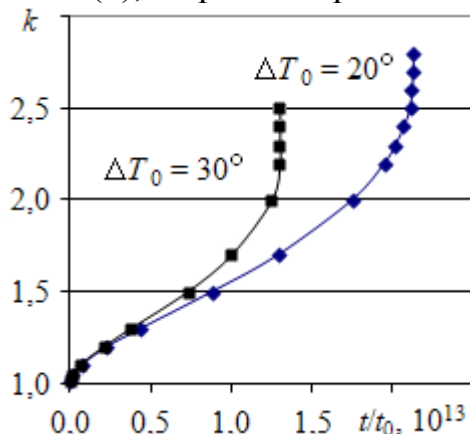


Рис. 2. Влияние начального превышения температуры  $\Delta T_0$  на срок службы при объемной температуре  $\Theta_b = 0,22$

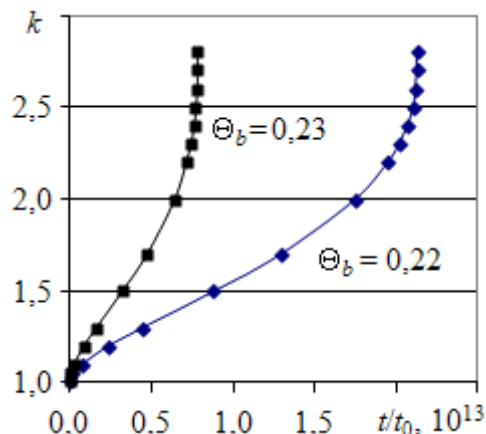


Рис. 3. Влияние объемной температуры  $\Theta_b$  на срок службы при начальном превышении температуры  $\Delta T_0 = 20^\circ$

Как видно из рис. 1–3, нагрев контакта протекающим током приводит к уменьшению срока службы ЭКС, причем на срок службы влияют как объемная температура контакт-деталей, так и непосредственно температура зоны контакта. Следует обратить внимание на то обстоятельство, что изначально менее качественное соединение (о чем свидетельствует большее начальное превышение температуры контакта над объемной температурой) имеет значительно меньший срок службы (рис. 2). Объемная температура также очень сильно влияет на срок службы ЭКС. Разница объемных температур всего в 10 градусов, соответствующая изменению  $\Theta_b$  от 0,22 до 0,23, приводит к сокращению срока службы почти в 3 раза (рис. 3). Этот факт показывает, насколько важно обеспечить эффективные условия охлаждения контактных соединений.



**Заключение.** Воздействия множества трудно контролируемых факторов (влажность и температура воздуха, контактное нажатие, состояние контактирующих поверхностей, режимы работы и т.п.) инициируют рост оксидных пленок непосредственно в области контакта между поверхностями, что ведет к увеличению контактного сопротивления. Вследствие роста сопротивления температура контактного соединения может заметно увеличиться. В свою очередь, даже незначительное повышение температуры контактного соединения приводит к существенному сокращению его срока службы.

#### **Список литературы**

1. Braunovic M., Izmailov V.V., Novoselova M.V. Model for Life Time Evaluation of Closed Electrical Contacts // Proceedings of the 51 IEEE Holm Conference on Electrical Contacts. Chicago, Sept. 2005. P. 217-223.
2. Измайллов В.В., Новоселова М.В., Наумов А.Е. Физическая модель прогнозирования ресурса электроконтактных соединений // Физико-математическое моделирование систем. Материалы V Междунар. семинара. Ч. 2. Воронеж: ВГТУ, 2008. С. 70-75.
3. Каур И., Густ В. Диффузия по границам зерен и фаз. М.: Машиностроение, 1991. 448 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА СКВАЖИН**

***Искакова С.Ш.***

доцент кафедры «Автоматизации и ИТ», канд. техн. наук,  
Атырауский институт нефти и газа, Казахстан, г. Атырау

***Аманбаева Ж.Ш.***

преподаватель, Атырауский институт нефти и газа, Казахстан, г. Атырау

***Завьялова Г.И.***

старший преподаватель,  
Атырауский институт нефти и газа, Казахстан, г. Атырау

В работе исследованы влияния основных факторов при оптимизации технологического режима скважин. Исследованы влияние несовершенства и степени вскрытия на производительность и на технологический режим эксплуатации скважин, влияние характера вскрытия на производительность скважин, модели и определение дебита скважины при безгидратном режиме её работы.

*Ключевые слова:* эксплуатация скважин, нефтяная залежь, производительность скважин, безгидратный режим работы скважины, многокритериальность, нечеткая информация, функция принадлежности.

### **Влияние несовершенства и степени вскрытия на производительность и на технологический режим эксплуатации скважин**

*Однопластовая залежь.* Известно, что на дебит скважины определяющую роль играет проницаемость призабойной зоны (дебит уменьшается

вдвое при уменьшении проницаемости призабойной зоны по сравнению с проницаемостью пласта в 4 раза). Поэтому велика роль выбора промывочной жидкости и величины перепада давления на пласт при его вскрытии.

Производительность скважин в значительной мере зависит от совершенства вскрытия пласта. Несовершенство скважин по степени и характеру вскрытия вызывает дополнительное сопротивление по пути движения жидкости и газа (рис.1), приводит к увеличению потерь давления и понижению производительности скважин (рис. 2).

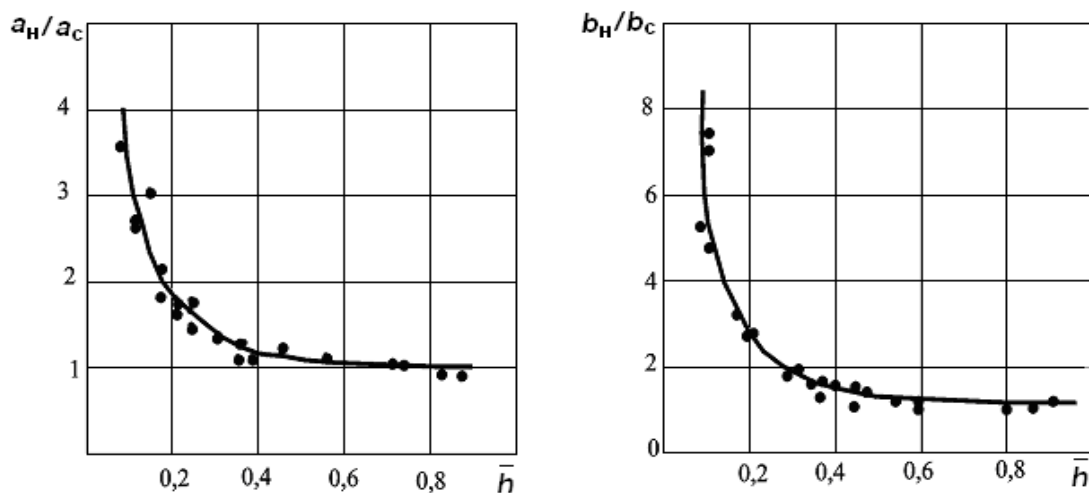
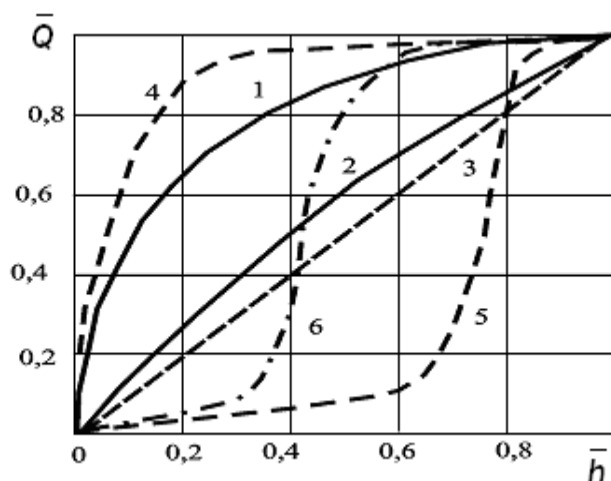


Рис. 1. Зависимость коэффициентов фильтрационных сопротивлений несовершенной скважины ( $a_n$  и  $b_n$ ) от относительного вскрытия пласта  $\bar{h} = h/h_{вск}$ ,  $h$ - толщина пласта;  $h_{вск}$  – вскрытая толщина пласта; индекс «с» относится к совершенной скважине



Кривые: 1 – изотопный пласт; 2 – анизотопный пласт; 3 – вертикальная проницаемость  $k_g = 0$ ; 4 – двухслойный: сверху изотопный высокопроницаемый пласт, нижний – низкопроницаемый анизотропный (параметр анизотропии  $\nu = 0,1$ ); 5 – двухслойный: снизу высокопроницаемый изотопный пласт; 6 – трехслойный, в середине высокопроницаемый изотопный пласт; индексы «н» и «с» относятся к параметрам несовершенной и совершенной скважин

Рис. 2. Зависимость относительного дебита  $\bar{Q} = Q_n/Q_c$  от относительного вскрытия пласта  $\bar{h}$

Приведенные зависимости (коэффициентов фильтрационных сопротивлений несовершенной скважины от относительного вскрытия пласта, относительного дебита от относительного вскрытия пласта) получены на основе обработки статистических данных. Аналитические выражения этих зависимостей являются математическими моделями, позволяющие оптимизировать технологические режимы эксплуатации скважин.

Влияние степени вскрытия на производительность скважин зависит от толщины продуктивного пласта, его фильтрационных свойств и характера их изменения по площади, толщине и последовательности залегания пропластков с различной проницаемостью. При этом надо отметить, что если вертикальная проницаемость  $k_e$  много больше горизонтальной проницаемости  $k_z$ , то увеличение отбора газа из скважины при заданной депрессии наиболее эффективно не за счет увеличения степени вскрытия, а за счет увеличения диаметра скважины [1]. Если же, наоборот,  $k_e \ll k_z$ , то дебит скважины растет практически пропорционально степени вскрытия (см. рис. 1, кривая 3).

Считается, что полная перфорация нефте- и газоносного интервала всегда приводит к увеличению дебита скважины. Однако практика показывает, что прирост дебита скважины за счет полноты вскрытия однородного пласта по сравнению с идентичным пластом, перфорированным до половины газоносного интервала, может быть настолько незначительным (порядка 14%), что существующая техника измерения профиля притока (дебитомер, шумомер и др.) практически не фиксирует прироста дебита скважины. Приведенная зависимость показывает, что если конструкция скважины не обеспечивает вынос частиц жидкости и твердых примесей, то практически неизбежно образование столба жидкости или песчаной пробки ниже середины интервала перфорации.

*Многопластовая залежь.* Если нефтеносный интервал состоит из нескольких полностью перфорированных пропластков, обладающих различной проницаемостью и гидродинамически взаимосвязанных, то отсутствие заметного прироста дебита особенно ярко выражено в интервалах с низкой проницаемостью (рис. 1, кривые 4, 5, 6).

*Оптимальная величина вскрытия.* Обобщая приведенные зависимости  $\bar{Q}$  от  $\bar{h}$  следует сделать следующие выводы:

1. При наличии опасности прорыва конуса подошвенной воды оптимальным вариантом вскрытия однородных, анизотропных (с параметром анизотропии близким к единице) пластов, а также многопластовых залежей, где низкопродуктивный пропласток залегает ниже высокопродуктивного, является относительная толщина вскрытия  $\bar{h} = h_{вск} / h \approx 0.5 - 0.6$ .

2. При наличии подошвенной воды необходимо вскрывать только часть пласта, обеспечивая при этом практически максимальную, безводную производительность скважин и минимальную опасность прорыва конуса подошвенной воды к ним.

3. При чередовании высокопроницаемых пропластков с низкопроницаемыми часть перфорированного интервала с низкой проницаемостью вследствие малой производительности перекрываются столбом жидкости или песчаной пробкой и в работе скважины не участвует.

### **Влияние характера вскрытия на производительность скважин**

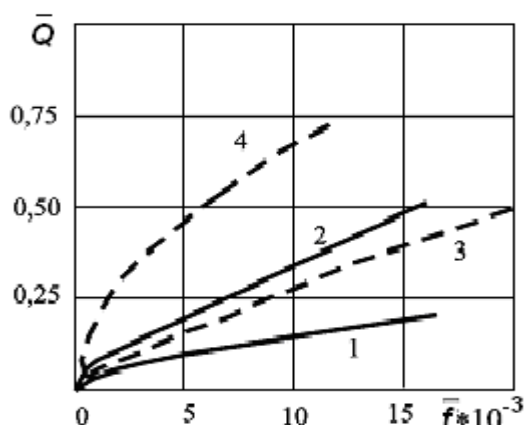
Обычно связь пласта со скважиной осуществляется перфорацией. Задачей перфорации является обеспечение максимальной производительности скважин при минимальных затратах, связанных с величиной интервала вскрытия, глубиной и числом перфорационных отверстий.

Факторы, влияющие на размеры перфорационных отверстий. Размеры перфорационных отверстий зависят от конструкции перфоратора, гидростатического давления, температуры и плотности среды, толщины слоя жидкости между перфоратором и стенкой скважины, твёрдости металла и цементного камня и др. С увеличением пористости и проницаемости породы глубина перфорационного канала увеличивается, а с увеличением прочности породы – уменьшается.

Факторы, влияющие на дебит перфорированных скважин. При данных размерах перфорационных отверстий дебит скважины зависит от их числа, а при расчетах также от правильности определения коэффициентов несовершенства  $C_1 - C_4$ . Число отверстий, определённое как оптимальное при линейном законе, не всегда приемлемо в газовых и газоконденсатных скважинах. Относительный дебит (отношение дебита несовершенной скважины к дебиту совершенной), рассчитанный по формуле для линейного закона сопротивления, всегда больше дебита газа, определённого при нелинейном законе. Для заданных  $a$ ,  $b$  и  $P_{пл}$  величина депрессии существенно влияет на относительный дебит газовых и газоконденсатных скважин и если величина депрессии на пласт неограниченна, то число перфорационных отверстий может быть минимальным. В анизотропных пластах, при прочих одинаковых условиях, плотность перфорационных отверстий должно быть значительно выше, чем в изотропных (рис. 3, кривые 1, 2). С увеличением числа отверстий при этом существенно снижаются коэффициенты фильтрационных сопротивлений. Следует отметить, что производительность скважины, вскрывшей анизотропный пласт при меньшем диаметре отверстий и большем их числе, превышает производительность, получаемую при большем диаметре отверстий, но меньшем их числе (рисунок 3, кривые 2, 3, 4).

Для заданных  $a_c$ ,  $b_c$  (коэффициенты фильтрационных сопротивлений совершенной скважины) и относительного дебита число отверстий  $n$  зависит от величины депрессии на пласт. Для получения заданного дебита при больших  $\Delta p^2$  требуется меньшее число отверстий. Величина  $\Delta p^2$  ограничивается пластовыми давлениями, устойчивостью пород к разрушению, наличием подошвенной воды и др. факторами. Поэтому число отверстий должно быть установлено с учетом перечисленных факторов. Расчеты показывают, что при прочих одинаковых условиях для заданного  $Q$  влияние  $\Delta p^2$  на число

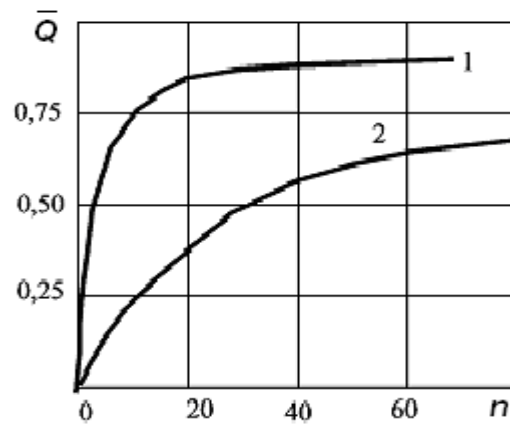
перфорационных отверстий  $n$  зависит от фильтрационных свойств пористой среды. Для заданного  $Q$  ухудшение коллекторских свойств пласта приводит к увеличению числа отверстий (рис. 4).



- 1 – анизотропный пласт ( $d = 6.3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ );  
 2 – изотропный пласт ( $d = 6.3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ );  
 3 – изотропный пласт ( $d = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ );  
 4 – изотропный пласт ( $d = 0.5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ );  
 $D$  – диаметр отверстия перфорации;

$\bar{f} = f_{om} / F$ , где  $f_{om}$  – поверхность отверстий на 1 п.м. перфорированной поверхности  $F$

Рис. 3. Зависимость  $\bar{Q}$  от просветности перфорации  $\bar{f}$



- 1 –  $a = 0.3$ ,  $b = 0.1$ ;  
 2 –  $a = 10$ ,  $b = 0.001$

Рис. 4. Зависимость  $\bar{Q}$  от числа отверстий  $n$

### Модели и определение дебита скважины при безгидратном режиме её работы

Условия на давление и температуру для обеспечения безгидратного режима на забое и устье, которые определяются из следующих математических условий:

$$p_z \leq p_p \text{ и } T_z \geq T_p; p_y \leq p_p \text{ и } T_y \geq T_p,$$

где  $p_p$ ,  $T_p$  – равновесные давление и температура гидратообразования.

Если ствол скважины проходит через зону вечной мерзлоты, то наличие этой зоны должно быть учтено. Если расчеты показывают, что при соответствующих дебитах скважины условие безгидратного режима не выполняется, то необходимо предусмотреть подачу ингибитора в скважину.

Уравнение, которое является основой модели для оценки пластового давления при учете дроссель-эффекта

$$p_{nl}(t) = \frac{T_{nl} - T_p}{D_{i,cp}} + p_p,$$

где  $D_{i,cp}$  – среднеинтегральный в области дренажа коэф. Джоу Томсона.

Соотношение для критического дебита

$$Q(t) = \frac{-a + \sqrt{a^2 + 4b \frac{T_{nl} - T_p}{D_{i.sp}} \left[ \frac{T_{nl} - T_p}{D_{i.sp}} + 2p_p \right]}}{2b}.$$

Выводы: В работе исследованы влияния основных факторов при оптимизации технологического режима скважин.

#### Список литературы

1. Генри Б. Кричлоу. Современная разработка нефтяных месторождений – проблемы моделирования. – М.: Недра, 1979.
2. Самтаров М.М. О функциях распределения коэффициента проницаемости нефтеносного пласта // Изв. вузов. Нефть и газ. 1982. №6. С.55-60.

## ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ЦЕНТРА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ

***Каракозов А.В., Погосян А.Т., Обертаев А.Р.***

магистры по направлению прикладная информатика,  
Технологический университет, Россия, г. Королев

В статье рассмотрены вопросы, связанные с анализом информационно-вычислительного комплекса центра управления полетом.

*Ключевые слова:* центр управления полетом, космический аппарат.

Главное назначение центра управлением полетов (ЦУП) – управление и координация взаимодействия технических средств по развертыванию, поддержанию в режиме штатной эксплуатации и замене отработавших космических аппаратов (КА) [1, 2].

ЦУП решает задачи: долгосрочного и оперативного планирования работы КА, технических средств наземного комплекса управления (НКУ); организации синхронной работы технических средств в реальном масштабе времени; приема результатов сверки бортовой шкалы времени и их выдачи потребителям; контроля формирования пакетов контрольно-пакетной информации и передачи их на борт КА; приема обработки, отображения и архивирования телеметрической информации от КА; анализа и прогноза технического состояния КА; организации проведения измерений текущих навигационных параметров, их обработки; организации профилактических работ и обработки нештатных ситуаций; проведения функционирования контроля работоспособности технических средств ЦУП в соответствии с техническими требованиями; организации протоколов, очередей, приоритетов, потоков информации, доступа к архивам; обеспечения автоматизированного обмена информацией со средствами НКУ и взаимодействующими комплексами; формирования отображения состояния спутниковой группировки для отдельных рабочих мест; работы с базой данных и центральным архивом НКУ. Решение задач, стоящих перед ЦУП, обеспечивается: взаимодействием технических средств ЦУП, в основном на обмене информацией. Каждое средство может быть представлено с

информационной точки зрения как устройство, способное принимать входную информацию, использовать принятые данные для выполнения своих целевых функций, формировать выходной поток данных [3-5].

Рабочие места штатных и привлекаемых операторов ЦУП должны находиться в одном помещении. В ЦУП должны быть расположены резервные вычислительные средства и резервные рабочие места для работы в нештатных ситуациях. Центр управления полетами является организатором взаимодействия всех средств НКУ, что обеспечивается согласованием форматов сообщений, синхронизацией взаимодействия по времени, своевременным архивированием и защитой информации от несанкционированного доступа. Взаимодействие с техническими средствами ЦУП основано на обмене информацией с помощью локальной вычислительной сети. Основными элементами системы управления и контроля являются следующие: НКУ; бортовой комплекс управления космических аппаратов; системы связи и передачи данных (ССПД) [6-8].

Центр управления полетом космических аппаратов представляет собой организационно-техническую систему, обеспечивающую выработку решений на основе автоматизации информационных процессов управления КА.

Центр управления полетом реализует некоторую информационную технологию в виде определенной последовательности информационно связанных функций, задач или процедур, выполняемых в автоматизированном (интерактивном) или автоматическом режимах.

В процессе функционирования ЦУП представляет собой совокупность комплекса средств автоматизации (КСА), который для ЦУП представлен в виде информационно-вычислительного комплекса (ИВК), организационно-методических и технических документов и специалистов, использующих их в процессе своей профессиональной деятельности по управлению орбитальной группировкой КА.

ИВК ЦУП должен осуществляться в соответствии со следующим базовым требованиям: технические средства ИВК ЦУП должны обеспечивать круглосуточный режим функционирования; коэффициент готовности ИВК должен быть не ниже 0,9995; ИВК строится на базе локальной вычислительной сети (ЛВС). При создании ИВК ЦУП необходимо руководствоваться принципами системности, развития (открытости), совместимости, стандартизации (унификации) и эффективности. Принцип системности заключается в том, что при декомпозиции должны быть установлены такие связи между структурными элементами системы управления КА, которые обеспечивают цельность системы и ее взаимодействие с другими системами [9, 10].

Принцип развития заключается в том, что исходя из перспектив развития и внедрения новых типов КА, система управления ими (и, прежде всего, ЦУП) должна создаваться с учетом возможности пополнения и обновления функций и состава системы управления без нарушения ее функционирования. Принцип совместимости заключается в том, что при создании ИВК должны быть реализованы информационные интерфейсы, благодаря которым возможно взаимодействовать с другими системами в соответствии с установленными правилами.



Принцип стандартизации заключается в том, что должны быть применены типовые, унифицированные и стандартизованные элементы, проектные решения, пакеты прикладных программ, комплексы, компоненты [11].

Принцип эффективности заключается в достижении рационального соотношения между затратами на создание ИВК и целевыми эффектами, включая конечные результаты, получаемые в результате автоматизации, а именно – снижение расходов на эксплуатацию орбитальной группировки [12].

### Список литературы

1. Артюшенко, В. М. Алгоритмы адаптации спутниковой связи по скорости передачи информации земных станций при работе в составе узловой сети [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Естественные и технические науки. – 2014. – № 7 (75). – С. 96-100.
2. Артюшенко, В. М. Моделирование скорости передачи информации земных станций при работе в составе узловой сети [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Austrian Journal of Technical and Natural sciences. – 2014. – № 7-8. – С. 96-99.
3. Артюшенко, В. М. Оценка требуемой пропускной способности каналов управления в корпоративной сети спутниковой связи с регулируемыми параметрами [Текст] / В.М. Артюшенко, Б.А. Кучеров // Информационно-технологический вестник. – 2015. – № 02 (02). – С. 23-29.
4. Артюшенко, В. М. Анализ энергетических характеристик линий корпоративной сети спутниковой связи [Текст] / В.М. Артюшенко, Б.А. Кучеров // Информационно-технологический вестник. – 2014. – № 01(01). – С. 13-19.
5. Артюшенко, В. М. Повышение эффективности систем спутниковой связи путем оптимизации параметров земных станций [Текст] / В.М. Артюшенко, Т.С. Аббасова, Б.А. Кучеров // Радиотехника. – 2015. – № 2. – С. 76-82.
6. Артюшенко, В. М. Статистические характеристики сигналов и помех радиотехнических устройств ближнего действия [Текст] / В.М. Артюшенко, В.И. Воловач, В.В. Иванов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2014. – Т.57, №7. – С. 46-50.
7. Artyushenko V. M., Volovach V. I. Threshold method of measurement of extended objects speed of radio engineering devices of short-range detection // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2014). Kiev, Ukraine, September 26-29, 2014 – 2014. KNURE, Kharkov. – PP. 220-223.
8. Артюшенко, В. М. Особенности отражения зондирующих сигналов радиотехнических устройств обнаружения от протяженных объектов сложной формы [Текст] / В.М. Артюшенко, В.И. Воловач // Школа университетской науки: парадигма развития. 2012. № 2-6. С. 42-46.
9. Артюшенко, В. М. Анализ состояния автоматизации распределения средств управления космическими аппаратами [Текст] / В. М. Артюшенко, Б.А. Кучеров // Приволжский научный вестник. – 2014. – № 3-1 (31). – С. 14-17.
10. Артюшенко, В.М. Анализ влияния наращивания группировки космических аппаратов на распределение средств управления [Текст] / В.М. Артюшенко, Б.А. Кучеров // Приволжский научный вестник. – 2014. – № 4 (32). – С. 42-45.
11. Автосервис: станции технического обслуживания автомобилей: Учебник [Текст] / И.Э. Грибут, В. М. Артюшенко, Н.П. Мазаева и др. / Под ред. В.С. Шуплякова, Ю.П. Свириденко. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, – 2008. – 480 с.
12. Артюшенко, В. М. Оценка экономической эффективности использования автоматизированной системы распределения средств управления космическими аппаратами в условиях ресурсных ограничений [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Вестник поволжского государственного университета сервиса. Серия: Экономика. – 2013. – № 5 (31). – С. 131-136.

# **АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ БЛИЖНЕГО ДЕЙСТВИЯ**

***Карпова Н.М., Галкин С.Ю.***

бакалавры по направлению прикладная информатика,  
Технологический университет, Россия, г. Королев

В статье рассмотрены вопросы, связанные с анализом направлений развития радиотехнических устройств обнаружения.

*Ключевые слова:* устройства обнаружения, охраняемая территория, системы ближнего действия.

Одним из наиболее важных звеньев в системе охраны и защиты любого объекта являются радиотехнические средства обнаружения. Их условно можно разделить на: объемные, позволяющие контролировать пространство; линейные или поверхностные, контролирующие территории и здания по периметру; локальные или точечные, контролирующие отдельные объекты.

Широкое применение в радиотехнических охранных устройствах нашли радиолокационные системы (РЛС) ближнего действия (БД) [1-5]. В настоящее время разработано большое количество разнообразных охранных систем и устройств построенных на базе РЛС БД. Так, например, в [6, 7] предлагаются устройства, реагирующие только на появление в зоне действия движущихся объектов. Зона действия, при этом, зависит как от эффективной отражающей поверхности объекта, так и от скорости его движения.

Важнейшей составной частью любой охранной системы являются датчики охранной сигнализации. На основе анализа технических характеристик датчиков созданных как за рубежом, так и в нашей стране, можно выделить следующие направления их развития: расширение номенклатуры датчиков одного типа незначительно отличающихся по техническому исполнению; снижение массогабаритного параметров за счет использования новых технологий и новой элементной базы; совершенствование алгоритмов обработки сигналов; использование новых принципов действия; сочетание несколько принципов действия в одном устройстве.

Одними из наиболее распространенных датчиков охранной сигнализации, являются датчики, работающие внутри помещений. Возможны три основных варианта установки датчиков в помещении.

1. Размещение, при котором зона обнаружения датчика касается стен, т.е. линейные размеры помещения меньше линейных размеров зоны обнаружения. В этом случае, в результате переотражений излучения помещение (при отсутствии затеняющих предметов) практически полностью наполняется СВЧ энергией и не заблокированные датчиком проходы в помещении отсутствуют. Такой вариант рекомендуется для защиты объема свободных помещений преимущественно небольших размеров и имеющих капитальные стены.

2. Размещение, при котором зона обнаружения извещателя не касается стен помещения, т.е. линейные размеры помещения больше линейных разме-

ров зоны обнаружения. В данном случае, охраняются лишь предметы, находящиеся в зоне обнаружения, а вдоль стен помещения могут быть не заблокированные датчиком проходы. Такой вариант размещения рекомендуется для охраны одиночных или групповых предметов, локализованных на ограниченной площади.

3. Размещение, при котором зона обнаружения одной стороной касается стены, а другой свободно располагается в пространстве. Охраняемая зона при этом образуется вдоль стены. Такой вариант рекомендуется для защиты оконных, дверных и различных других проемов.

Для реализации указанных вариантов размещения рекомендуются два способа установки датчиков: в углу с направлением максимума излучения по диагонали помещения; на стене, когда направление максимума излучения перпендикулярно стене. Этот способ рекомендуется также для больших помещений охране их одновременно несколькими извещателями.

В настоящее время существует целый ряд разнообразных устройств, служащих для охраны открытых территорий, построенных на различных физических принципах [8-10].

#### **Список литературы**

1. Артюшенко, В. М. Исследование и разработка радиолокационного измерителя параметров движения протяженных объектов [Текст] / В.М. Артюшенко: монография, ФГБОУ ВПО ФТА. – М., 2013. – 214 с.
2. Артюшенко, В. М. Анализ условий работы системы контроля заполнения путей и ее информационного обеспечения [Текст] / В.М. Артюшенко, В.И. Воловач // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. №6. С. 115-119.
3. Артюшенко, В. М. Проектирование сетей подвижной связи с кодовым разделением каналов [Текст] / В.М. Артюшенко: монография. ФГБОУ ВПО ФТА. – М., 2012. – 204 с.
4. Артюшенко, В. М. Оценка экономической эффективности использования автоматизированной системы распределения средств управления космическими аппаратами в условиях ресурсных ограничений [Текст] / В. М. Артюшенко, Б. А. Кучеров // Вестник поволжского государственного университета сервиса. Серия: Экономика. – 2013. – № 5 (31). – С. 131-136.
5. Автосервис: станции технического обслуживания автомобилей: Учебник [Текст] / И.Э. Грибут, В. М. Артюшенко, Н.П. Мазаева и др. / Под ред. В.С. Шуплякова, Ю.П. Свириденко. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2008. – 480 с.
6. Артюшенко, В. М. Оценка влияния помех от радиоэлектронных систем на беспроводные устройства малого радиуса действия с блоковым кодированием [Текст] / В.М. Артюшенко, В.А. Корчагин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2010. – Т.6, № 4. С. 3-6.
7. Артюшенко, В. М. Обработка информационных параметров сигнала в условиях аддитивно-мультипликативных негауссовских помех [Текст] / В.М. Артюшенко: монография. – Королев МО: Изд-во «Канцлер», 2014. – 298 с.
8. Артюшенко, В. М. Статистические характеристики сигналов и помех радиотехнических устройств ближнего действия [Текст] / В.М. Артюшенко, В.И. Воловач, В.В. Иванов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2014. – Т.57, №7. – С. 46-50.
9. Artyushenko V. M., Volovach V. I. Threshold method of measurement of extended objects speed of radio engineering devices of short-range detection // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2014). Kiev, Ukraine, September 26-29, 2014 – 2014. KNURE, Kharkov. – PP. 220-223.

10. Артюшенко, В. М. Особенности отражения зондирующих сигналов радиотехнических устройств обнаружения от протяженных объектов сложной формы [Текст] / В.М. Артюшенко, В.И. Воловач // Школа университетской науки: парадигма развития. 2012. №2-6. С.42-46.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ, СОДЕРЖАЩИХ СИЛИКАТНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ**

***Каюмов А.А.***

ст. препод. кафедры химической технологии лаков, красок  
и лакокрасочных покрытий, Казанский национальный исследовательский  
технологический университет, Россия, г. Казань

***Ибатуллин И.И.***

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
Россия, г. Казань

В статье рассмотрено одно из новых направлений в развитии функциональных добавок для лакокрасочных материалов. Показано, как применение наночастиц диоксида кремния в составе полимерных плёнок влияет на значение износостойкости.

*Ключевые слова:* функциональная добавка, покрытие, наночастицы, износостойкость, композиционный материал.

Одна из основных задач материаловедения – это защита изделий от воздействия внешних факторов. В технологии лакокрасочных материалов (ЛКМ) различают два основных типа воздействий: со стороны внешней среды (коррозионно-активные вещества, температура и т.п.), и механические воздействия, приводящие к нарушению сплошности покрытия (Пк), ухудшению их внешнего вида и снижению защитных свойств. Проблема повышения эксплуатационных характеристик в большей степени касается ЛКМ на водной основе, как правило уступающих по физико-механическим характеристикам органорастворяемым аналогам. Кроме того, перед технологами зачастую стоит задача сохранения прозрачности Пк, что делает поиск путей решения этой проблемы еще более затруднительным. Традиционные добавки или наполнители, предназначенные для повышения физико-механических характеристик, обычно не позволяют достичь существенного их увеличения, либо приводят к потере других важных свойств Пк. Однако, с развитием наук о наноматериалах, и увеличением разнообразия видов наночастиц и методов их получения [1-3], у исследователей появляется всё больше путей и возможностей регулирования тех или иных свойств Пк. Наночастицы (НЧ) используют в рецептурах лакокрасочных материалов для самых различных применений, таких как противокоррозионные [1, 3], антиотражающие [4], просветляющие Пк для оптических стёкол и солнечных элементов [5-8], износостойкие Пк и т.д. В работах [9, 10] показано, что увеличение эксплуатационных

характеристик покрытий, зависящих главным образом от показателей твердости и стойкости Пк к абразивному износу, возможно путём применения нанодисперсных кварца ( $\text{SiO}_2$ ) в их составе. Исследования показывают, что увеличение этих характеристик достигается при незначительном содержании  $\text{SiO}_2$  в покрытии (не более 3-5%), что более характерно для функциональных добавок, традиционно имеющих органическую природу, чем для неорганических высокодисперсных материалов, обычно применяемых в ЛКМ в качестве наполнителей. Важно отметить, что при этом покрытия сохраняют свою прозрачность, т.к. частицы наполнителя в данном случае имеют размеры существенно меньшие, чем длины волн видимого спектра. В работах [8, 11] показано, что на свойства покрытий может влиять не только размер и содержание частиц в покрытии, но и способ их получения, поскольку от этого существенно зависит структура поверхности частиц, а значит и механизмы её взаимодействия с макромолекулами полимера в процессе формирования Пк. Для улучшения сродства неорганической поверхности наночастиц и макромолекул полимера, как показано в работах [12-14], целесообразно применять вещества, способные взаимодействовать с обоими компонентами смеси, как правило, это силаны.

В данной работе проведено сравнение износостойкости полиакрилатных покрытий, содержащих НЧ  $\text{SiO}_2$ , полученные газофазным методом без (НК) и с применением (МНК) силана в качестве модификатора поверхности наночастиц. Средний размер частиц для НК составил 23,5 нм, а для МНК 31,0 нм. Незначительное увеличение размеров частиц, очевидно связано с их поверхностной модификацией.

На рис. представлена концентрационная зависимость стойкости к абразивному износу, представленной в виде количества оборотов рабочей платформы абразиметра, которое требуется для истирания 1 мг покрытия.

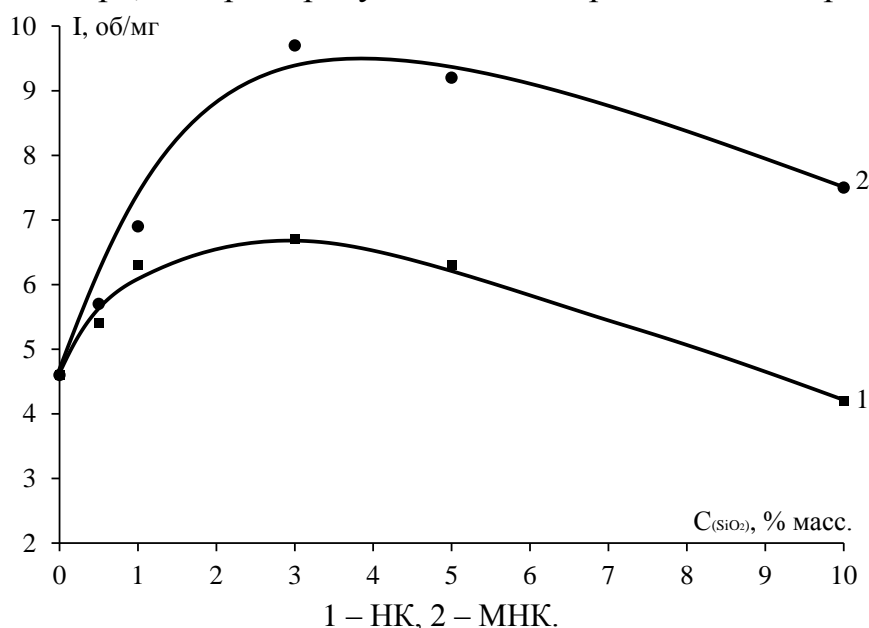


Рис. Зависимость износостойкости покрытий от содержания нанодобавок

Полученные данные показывают, что применение поверхностной модификации наночастиц позволяет достичь более существенного повышения стойкости покрытия к износу.

#### Список литературы

1. Гришин П.В., Хасанова Л.Н., Катнов В.Е. Actualscience. 2015. Т. 1. № 1. С. 114-115.
2. Катнов В.Е., Гришин П.В., Катнова Р.Р., Степин С.Н. Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 5. С. 69-71.
3. Катнов В.Е., Хасанова Л.Н., Гришин П.В. В сборнике: Наука сегодня: теоретические и практические аспекты Международная научно-практическая конференция. Научный центр "Олимп". Москва, 2015. С. 261-265.
4. Катнов В.Е. Лакокрасочные материалы и их применение. 2015. № 10. С. 37-39.
5. Петровнина М.С., Гришин П.В., Катнов В.Е., Степин С.Н. Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 6. С. 67-69.
6. Петровнина М.С., Катнов В.Е., Катнова Р.Р., Степин С.Н. В сборнике: Фундаментальные и прикладные аспекты новых высокоэффективных материалов Всероссийская научная Интернет-конференция с международным участием: материалы конференции. ИП Синяев Дмитрий Николаевич. 2013. С. 125-127.
7. Мингалиева Р.Р., Петровнина М.С., Сабержанов К.В., Катнов В.Е., Степин С.Н. Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 5. С. 72-73.
8. Петровнина М.С., Гришин П.В., Катнов В.Е. В сборнике: Перспективное развитие науки, техники и технологий материалы 3-й Международной научно-практической конференции: в 3-х томах. Ответственный редактор Горохов А.А. 2013. С. 70-74.
9. Гришин П.В., Катнов В.Е., Степин С.Н. В сборнике: Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. Сборник научных трудов XII-ой Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор: Горохов А.А. Курск, 2015. С. 351-354.
10. Катнов В.Е., Степин С.Н., Катнова Р.Р., Мингалиева Р.Р., Гришин П.В. Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 7. С. 95-96.
11. Катнова Р.Р., Гришин П.В., Катнов В.Е., Степин С.Н. Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 14. С. 290-292.
12. Гришин П.В. Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 18. С. 239-240.
13. Гришин П.В. В сборнике: Перспективы развития науки Международная научно-практическая конференция. Ответственный редактор: А.А. Сукиасян. г. Уфа, Респ. Башкортостан, 2014. С. 17-19.
14. Гришин П.В. Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 19. С. 335-336.

# **ФОРМАЛИЗАЦИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ВЫБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ**

***Коданова Ш.К.***

доцент кафедры «Автоматизации и ИТ», канд. техн. наук,  
Атырауский институт нефти и газа, Казахстан, г. Атырау

***Алекешова С.Б.***

старший преподаватель,  
Атырауский институт нефти и газа, Казахстан, г. Атырау

***Аманбаева Ж.Ш.***

преподаватель, Атырауский институт нефти и газа, Казахстан, г. Атырау

***Кусмолдина Ж.О.***

старший преподаватель,  
Атырауский институт нефти и газа, Казахстан, г. Атырау

В статье формализованы задачи ПР для выбора оптимальных режимов работы технологических объектов нефтепереработки на примере блока каталитического риформинга установки ЛГ и получены новые постановки таких задач. Новизна полученных многокритериальных задач ПР заключается в том, что в них задачи ставятся и решаются в нечеткой среде, не преобразуя их к детерминированным задачам, т.е. сохраняя и используя доступную информацию качественного характера. Предложенный подход на основе знаний и опыта специалистов-экспертов позволяет получить адекватные решения сложных производственных задач.

*Ключевые слова:* критерии, ограничения, важность критериев и ограничений, принятия решений (ПР), многокритериальные задачи, оптимальное решение, каталитический риформинг.

Качество и результаты работы производственных объектов оцениваются некоторыми показателями – локальными критериями экономического, экологического, технологического и др. характера. Для оптимального управления такими объектами требуется эти критерии обратить в экстремум (максимум или минимум). Такие задачи формализуются в виде многокритериальных задач принятия решений (ПР), которые решаются на основе математических моделей управляемого объекта.

Из-за большого количества и многообразия параметров, определяющих течение процессов каталитического риформинга, из-за внутренних связей между параметрами технологического комплекса, из-за математически неформализуемого действия человека-оператора эти объекты и их оптимизации являются сложными. Кроме того, при решении задач принятия решений по управлению такими объектами часто возникает ряд проблем, связанных с множеством противоречивых и нечетко описываемых критериев, определяющих качество работы объекта. В этих случаях при решении задач ПР ос-



новными источниками информации станут человек (специалисты-эксперты, технолог, оператор блока) т.е. его знания, опыт, интуиция и суждения, которые выражаются качественной информацией, т.е. словесно.

Рассмотрим подход к формализации и постановку задач ПР в условиях рассмотренных проблем многокритериальности и неопределенности, вызванной нечеткостью доступной информации. Конкретизируем формализацию и постановку задач оптимизации на основе математических моделей на примере принятия решений по управлению технологическим комплексом блока каталитического риформинга, описанного в предыдущем разделе.

Пусть  $f(x) = f_1(x), \dots, f_m(x)$  вектор критериев, оценивающий качество работы, например, экономическую эффективность и экологическую безопасность технологического комплекса блока риформинга. Например:  $f_1(x), f_2(x), f_3(x)$  – соответственно, выход целевого продукта – объем катализата, сухого газа и ВСГ (углеводород содержащий газ);  $f_4(x), f_5(x), \dots, f_{14}(x)$  – качественные показатели выходных продуктов (например, для катализата – бензина: октановое число; фракционный состав по ГОСТу – 10% и 50% отгонка; давление насыщенных паров; содержание фактических смол, содержание водорастворимых кислот и щелочей; для сухого газа: содержание водорода, метана, этана, пропана, изобутана и н-бутана; для ВСГ: водород в % об.; удельный вес),  $f_{15}(x), f_{16}(x), \dots, f_{23}(x)$  – локальные критерии оценок экологической безопасности, например, твердые, жидкие и газообразные отходы и выбросы (отработанные катализаторы, сточные воды, выбросы в атмосферу – УВ газы, сероводород, сернистый ангидрид, окись углерода, двуокись азота, сажа), а также ущерб от загрязнения окружающей среды нефтепродуктами и отходами переработки [1].

Каждый из  $m$  критериев зависит от вектора  $n$  параметров (управляющих воздействий, режимных параметров)  $x = (x_1, \dots, x_n)$ , например: температуры и давления реакторов, печи и др.; состава сырья, характеристик катализаторов и т.д. Эту зависимость описывают модели, разработанные в предыдущем разделе. На практике всегда имеются различные ограничения (экономические, технологические, экологические), которые можно описать некоторыми функциями – ограничениями  $\varphi_q \geq b_q, q = \overline{1, L}$ . Следует отметить, что некоторые из рассмотренных локальных критериев и ограничений сводятся к качественным ограничениям вида не более или не менее чем  $b_q$  ( $\varphi_q \gtrless b_q$ ). Режимные, управляющие параметры также имеют свои интервалы изменения, задаваемые технологическим регламентом установки:  $x_j \in \Omega = [x_j^{\min}, x_j^{\max}]$ ,  $x_j^{\min}, x_j^{\max}$  – нижний и верхний пределы изменения параметра  $x_j$ . Эти ограничения могут быть нечеткими ( $\gtrless, \gtrapprox, \approx$ ).

Требуется выбрать оптимальное решение – режим работы блока риформинга, обеспечивающее экстремальное значение вектора критериев при выполнении заданных ограничений и нечеткости некоторых исходных данных, а также учитывающее предпочтения ЛПР.

Формализованную задачу в условиях многокритериальности и нечеткости можно записать в виде следующей задачи ПР:

$$\max_{x \in X} f_i(x), i = \overline{1, m} \quad (1)$$

$$X = \{x \in \Omega, \varphi_q(x) \gtrsim b_q, q = \overline{1, L}\} \quad (2)$$

Решением данной задачи является значение вектора режимных параметров  $x^* = (x_1^*, \dots, x_n^*)$ , обеспечивающее такие значения локальных критериев, которые удовлетворяют ЛПР.

Если часть или все элементы приведенной задачи (критерии, ограничения, важность критериев и ограничений) описаны не количественной, а качественно (нечетко), то такая задача называется задачей ПР в условиях неопределенности на основе качественной информации. В известных методах решения таких задач, в основном, рассматриваются однокритериальные случаи, нет гибкости в учете предпочтений ЛПР [2]. При этом, как правило, нечеткая задача на этапе постановки заменяется эквивалентной детерминированной, что приведет к потере части информации.

Во многих случаях качественные факторы (нечеткие высказывания, суждения) являются основными и привычными для человека. Преобразование нечеткого описания в количественное не всегда удается или оказывается нецелесообразным. В связи с этим, в данной работе предложен наиболее перспективный подход, основанный на разработке методов ПР, приспособленных к человеческому языку, к качественным факторам любого характера, к человеческим процедурам принятия решений, которые ставятся и решаются в нечеткой среде, не преобразуя их к детерминированным задачам, т.е. не теряя доступной информации нечеткого характера.

Таким образом, сведем задачу (1)-(2) к многокритериальной задаче ПР с учетом качественного характера исходной информации.

Пусть  $\mu_0(x) = (\mu_0^1(x), \dots, (\mu_0^m(x)))$  – нормализованный вектор критериев –  $f_i(x)$ ,  $i = \overline{1, m}$ , оценивающий критерии управления блока каталитического реформинга. Допустим, что для каждого нечеткого ограничения  $\varphi_q(x) \gtrsim b_q$ ,  $q = \overline{1, L}$  построена функция принадлежности его выполнения  $\mu_q(x)$ ,  $q = \overline{1, L}$ . Известен либо ряд приоритетов для локальных критериев  $I_k = \{1, \dots, m\}$  и ограничений  $I_r = \{1, \dots, L\}$ , либо весовой вектор, отражающий взаимную важность критериев ( $\gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_m)$ ) и ограничений ( $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_L)$ ).

Тогда, например, на основе идеи методов *главного критерия* и *максимина* многокритериальную задачу ПР с векторным ограничениям с учетом качественного исходной информации (1)-(2) можно записать в следующей постановке:

$$\max_{x \in X} \mu_0^1(x) \quad (3)$$

$$X = \left\{x : x \in \Omega \wedge \arg(\mu_0^i(x) \geq \mu_r^i) \wedge \arg\left(\max_{x \in \Omega} \min_{q \in L} (\beta_q \mu_q(x)), i = \overline{2, m}, q = \overline{1, L}\right)\right\} \quad (4)$$

где  $\wedge$  – логический знак «и», требующий, чтобы все связываемые им утверждения были истинны,  $\mu_r^i$  – граничные значения для локальных критериев  $\mu_0^i(x)$ ,  $i = \overline{2, m}$ , задаваемые ЛПР. Область определения переменных  $x$  и выпол-

нения нечетких ограничений определяется на основе принципа максимина (гарантированного результата).

Меняя  $\mu_r^i$  и вектор важности ограничений  $\beta=(\beta_1,\dots,\beta_L)$ , получаем семейство решений задачи (3)-(4) –  $x^*(\mu_r, \beta)$ . Выбор наилучшего решения можно осуществлять на основе диалога с ЛПР.

Используя идеи методов *Парето оптимальности* и *идеальной точки*, модифицируя их на случай качественного характера исходной информации, многокритериальную задачу ПР (1)-(2) можно переписать в виде:

$$\max_{x \in X} \mu_0(x), \mu_0(x) = \sum_{i=1} \gamma_i \mu_0^i(x) \quad (5)$$

$$X = \left\{ x : x \in \Omega \wedge \arg(\mu_q(x) \geq \min \|\mu(x) - \mu^u\|_D, \quad q = \overline{1, L} \right\} \quad (6)$$

где  $\|\cdot\|_D$  – используемая метрика  $D$ ,  $\mu(x) = (\mu_1(x), \dots, \mu_L(x))$ ,  $\mu^u = (\max \mu_1(x), \dots, \max \mu_L(x))$ . Возможен вариант использования в качестве координат идеальной точки  $\mu^u$  единиц:  $\mu^u = (1, \dots, 1)$ ;  $\gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_m)$  – весовой вектор, отражающий взаимную важность локальных критериев.

Используя идею принципов *абсолютной (относительной) уступки* и *Парето оптимальности* в условиях нечеткости, можно поставить следующую многокритериальную задачу ПР с несколькими ограничениями:

$$\max_{x \in X} \mu_0(x), \mu_0(x) = \sum_{i=1} \gamma_i \mu_0^i(x) (\mu_0(x) = \prod_{i=1} (\mu_0^i(x))^{\gamma_i} \quad \text{или} \quad \mu_0(x) = \sum_{i=1} \gamma_i \log \mu_0^i(x) \quad (7)$$

$$X = \left\{ x : x \in \Omega \wedge \arg \max_{x \in \Omega} \sum_{q=1}^L \beta_q \mu_q(x) \wedge \sum_{q=1}^L \beta_q = 1 \wedge \beta_q \geq 0, \quad q = \overline{1, L} \right\} \quad (8)$$

где  $\wedge$  – логический знак «и», требующий, чтобы все связываемые им утверждения были истинны,  $\gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_m)$  и  $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_L)$  – соответственно, весовые векторы, отражающий взаимную важность критериев и ограничений.

Таким образом, в данной работе формализованы различные задачи ПР по выбору оптимального режима работы технологического комплекса нефтепереработки на примере блока каталитического риформинга в условиях неопределенности. На основе компромиссных схем и методов теории возможностей задачи поставлены в виде многокритериальных задач ПР, которые являются новизной данной работы. На основе этих результатов получены конкретные задачи принятия и выбора оптимальных режимов работы технологических агрегатов блока каталитического риформинга. На основе модификации идеи различных компромиссных схем принятия решений автором разрабатываются диалоговые алгоритмы решения поставленных задач.

#### Список литературы

1. Технологический регламент установки каталитического риформинга ЛГ-35-11/300-95 (до 2008 г.). ОАО «АНПЗ». – Атырау: 2002. – 130 с.
2. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. – М., 1981. – 206 с.

## К ВОПРОСУ О ПОСТРОЕНИИ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРИРОДНЫХ ВОД

*Кох А.В.*

магистрант кафедры «Математики и информационных технологий»,  
Алтайская академия экономики и права, Россия, г. Барнаул

В статье предлагается идея поиска лучшего из предлагаемых наборов водоохран-ных мероприятий, обеспечивающих заданный уровень качества природных вод, на основе действующей нормативной базы и стремления водопользователей увеличить собственную чистую прибыль.

*Ключевые слова:* модель, водоохранные мероприятия, оптимизация, очистка.

Планирование водоохранной деятельности основано на поиске лучшего из предлагаемых наборов водоохранных мероприятий всех водопользовате-лей водосборного бассейна [1]. Организационным инструментом здесь явля-ется действующее положение об обязательном наличии на каждом предприя-тии, сбрасывающем загрязнения в воды, утвержденного плана водоохранных мероприятий.

К числу водоохранных относятся мероприятия:

- направленные на совершенствование технологии использования воды (сокращение потребления воды на единицу произведенной продукции, применение оборотного и повторно-последовательного водоснабжения, борьба с потерями воды на производстве и т.д.);
- по очистке сточных вод, осуществляемой механическими, химиче-скими, физико-химическими, биологическими методами;
- осуществляемые непосредственно на водоемах (очистка водной по-верхности от нефтяной пленки и плавающих предметов, удаление загрязнен-ного грунта, периодическая уборка макрофитов);
- проводимые на водосборе (создание водоохранных зон и лесоза-щитных полос, проведение противоэрозионных мероприятий, строительство прудов, организация безопасной технологии складирования, использования минеральных удобрений, ядохимикатов) и т.д.

Идея выбора лучшего из предлагаемых наборов мероприятий основана на использовании метода производственных функций (см, например [2]), позволяющего каждому из вариантов сбросов предприятий сопоставить со-ответствующее распределение загрязняющих веществ в речном бассейне как результат внедрения выбранного набора. Это становится возможным при наличии мониторинговых моделей качества вод, которые используются для прогнозирования экологических последствий различных сценариев антропо-генной деятельности (см, например [3-4]).

Далее возникает специальный вопрос о критерии оптимизации водо-охранной деятельности, который формулируется исходя из социально-экономико-экологических нормативов (см, например [5]).

Модельные расчеты качества вод в реке с одновременным сравнением результирующего распределения загрязнений по выбранному критерию дают возможность выбрать тот вариант «правил игры», когда все водопользователи, действуя из собственных интересов увеличения чистой прибыли, в целом, обеспечивают наилучший из возможных вариантов состояния природных вод.

Опыт регионального управления качеством вод речного бассейна на основе применения математического моделирования и ИТ-технологий сейчас успешно применяется и в других отраслях народного хозяйства (см, например [6]).

#### **Список литературы**

1. Пряжинская В.Г., Левит-Гуревич Л.К. Концепция планирования водоохранной деятельности // Обоснование стратегий управления водными ресурсами. М.: Научный мир, 2006. С. 206-217.
2. Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. Производственные функции в условиях неопределенности // Экономика и математические методы. 2007. Т. 43. № 1. С. 16-26.
3. Цхай А.А., Агейков В.Ю. Математическое моделирование процессов трансформации соединений азота и фосфора и изменчивости кислородного режима в водохранилищах // Водные ресурсы. 1997. Т. 24. Вып. 6. С. 718-728.
4. Цхай А.А. Математическое моделирование качества воды в проектируемом водохранилище на основе модели РК-БПК // Известия Алтайского государственного университета. 2012. № 1-2 (73). С. 123-126.
5. Цхай А.А., Рыков Д.А., Сибиряков А.В., Шайдуров А.А. Информационная система мониторинга деятельности сельхозпроизводителей для повышения эффективности регионального управления // Вычислительные технологии. 2011. Т. 16, №6. С. 85-92.
6. Цхай А.А. Управление качеством воды в речном бассейне // Водные ресурсы. 1997. Т. 24. № 5. С. 617-623.

## **КОНТРОЛЬ И КОРРЕКЦИЯ ОШИБОК ПРИ РЕШЕНИИ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ**

***Крылов Ю.Д.***

доцент кафедры вычислительных систем и сетей, канд. техн. наук, доцент,  
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического  
приборостроения, Россия, г. Санкт-Петербург

В статье рассматривается метод контроля, диагностики и коррекции при решении линейных алгебраических уравнений методом Гаусса, основанный на вычислении контрольных сумм по строкам и столбцам. При этом возможно исправление сбоев и одиночных устойчивых неисправностей в ячейках памяти. Производится оценка вводимой избыточности, вероятности обнаружения и исправления ошибок и сравнение с другими методами контроля.

*Ключевые слова:* линейные алгебраические уравнения, контроль, диагностика и коррекция ошибок.

Рассмотрим решение системы линейных алгебраических уравнений

$$\begin{aligned}
a_{11}X_1 + \dots + a_{1i}X_i + \dots + a_{1j}X_j + \dots + a_{1n}X_n &= b_1 \\
a_{i1}X_1 + \dots + a_{ii}X_i + \dots + a_{ij}X_j + \dots + a_{in}X_n &= b_i \\
a_{l1}X_1 + \dots + a_{li}X_i + \dots + a_{lj}X_j + \dots + a_{ln}X_n &= b_l \\
a_{n1}X_1 + \dots + a_{ni}X_i + \dots + a_{nj}X_j + \dots + a_{nn}X_n &= b_n
\end{aligned} \tag{1}$$

Для контроля правильности вычислений можно вычисленные значения  $X_1, \dots, X_n$  подставить в уравнения (1) и проверить выполнение указанных равенств, однако такая проверка требует большого количества дополнительных ячеек памяти и дополнительных операций.

Можно осуществить проверку правильности вычислений более экономным методом, а именно: проверить выполнение контрольного условия

$$\Delta = (\sum_{n=1}^n a_{i1})X_1 + \dots + (\sum_{i=1}^n a_{ij})X_j + \dots + (\sum_{i=1}^n a_{in})X_n - \sum_{i=1}^n b_i = 0, \tag{2}$$

где  $\sum_{i=1}^n a_{ij}$  – сумма всех элементов  $j$ -го столбца матрицы системы уравнений (1);

$\sum_{i=1}^n b_i$  – сумма свободных членов уравнений (1).

При этом контролируются все решения  $X_i, i = 1 \dots n$ . При вычислении контрольного условия дополнительно требуется  $n$  операций умножения и  $n + 1 \cong n$  ячеек памяти для запоминания сумм коэффициентов каждого столбца.

Рассмотрим алгоритм решения системы линейных алгебраических уравнений методом Гаусса с выбором главного элемента [1]. Пусть в системе уравнений (1)  $a_{lj}$  есть главный элемент. Умножим строку, где находится главный элемент, последовательно на  $a_{ij}/a_{lj}$  и вычтем из  $i$  – ой строки, причём  $i \neq l$ . В результате получим систему  $(n-1)$  уравнений с  $(n-1)$  неизвестными:

$$\begin{aligned}
\sum_{j=1}^n (a_{1j} - a_{lj} a_{1j}/a_{lj}) X_j &= b_1 - b_l a_{1j}/a_{lj} \\
\sum_{j=1}^n (a_{ij} - a_{lj} a_{ij}/a_{lj}) X_j &= b_i - b_l a_{ij}/a_{lj} \\
\sum_{j=1}^n (a_{nj} - a_{lj} a_{nj}/a_{lj}) X_j &= b_n - b_l a_{nj}/a_{lj}.
\end{aligned} \tag{3}$$

Пусть первоначально была вычислена сумма коэффициентов и свободного члена каждой строки системы  $n$  уравнений с  $n$  неизвестными

$$S_{i,n} = \sum_{j=1}^n a_{ij} + b_i,$$

а при переходе к системе  $(n-1)$  уравнений с  $(n-1)$  неизвестными эта сумма была преобразована по формуле

$$S'_{i,n-1} = S_{i,n} - a_{ij}/a_{lj} S_{l,n}, \tag{4}$$

где  $S_{l,n}$  – сумма коэффициентов и свободного члена  $l$ -ой строки.

При получении системы  $(n-1)$  уравнений с  $(n-1)$  неизвестными сравниваются суммы коэффициентов и свободного члена  $i$  -ой строки

$$S''_{i,n-1} = \sum_{j=1}^n (a_{ij} - a_{Ij} a_{ij}/a_{Ij}) + b_i - b_I a_{ij}/a_{Ij}, \quad (5)$$

с вычисленными прежде суммой  $S'_{i,n-1}$  и свободным членом. Не должно быть большого расхождения при отсутствии грубых ошибок

$$|\Delta'_i| = |S'_{i,n-1} - S''_{i,n-1}| \leq \varepsilon_1,$$

где  $\varepsilon_1$  – допустимое расхождение контрольных сумм (4) и (5). При несовпадении сумм элементы  $i$ -ой строки могут быть вычислены вновь (повторный счёт).

Указанный метод позволяет успешно бороться с кратковременными сбоями, но не с отказами, поскольку неизвестно место возникновения неисправности. Будем вычислять суммы коэффициентов не только по строкам, но и по столбцам последовательно, начиная с 1-го столбца и кончая столбцом сумм. Затем сравним расхождения по строке и столбцам. Кроме того, предусмотрим возможность вычисления суммы коэффициентов  $(n+1)$ -ой строки, элементами которой будут суммы коэффициентов столбцов. Покажем, что при одиночной неисправности (сбое или отказе) возможна диагностика и коррекция ошибки, т. е. определение места неисправности и численного значения ошибки.

Сумма элементов  $j$ -го столбца ( $j=1, \dots, n+1$ ) для системы уравнений с  $n$  неизвестными будет

$$C_{j,n} = \sum_{i=1}^n a_{ij}, j = 1, \dots, n;$$

$$C_{j,n} = \sum_{i=1}^n b_i, j = n + 1.$$

При переходе к системе  $(n-1)$  уравнений с  $(n-1)$  неизвестными эта сумма должна быть преобразована по формуле

$$C'_{j,n-1} = C_{j,n} - a_{Ij}/a_{Ij} C_{j,n}, j = 1, \dots, n + 1, \quad (6)$$

где  $C_{j,n}$  – сумма коэффициентов  $J$ -го столбца.

При получении системы  $(n-1)$  уравнений с  $(n-1)$  неизвестными сравниваются суммы элементов  $j$ -го столбца, где  $j=1, \dots, n+1$ .

$$C''_{j,n-1} = \sum_{i=1}^n (a_{ij} - a_{Ij} a_{ij}/a_{Ij}), j = 1, \dots, n \quad (7)$$

$$C''_{j,n-1} = \sum_{i=1}^n (b_i - b_I a_{ij}/a_{Ij}), j = n + 1$$

с вычисленной заранее суммой  $C'_{j,n-1}$ . При отсутствии ошибок должно быть

$$|\Delta''_j| = |C'_{j,n-1} - C''_{j,n-1}| \leq \varepsilon_2,$$

где  $\varepsilon_2$  – допустимое расхождение контрольных сумм (6) и (7).

При наличии несовпадения сумм только в строке (строках) или только столбце (столбцах) или же одновременно и в строках и столбцах необходимо учесть следующее. Пусть величина несовпадения сумм  $\Delta'_i$  при проверке  $i$ -ой строки ( $i=1, \dots, n$ ) с точностью до  $\varepsilon_1 + \varepsilon_2$  равна величине несовпадения сумм при проверке  $j$ -го столбца, т.е.  $|\Delta'_i - \Delta''_j| \leq |\varepsilon_1| + |\varepsilon_2|$ . Если при этом число нарушенных строк и столбцов равно 1, то это указывает на искажение эле-



мента, расположенного на пересечении  $i$ -ой строки и  $j$ -го столбца. Необходимо провести коррекцию этого элемента и сумм  $S''_{i,n-1}$  и  $C''_{j,n-1}$ , добавив к их значению величину  $\Delta'_i$  или  $\Delta'_j$  с учётом знака. Если  $|\Delta'_i - \Delta'_j| \geq |\varepsilon_1| + |\varepsilon_2|$ , причём число нарушенных строк равно 1, а число нарушенных столбцов больше 1, то это указывает на размножившуюся ошибку. Эта ошибка может быть исправлена путём добавления величин рассогласования по столбцам, и наоборот, если число нарушенных столбцов равно 1, а число нарушенных строк больше 1, ошибка может быть исправлена путём добавления величин рассогласования по строкам.

Кроме того, рассмотрим некоторые особые ошибки и признаки, по которым можно судить об их возникновении, а также коррекцию этих ошибок. Если ошибка возникла при вычислении суммы элементов  $i$ -ой строки в формуле (4), то при этом несовпадение сумм будет наблюдаться только в  $i$ -ой строке и в последней  $(n+1)$ -ой строке. Ошибка будет исправлена, если вместо  $S'_{i,n-1}$  принять  $S''_{i,n-1}$ . Если ошибка возникла при вычислении суммы  $S''_{i,n-1}$  элементов  $i$ -ой строки в формуле (5), то несовпадение сумм будет только в  $i$ -ой строке. В этом случае  $S''_{i,n-1}$  в расчёт не принимается.

Если ошибка возникла при вычислении суммы  $C'_{j,n-1}$  элементов  $j$ -го столбца в формуле (6), то несовпадение сумм будет только в  $j$ -м столбце и последнем  $(n+2)$ -м столбце. Ошибка может быть исправлена, если вместо  $C'_{j,n-1}$  принять  $C''_{j,n-1}$ .

Если ошибка возникла при вычислении суммы  $C''_{j,n-1}$  элементов  $j$ -го столбца в формуле (7), то несовпадение сумм будет только в  $j$ -м столбце. В этом случае  $C''_{j,n-1}$  в расчёт не принимается.

Если несовпадение сумм наблюдается не только у  $i$ -ой строки и  $(n+1)$ -ой строки или у  $j$ -го столбца и  $(n+2)$ -го столбца, то это указывает на искажение главного элемента и на распространение ошибки не только по строке или столбцу, а на часть или всю матрицу коэффициентов. Если имеются неискажённые столбцы или строки, то возможно исправление главного элемента даже при устойчивой неисправности ячейки ЗУ, где он хранился, путём восстановления значения главного элемента и перезаписи его в другую ячейку. После этого вся матрица коэффициентов на данном шаге может быть рассчитана вновь. Так может быть проведены контроль, диагностика и коррекция вычислений в процессе исключения коэффициентов (прямой ход) при наличии неисправности (отказа или сбоя) в любом элементе при условии исправности устройства коррекции, т. е. той части АУ, с помощью которой осуществляется коррекция.

Контроль решения систем с треугольной матрицей (обратный ход) можно осуществить с помощью замены столбца свободных коэффициентов  $b_i$  на столбец сумм [1]. В результате этого взамен  $X_i$  должны получаться величины  $X_{i+1}$ .

Произведём оценку вводимой избыточности при прямом ходе. Увеличение сложности алгоритма будем оценивать по относительному увеличению

количества сложных операций типа умножения или деления  $\delta N$  и по относительному увеличению объема памяти  $\delta\Pi$ . При очередном шаге прямого хода порядок системы равен  $n_i$ . При этом требуется  $n_i^2 + n_i$  операций умножения при вычислении сумм по формуле (4) и  $n_i + 1$  операций умножения при вычислении сумм по формуле (6).

Тогда относительное увеличение количества сложных операций

$$\delta N_i = \frac{2n_i + 1}{n_i^2 + n_i} \cong \frac{2}{n_i},$$

а относительное увеличение объема памяти

$$\delta\Pi = \frac{2(n_i + 1)}{n_i(n_i + 1)} \cong \frac{2}{n_i}.$$

Вероятность обнаружения ошибки на любом шаге  $P_0 = 1$ , вероятность исправления (коррекции) кратковременного сбоя  $P_c = 1$ . Вероятность того, что отказ не будет исправлен (если он наступил) на очередном шаге при условии равной вероятности возникновения его в абсолютно любом элементе матрицы коэффициентов составит

$$Q_{om} = P_{ГЭ} \delta T_{cmp} = \frac{1}{n_i^2} \frac{n_i + 3}{n_i^2 + 4n_i + 2} \cong \frac{1}{n_i^2} \frac{1}{n_i} = \frac{1}{n_i^3},$$

где  $P_{ГЭ} = \frac{1}{n_i^2}$  – вероятность возникновения отказа именно в главном элементе;  $\delta T_{cmp} \cong \frac{1}{n_i}$  – относительное время проведения вычислений по формулам (4), (5) и первой строки матрицы коэффициентов в очередном шаге прямого хода.

В качестве другого метода контроля может быть предложен метод, основанный на применении итерационных кодов [2]. Но этот метод не охватывает ошибки, которые могут возникнуть в процессе вычислений в арифметическом устройстве (АУ), поэтому его целесообразно дополнить другими методами контроля, например, осуществить двойной счёт. Кроме того, необходим хотя бы один добавочный разряд в АУ для контроля правильности передачи информации. Совокупность этих мер образует комбинированный метод контроля. Сравнение методов контроля удобно осуществить с помощью таблицы.

Таблица

**Сравнение методов контроля и коррекции ошибок**

Параметр	Метод контроля по строкам и столбцам	Комбинированный метод контроля
Относительное увеличение времени вычислений прямого хода	$\frac{1}{n_i}$	1
Вероятность коррекции отказа ЗУ	$1 - \frac{1}{ni^3}$	1
Объём ЗУ	Одинаково в обоих методах	Одинаково в обоих методах
Специальные затраты в АУ	Нет	Добавочный разряд

Таким образом, предложенный метод обеспечивает существенное сокращение времени вычислений по сравнению с комбинированным методом

контроля, хотя уступает ему незначительно по вероятности осуществления коррекции устойчивых отказов ячеек ЗУ.

#### **Список литературы**

1. Фаддеев Д. К., Фаддеева В. Н. Вычислительные методы линейной алгебры. М.: Физматгиз, 1960. 656 с.
2. Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки. М.: Мир, 1976. 656 с.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ОТДЕЛКИ КРОМОК ДЕТАЛЕЙ**

***Кунгуров Д.А.***

аспирант кафедры «Автомобили и металлообрабатывающее оборудование»,  
Ижевский государственный технический университет  
имени М.Т. Калашникова, Россия, г. Ижевск

***Мкртчян А.Ф.***

доцент кафедры «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств», канд. техн. наук, доцент, Ижевский  
государственный технический университет имени М.Т. Калашникова,  
Россия, г. Ижевск

В статье предложен перспективный способ отделки кромок прецизионных деталей стальными иглами. Представлена оригинальная магнитная головка, с шестью радиальными пазами, в которых в виде пучков из стальных игл формируется режущий инструмент. Экспериментально подтверждена возможность использования технологии магнитно-абразивной обработки в операциях отделки кромок.

*Ключевые слова:* магнитно-абразивная обработка, отделка кромок, стальные иглы, заусенцы, микрозаусенцы, профиль кромок.

При формообразовании деталей на кромках неизбежно остаются излишки материала в виде микрозаусенцев, которые образуются в местах входа и выхода режущего инструмента и формируют рваный профиль кромок. Зачистка кромок деталей от микрозаусенцев после механообработки входит в комплекс задач по обеспечению надежности изделия. Заусенцы и микрозаусенцы на поверхностях прецизионных деталей в период приработки изделия отделяются, и, попадая в зазоры между рабочими поверхностями прецизионных пар, вызывают увеличение сил трения и задиры. По данным отказов авиадвигателей выявлено, что причиной около 35% отказов стало присутствие твердых металлических частиц в системах изделия. Гранулометрический анализ показал, что 95% частиц имеют размеры 5-10 мкм и являются микрозаусенцами, срезанными в процессе приработки с кромок деталей [1].

Процесс обкатки, предусматривающий работу изделия с последующей разборкой, промывкой и заменой рабочих жидкостей, значительно снижает ресурс, так как сопровождается интенсивным износом пар трения. Примене-

ние технологии отделки кромок, при которой осуществляется удаление микрозаусенцев, обеспечит значительный прирост ресурса изделия. Например, отделка кромок деталей насосных узлов позволила увеличить срок службы почти в 10 раз, а пневмо- и гидроаппаратуры в 5-7 раз [1].

В основе отделочной операции по удалению микрозаусенцев – определенный механизм их разрушения и удаления с кромок и поверхностей детали. Отделка достигается механическими, физическими, химическими, физико-химическими и химико-термическими методами [2]. Приведенные методы не всегда обеспечивают потребностей современного машиностроения. Решения данной проблемы – создание прогрессивной отделочной технологии, при которой формируется износостойкий микрорельеф поверхности.

Магнитно-абразивная обработка (МАО) в основном применяется на финишных операциях и ее использование для отделки кромок имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами. Разрушение микрозаусенцев происходит в щадящем режиме, без использования дорогостоящего энергоемкого оборудования и химических реагентов, вредных производственных факторов. Искажение геометрических размеров и частичное разрушение поверхностного слоя основного материала практически исключено. Как в традиционных механических методах отделки, разрушение микрозаусенцев при МАО происходит за счет механического воздействия частиц ферромагнитного абразивного порошка (ФМАП) на микрозаусенцы. Частицы ФМАП оказывают давящее и скользящее воздействие на профиль кромки, не нарушая при этом макрогеометрию и размерную точность детали. С помощью технологии МАО можно осуществлять отделку кромок различного профиля из любых материалов, при этом МАО легко автоматизируется [4].

В рамках научно-исследовательской работы [3] для отделки наружных кромок деталей разработана магнитная головка, представленная на рисунке. Рабочими элементами головки являются шесть радиальных пазов, выполненных в торце корпуса. Корпус головки содержит магнитную призму из сплава Nd-Fe-B и имеет хвостовик для закрепления в патроне станка.



Рис. Магнитная головка

МАО магнитной головкой осуществлялась на различных режимах на вертикально-фрезерном станке. В качестве ФМАП использовались стальные иглы длиной 0,2-0,8 мм, которые под воздействия магнитного поля удерживались в виде пучков в пазах головки. Удаление микрозаусенцев достигалось

за счет вращения магнитной головки и прижима ее торца с пучками ФМАП к кромке образца (призма 25×25×5 мм из латуни ЛС59-1). Движение подачи осуществлялось вдоль обрабатываемой кромки.

Экспериментально подтверждена возможность использования МАО с разработанной магнитной головкой для отделки кромок. На изображениях профиля установлено, что кромка скругляется от исходного рваного профиля после МАО до радиусов 0,1-0,4 в зависимости от режимов обработки.

#### **Список литературы**

1. Жданов А.А. Обеспечение качества гидротопливных агрегатов летательных аппаратов за счет новых технологий // Технологические системы. 2002. № 5. С. 9-13.
2. Козлов Ю.С. и др. Очистка изделий в машиностроении / Козлов Ю.С., Кузнецов О.К., Тельнов А.Ф. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.
3. Кунгуров Д.А. Разработка экспериментальных ферромагнитных абразивных порошков для механической обработки деталей: Отчет о НИР (промежуточный) / ИжГТУ имени М.Т. Калашникова; Ижевск, 2015. – 11 с.
4. Хомич, Н.С. Магнитно-абразивная обработка изделий: монография / Н.С. Хомич. – Мн.: БНТУ, 2006. – 218 с.

## **ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБЩЕСТВА И ПОКОЛЕНИЯ ЭВМ**

***Менкеева Е.Э., Харченко М.О.***

студенты, Институт социологии и регионоведения,  
Южный федеральный университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

Рассмотрены основные характеристики информатизации общества, а также основные критерии информатизации.

*Ключевые слова:* технический процесс, информационное общество, вычислительные машины.

Информатизация – это сложный социальный процесс, связанный со значительными изменениями в образе жизни населения. Он требует серьезных усилий на многих направлениях, включая ликвидацию компьютерной неграмотности, формирование культуры использования новых информационных технологий и др.

Движущей силой развития общества должно стать производство информационного, а не материального продукта. В информационном обществе изменяется не только производство, но и весь уклад жизни, система ценностей, возрастает значимость культурного досуга по отношению к материальным ценностям. В информационном обществе производятся и потребляются интеллект, знания, что приводит к увеличению доли умственного труда

Информатизация общества – организованный социально-экономический и научно-технический процесс создания оптимальных условий для удовлетворения информационных потребностей и реализации прав граждан, органов государственной власти, органов местного самоуправления, организаций, общественных объединений на основе формирования и исполь-

зования информационных ресурсов. Цель информатизации – улучшение качества жизни людей за счет повышения производительности и облегчения условий их труда.

Основными критериями развитости информационного общества являются следующие: наличие компьютеров; уровень развития компьютерных сетей; владение информационной культурой, т.е. знаниями и умениями в области информационных технологий.

Появление и развитие компьютеров – это необходимая составляющая процесса информатизации общества. Информатизация общества является одной из закономерностей современного социального прогресса. При информатизации общества основное внимание уделяется комплексу мер, направленных на обеспечение полного использования достоверного, исчерпывающего и своевременного знания во всех видах человеческой деятельности. Для обеспечения доступности общения с компьютером на естественном языке он будет оснащен средствами мультимедиа, в первую очередь аудио – и видеосредствами. В перспективе портативные компьютеры должны стать более миниатюрными, при том быстродействие их микропроцессоров должно быть таким, как на современных супер-ЭВМ.

Важнейшей составной частью информационной культуры современного человека является коммуникативная культура с использованием современных информационных технологий. Развитие сетевых информационных технологий сделало информационные ресурсы глобальной компьютерной сети Интернет потенциально доступными большинству человечества. Умение получать необходимую информацию из сети становится неотъемлемой частью информационной культуры человека [1, с. 47].

Таким образом, человек обладает информационной культурой, если: имеет представление об информации и информационных процессах, устройстве компьютера и его программном обеспечении; умеет использовать информационное моделирование при решении задач с помощью компьютера; умеет с достаточной скоростью вводить информацию с клавиатуры и работать с графическим интерфейсом программ с помощью мыши; умеет создавать и редактировать документы, в том числе мультимедийные презентации; умеет обрабатывать числовую информацию с помощью электронных таблиц; умеет использовать базы данных для хранения и поиска информации; умеет использовать информационные ресурсы компьютерной сети; знает и не нарушает законы об авторских правах на компьютерные программы; соблюдает этические нормы при публикации информации в Интернете и в процессе общения с помощью Интернета.

Всего несколько десятилетий прошло с тех пор, как появилась первая электронная вычислительная машина. За этот короткий для развития общества период сменилось несколько поколений вычислительных машин, а первые ЭВМ сегодня являются музейной редкостью.

Появление ЭВМ или компьютеров – пример современной научно-технической революции. Широкое распространение компьютеров привело к тому, что все большее число людей стало знакомиться с основами вычисли-

тельной техники, а программирование постепенно превратилось в элемент культуры.

В вычислительной технике существует своеобразная периодизация развития электронных вычислительных машин. ЭВМ относят к тому или иному поколению в зависимости от типа основных используемых в ней элементов или от технологии их изготовления. Ясно, что границы поколений в смысле времени сильно размыты, так как в одно и то же время фактически выпускались ЭВМ различных типов. Поколения ЭВМ: первое поколение ЭВМ (1948-1958 гг.), второе поколение ЭВМ (1959-1967 гг.), третье поколение ЭВМ (1968-1973 гг.), четвертое поколение ЭВМ (1974-1982 гг.) [2, с. 86-91].

С каждым новым поколением увеличивалось быстродействие, уменьшались потребляемая мощность и масса ЭВМ, повышалась их надежность. При этом возрастали их «интеллектуальные» возможности – способность «понимать» человека и обеспечивать ему эффективные средства для обращения к ЭВМ.

#### **Список литературы**

1. Апокин И. А. Развитие вычислительных машин. – М.: 1974. 112 с.
2. Преснухин Л. Н. Цифровые вычислительные машины. – М.: 2001. 91 с.

### **КОНТРОЛЬ В ФОРМЕ ТЕСТИРОВАНИЯ НА УРОКАХ ИНФОРМАТИКИ И ИКТ ДЛЯ РАЗВИТИЯ КАЧЕСТВ ЛИЧНОСТИ**

***Мищенко С.А.***

учитель информатики и ИКТ, Муниципальное бюджетное  
общеобразовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа № 4»,  
Россия, г. Белгород

В статье рассматриваются виды и формы тестирования. Как их применять и создавать в разных приложениях. Проблема контроля учебных достижений всегда очень актуальна, особенно по такому предмету как информатика.

*Ключевые слова:* контрольно-оценочная деятельность, контроль, тестирование, формы контроля.

Контрольно-оценочная деятельность является на сегодняшний день актуальной для всех преподавателей, в том числе и преподавателей информатики, что связано в первую очередь с переходом на новые ФГОС. В концепции обновления содержания российского образования обозначены совершенно новые подходы к качеству подготовки студентов. Некоторые из них существенно влияют на рассматриваемую проблему, это – подход к формированию знаний. Введение новых образовательных стандартов 3-го поколения соответственно влечет за собой изменения всех составляющих учебного процесса, в том числе и создание фондов оценочных средств. Контроль является обязательным компонентом учебного процесса, и от его правильной ор-



ганизации на всех этапах обучения в конечном итоге зависят эффективность управления учебно-воспитательным процессом и качество подготовки учеников. Составляющими контроля являются:

- проверка результатов обучения (правильно или неправильно) и их измерение;

- оценивание как процесс, во время которого производится наблюдение за действиями учащихся и сравнение с установленными показателями. Выделяют следующие основные функции контроля: проверочную, обучающую, развивающую, воспитательную, диагностическую, стимулирующую и др. Реализация перечисленных функций в процессе контроля возможна при соблюдении требований объективности, открытости, системности. Выбор форм контроля зависит от цели, содержания, методов, времени и места их проведения. Учащиеся могут успешно работать за компьютером, но при этом не владеть теоретической частью. Одним из приоритетных направлений совершенствования методики контроля в настоящее время является тестирование.

Тест (от английского test – «испытание», «проверка» – краткие, ограниченные во времени испытания, предназначенные для установления количественных и качественных индивидуальных различий. Несмотря на то, что ведется много споров по поводу использования тестов для контроля и оценки качества знаний, на мой взгляд, именно тестовый контроль подходит для оценки преподавателем работы учащихся старших классов с материалом раздела, особенно теоретическим. Тестовая проверка имеет ряд преимуществ перед традиционными формами и методами контроля. Она естественно вписывается в современные педагогические концепции, позволяет более рационально использовать время занятий, быстро установить обратную связь с обучающимися; позволяет определить результаты усвоения материала, сосредоточить внимание на пробелах в знаниях и внести в них коррективы. Тесты заставляют учащихся мыслить логически, использовать зрительное внимание, укреплять память. Оценивание результатов носит более объективный характер и не зависит от профессиональных и личностных качеств преподавателя. В результате учащийся может продемонстрировать свои учебные достижения по учебной дисциплине.

Систематическая проверка знаний большого числа учеников привела меня к необходимости использования компьютерного тестирования. Оно намного точнее и быстрее, чем бланчное, позволяет охватить большой объем содержания, быстро определить результаты усвоения материала. При этом ученик узнаёт предварительные результаты сразу по окончании тестирования. Компьютерное тестирование позволяет собирать статистический материал, который может накапливаться и храниться в памяти компьютера. Главные требования к системе компьютерного контроля заключаются в том, что:

- тестовые вопросы и варианты ответов на них должны быть четкими и понятными по содержанию. Полностью должны исключаться повторы слов, малопонятные, редко употребляемые слова, а также неизвестные символы, иностранные слова, затрудняющие восприятие смысла;

- компьютерный тест должен быть простым в использовании. На экране желательно иметь минимум управляющих кнопок, инструкции-подсказки по действиям обучающегося должны появляться только в нужное время в нужном месте, а не присутствовать на экране постоянно, загромождая его;

- в тестовую систему должна быть включена оценка степени правильности ответа на каждый заданный вопрос. Наличие заранее разработанных правил выставления баллов – это одно из важных требований при тестировании. В общем случае применения тестов за правильный ответ в каждом задании дается один балл, за неправильный – ноль;

- тестовых вопросов должно быть настолько много, чтобы совокупность этих вопросов охватывала весь материал, который обучающийся должен усвоить;

- вопросы не должны начинаться с номера или какого-либо символического обозначения для того, чтобы исключить запоминание вопроса по порядку его следования или символу, его обозначающему;

- варианты возможных ответов должны следовать так же в случайном порядке;

- необходимо проводить учет времени, затраченного на ответы, и ограничивать это время. У тестового контроля, как и у других форм контроля, есть свои недостатки:

- Данные, получаемые преподавателем в результате тестирования, хотя и включают в себя информацию о пробелах в знаниях по конкретным разделам, но не позволяют судить о причинах пробелов;

- Тест не позволяет проверять и оценивать высокие, продуктивные уровни знаний, связанные с творчеством;

- Обеспечение объективности и справедливости теста требует принятия специальных мер.

В Интернете можно найти большое количество тестовых программ. Используется программный комплекс для сетевого тестирования NetTest позволяющий создавать базу данных с результатами тестируемых. Программный комплекс NetTest полностью автоматизирует:

- 1) тестирование на рабочих станциях с ограничением времени;
- 2) процедуру выбора вопросов из базы данных;
- 3) обработку результатов теста и их оформление;
- 4) анализ результатов.

С каждым вопросом можно связать иллюстрацию любого размера (поддерживаются форматы рисунков BMP, GIF, JPG, а также форматированный текст в формате RTF) и/или звуковой файл в формате WAV. Также на уроках для компьютерного тестирования применяем Интернет в режиме on-line. Сейчас существует много разных и интересных сайтов по тестированию. Например, Untuit. Учащиеся заходят сюда и проверяют свои знания. On-line тестирование может быть использовано учащимися на уроке и дома для осуществления объективного контроля уровня обученности.

Все выше сказанное позволяет утверждать, что проблема разработки и использования компьютерных тестов является актуальной на современном этапе развития методики обучения информатики.

#### **Список литературы**

1. Аванесов В.С., Композиция тестовых заданий. Учебная книга для преподавателей вузов, учителей школ, аспирантов и студентов педвузов. – М.: Ассоциация инженеров-педагогов, 1996.
2. Алипов Н., Соколов А., Организация контроля знаний // Информатика и образование. № 5, 1998. С.49-51.
3. Ефремова Н.Ф. Современные тестовые технологии в образовании. М.: Логос, 2003.
4. Майоров А.Н. Теория и практика создания тестов для системы образования. М.: «Интеллект-центр», 2001.
5. Самылкина Н.Н., Построение тестовых заданий по информатике: Методическое пособие /Н.Н. Самылкина. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003.

### **ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТА ВНЕШНЕЙ ФАСКИ ПРОДОЛЬНОГО СВАРНОГО ШВА НА ПРОЧНОСТЬ СТАЛЬНОЙ ТРУБЫ**

***Мокроусов В.И.***

инженер-технолог, дивизион труб большого диаметра,  
АО «Выксунский металлургический завод», Россия, г. Выкса

Предложен критерий определения критического внутритрубного давления, при котором происходит упругопластическое разрушение стенки трубы при несплавлении внешней фаски сварного шва.

*Ключевые слова:* стальные сварные трубы большого диаметра, фаска сварного шва, критическое давление разрыва трубы.

**Статистика и причины аварий газонефтепроводов.** Среднее число инцидентов и аварий за 1999-2009 гг., приходящихся на 1000 км российских магистральных трубопроводов, составило 0,06 отказов в год.

На западноевропейских магистральных трубопроводах среднее число отказов за 1991-2006 гг. составило 0,32 отказа в год, на североамериканских – 0,48. Однако на отечественных нефтепроводах почти в два раза больше, чем в США и Европе, отказов из-за заводских дефектов и брака строительно-монтажных работ. Поэтому необходимо тщательно изучать причины известных случаев отказа трубопроводов из-за производственного брака.

В Европе три наиболее важные причины возникновения аварийных ситуаций и утечек – внешние воздействия на трубопроводы (36%), стресс коррозия (29%) и механические повреждения (24%).

Основными причинами аварий на российских магистральных трубопроводах в течение 2001-2006 гг. стали: внешние воздействия – 34,3%, брак монтажно-строительных работ – 23,2%, стресс коррозия – 22,5%, сталепла-

вильный брак металла и дефекты труб при их изготовлении – 14,1%, ошибочные действия персонала – 3%.

Статистика аварий российских трубопроводов показывает, что стресс коррозия металла стенок труб в основном происходит именно на трубопроводах большого диаметра 700-1420 мм. Причем свыше 80% разрушений трубопроводов с признаками стресс коррозии наблюдается на трубопроводах диаметром 1020-1420 мм.

Основной причиной коррозионно-механического растрескивания металла стенок труб является совместное действие трех факторов: 1) низкое сталеплавильное качество металла и заводские дефекты труб – большие остаточные напряжения, микротрещины и микрорасслоения металла после формовки трубной заготовки, гофры, риски, раскатные пригары, несплавления сварного шва и так далее; 2) наличие коррозионно-активной среды и ее доступ к поверхности металла; 3) многоцикловая усталость и разрушение металла от пульсаций внутритрубных рабочих давлений и гидроударов.

Ежегодно из-за стресс коррозии и усталостного разрушения от циклических перепадов внутритрубных давлений из нефтепроводов вытекает 10-15 млн т нефти из добываемых в России 305 млн т ( $\approx 4-5\%$ ). Только от прямых потерь нефти экономический ущерб достигает 270 млн долл. в год. Плотность распределения дефектов стресс коррозии на магистральных нефтепроводах составляет 14,6 деф./км. Скорость стресс коррозии на их значительной части равна 0,2-0,5 мм/год, но имеет место и большая скорость – 0,8-1,16 мм/год.

За 1991-2001 г. число аварий на газопроводах России по причине стресс коррозии было 22,5% от общего числа аварий, а в 2000 г. – 37,4%.

Также в России находятся в эксплуатации 350 тыс. км межпромысловых трубопроводов, на которых ежегодно отмечается свыше 50 тыс. опасных инцидентов, сопровождающихся выбросами нефти.

Основная причина аварий – разрывы труб из-за стресс коррозии. Износ межпромысловых трубопроводов достигает 80%, а частота их разрывов на два порядка выше, чем на магистральных трубопроводах, и составляет 1,5-2,0 разрыва на 1 км.

**Рекомендации по снижению числа отказов на газонефтепроводах.** Все разрушения российских магистральных газопроводов диаметром 1420 мм по причине стресс коррозии имели место при рабочих напряжениях в стенке трубы на уровне  $\geq 70\%$  регламентированного предела текучести стали (РПТС) независимо от поставщика труб. Поэтому уровень допустимых напряжений рекомендуется устанавливать  $\leq 65\%$  РПТС.

Необходимо ограничивать суммарный уровень вредных напряжений, возникающих в стенке трубопровода от действия технологических, монтажно-строительных и геодинамических факторов, величиной  $\leq 10\%$  РПТС.

Это остаточные напряжения в трубах после их изготовления на металлургических заводах, напряжения от упругого изгиба участков трубопровода на трассах, подвижек земного грунта и всплытия трубопроводов на болотистых участках.

Применение малоперлитных сталей с карбонитридным упрочнением и контролируемой прокатки при производстве труб привело к повышению пределов прочности и текучести металла труб. Отношение фактических значений предела текучести к пределу прочности увеличилось с 0,6-0,7 для труб из нормализованных сталей до 0,75-0,9 для труб из сталей контролируемой прокатки.

Учитывая повышенную склонность сталей к коррозионному растрескиванию под напряжением при значениях  $\geq 0,9$ , рекомендуется ввести в технические условия на поставку труб ограничение сверху этого отношения величиной 0,85.

Большинство разрушений газопроводов диаметром 1420 мм из стали Х70 происходит в зонах, расположенных до 200 мм от продольного сварного шва. Поэтому целесообразно отказаться от применения труб с двумя сварными швами.

Для снижения уровня остаточных напряжений в стенках труб рекомендуется на металлургических заводах проводить отпуск труб при температурах 250–300°С в течении двух часов.

Перед нанесением изоляции рекомендуется проводить специальную дробеструйную обработку внешней поверхности труб, создающую слой нержавеющей металла глубиной  $\geq 0,5$  мм, препятствующего зарождению стресс коррозионных трещин. Кроме того, дробеструйная обработка снижает уровень остаточных напряжений на наружной поверхности труб.

Для транспортировки нефти и газа следует более широко применять стекловолоконные эпоксидные трубы с высокопрочными слоями стальной ленты внутри и толстостенные трубы из полимерных материалов, которые по сравнению со стальными трубами, имеют ряд преимуществ.

Прежде всего, они устойчивы к коррозии. Гарантированный срок их эксплуатации не менее 50 лет. Масса полимерных труб почти в 4 раза меньше стальных. Они имеют идеально гладкие поверхности внутренних стенок, предотвращающие парафиновые отложения. Эти трубы не требуют гидроизоляции и катодной защиты, обладают большой гибкостью при укладке на трассе, достаточно высокой прочностью и требуют значительно меньших затрат на техническое обслуживание и ремонт.

**Механические дефекты производства труб из стального листа.** Процесс формовки трубной заготовки из толстого стального листа по схеме JSOE изучался в работах [1-58]. Перед формовкой труб стальной лист правят на многороликовых листопрямляющих машинах [3, 5, 6]. Дефект образования гофра продольной кромки стального листа на кромкогибочном прессе, дефект несплавления сварного продольного шва при сборке трубы, дефект «точка перегиба» при изгибе стального листа на трубоформовочном прессе и дефект стального листа раскатной пригар с риской изучались в работах [3, 5, 6].

**Прочностной анализ разрушения труб при несплавлении сварного шва.** Пусть  $D$ ,  $h$  и  $\Delta$  – внешний диаметр трубы, толщина стенки трубы

( $h \ll D$ ) и глубина несплавления фаски продольного сварного соединения на внешней поверхности трубы ( $\Delta < h$ ).

Под действием внутреннего давления при гидроиспытаниях металл трубы в зоне несплавления заводского сварного шва испытывает сложное сопротивление: окружное растяжение, радиальное сжатие, изгиб относительно продольной линии сварного шва, а также концентрацию напряжений.

При несплавлении на внешней поверхности трубы разрушение сварного шва происходит при достижении в трубе критического давления

$$p_{sh}^{критич} = \frac{2\sigma_b(h - \Delta)^2}{\mu D(h + 2\Delta)}.$$

где  $\sigma_b$  – предел прочности стали трубы.



Рис. Вид разорванной трубы после гидроиспытаний на трассе

**Пример разрушения трубы.** В 2009 г. разрушение прямошовной трубы класса прочности К60, диаметра 1220 мм и с толщиной стенки 19 мм произошло при гидравлических испытаниях на трассе магистрального нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий Океан» при достижении величины испытательного давления  $109,8 \text{ кгс/см}^2$  (рис.). У разорванной трубы был обнаружен заводской дефект несплавления продольного сварного шва глубиной 4–5 мм.

**Прочностной анализ критических давлений разрушенной трубы.** Для разорванной трубы  $D = 1220 \text{ мм}$ ,  $h = 19 \text{ мм}$ ,  $\Delta = 4\text{--}5 \text{ мм}$ ,  $\sigma_b(\text{трубы}) \leq 527 \text{ Н/мм}^2$ ,  $\sigma_b(\text{шва}) \leq 673 \text{ Н/мм}^2$ . Применяя критерий разрыва трубы при несплавлении сварного шва, получаем, что при глубине несплавления продольного сварного шва  $\Delta = 3,2 \text{ мм}$  для основного металла трубы  $p_{sh}^{критич} = 82,993 \text{ кгс/см}^2$ , а для металла сварного продольного шва  $p_{sh}^{критич} = 105,985 \text{ кгс/см}^2$ .

Результаты вычислений показывают, что разрушение трубы при гидроиспытаниях произошло несколько раньше, чем испытательное давление в нефтепроводе достигло значения 109,8 кгс/см<sup>2</sup>.

**Заключение.** Получен аналитический критерий определения критического внутритрубного давления, при котором происходит упругопластическое разрушение стенки трубы при несплавлении внешней фаски сварного шва. Результаты исследований могут быть применены при диагностике причин разрушения магистральных трубопроводов [1–58].

*Автор выражает благодарность научному руководителю, профессору, д.ф.-м.н. Владимиру Николаевичу Шинкину (НИТУ «МИСиС») за обсуждение статьи и ценные замечания.*

#### Список литературы

1. Буланов Э.А., Шинкин В.Н. Механика. Вводный курс. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 172 с.
2. Мокроусов В.И. Технический критерий разрушения стальных труб при дефекте риска на внешней поверхности // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. №1–1. С. 80–87.
3. Шинкин В.Н. Сопротивление материалов. Простые и сложные виды деформаций в металлургии. – М: Изд. Дом МИСиС, 2008. – 307 с.
4. Шинкин В.Н. Теоретическая механика для металлургов. – М: Изд. дом МИСиС, 2012. – 679 с.
5. Шинкин В.Н. Сопротивление материалов для металлургов. – М: Изд. дом МИСиС, 2013. – 655 с.
6. Шинкин В.Н. Механика сплошных сред для металлургов. – М: Изд. дом МИСиС, 2014. – 628 с.
7. Шинкин В.Н. Математическая модель правки стальной полосы на пятироlikовой листопрilливной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 8 (88). С. 344–349.
8. Шинкин В.Н. Правка толстой стальной полосы на одиннадцатироlikовой листопрilливной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). С. 359–365.
9. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров правки тонкой стальной полосы на пятнадцатироlikовой листопрilливной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). С. 361–366.
10. Шинкин В.Н. Холодная правка толстого стального листа на девятироlikовой машине фирмы SMS Siemag на металлургическом комплексе стан 5000 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). С. 467–472.
11. Шинкин В.Н. Четырехроlikовый режим холодной правки толстого стального листа на пятироlikовой листопрilливной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). С. 356–361.
12. Шинкин В.Н. Упругопластическая деформация металлического листа на трехвалковых вальцах // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). С. 225–229.
13. Шинкин В.Н. Шестироlikовый режим предварительной правки стальной полосы на листопрilливной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 14 (94). С. 205–211.
14. Шинкин В.Н. Определение критических давлений магистральных газонефтепроводов при частичном несплавлении продольного сварного шва стальных толстостенных труб // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). С. 222–227.

15. Шинкин В.Н. Критерий разрушения труб при дефекте раскатной пригар // Молодой ученый. 2015. № 16 (96). С. 261–265.
16. Шинкин В.Н. Дефект перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе // Молодой ученый. 2015. № 17 (97). С. 318–323.
17. Шинкин В.Н. Подгибка кромок стального листа по эвольвенте // Молодой ученый. 2015. № 18 (98). С. 231–237.
18. Шинкин В.Н. Критерий образования гофра при формовке стального листа на кромкогибочном прессе SMS Meer // Молодой ученый. 2015. № 19 (99). С. 238–243.
19. Шинкин В.Н. Остаточные напряжения при экспандировании стальной трубы // Молодой ученый. 2015. № 20 (100). С. 88–93.
20. Шинкин В.Н. Разрушение стальных труб при дефекте «раскатанный пригар с риской» // Молодой ученый. 2015. № 22 (102). С. 213–225.
21. Шинкин В.Н. Гидроиспытания стальных труб на прочность на заводе. Труба с «донышками» // Молодой ученый. 2015. № 23 (103). С. 268–276.
22. Шинкин В.Н. Гофр продольной кромки листа при его формовке на кромкогибочном прессе // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 6. С. 171–174.
23. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Формовка листовой заготовки в кромкогибочном прессе и условие возникновения гофра при производстве труб магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 4. С. 14–22.
24. Шинкин В.Н. Математическое моделирование процессов производства труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. Т. 4. № 4 (62). С. 69–74.
25. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Модель пластического формоизменения кромок листовой заготовки при производстве труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Известия вузов. Черная металлургия. 2011. № 9. С. 45–49.
26. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Моделирование процессов экспандирования и гидроиспытания труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 10. С. 12–19.
27. Шинкин В.Н., Коликов А.П., Барыков А.М. Технологические расчеты процессов производства труб большого диаметра по технологии SMS Meer // Металлург. 2011. № 11. С. 77–81.
28. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Simulation of the shaping of blanks for large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 1. P. 61–66.
29. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Elastoplastic shaping of metal in an edge-ending press in the manufacture of large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 6. P. 528–531.
30. Шинкин В.Н., Барыков А.М., Коликов А.П., Мокроусов В.И. Критерий разрушения труб большого диаметра при несплавлении сварного соединения и внутреннем давлении // Производство проката. 2012. № 2. С. 14–16.
31. Шинкин В.Н., Коликов А.П., Мокроусов В.И. Расчет максимальных напряжений в стенке трубы при экспандировании с учетом остаточных напряжений заготовки после трубоформовочного пресса SMS Meer // Производство проката. 2012. № 7. С. 25–29.
32. Шинкин В.Н. Критерий перегиба в обратную сторону свободной части листовой заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer при производстве труб большого диаметра // Производство проката. 2012. № 9. С. 21–26.
33. Шинкин В.Н., Мокроусов В.И. Критерий разрыва труб газонефтепроводов при дефекте «раскатной пригар с риской» // Производство проката. 2012. № 12. С. 19–24.
34. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Engineering calculations for processes involved in the production of large-diameter pipes by the SMS Meer technology // Metallurgist. 2012. Vol. 55. Nos. 11–12. P. 833–840.
35. Шинкин В.Н. Производство труб большого диаметра по схеме JCOE фирмы SMS Meer для магистральных трубопроводов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 3–1. С. 64–67.



36. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров кромкогибочного пресса фирмы SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 4–1. С. 114–119.
37. Шинкин В.Н. Математический критерий возникновения гофра при формовке стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5–1. С. 96–99.
38. Шинкин В.Н. Расчет усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе плоской толстой стальной заготовки при производстве труб большого диаметра // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 6–1. С. 115–118.
39. Шинкин В.Н. Оценка усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе стальной цилиндрической заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 7–1. С. 74–78.
40. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Сила давления пуансона трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе частично изогнутой толстой стальной заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 8–1. С. 78–83.
41. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Математический критерий перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 9–1. С. 73–77.
42. Шинкин В.Н. Влияние остаточных напряжений на прочность металла при экспандировании стальной заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 10–1. С. 153–157.
43. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Гибка стального листа на вальцах трехвалковых // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 11–1. С. 252–257.
44. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Правка толстой стальной полосы на пятироlikовой листопрямляющей машине // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 11–1. С. 257–262.
45. Шинкин В.Н. Расчет кривизны стального листа при холодной правке на одиннадцатироlikовой машине // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12–2. С. 246–251.
46. Шинкин В.Н. Прочностные гидроиспытания стальных труб с заглушками на заводе // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12–2. С. 251–258.
47. Шинкин В.Н., Федотов О.В. Расчет технологических параметров правки стальной горячекатаной рулонной полосы на пятироlikовой машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2013. № 9. С. 43–48.
48. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Расчет технологических параметров холодной правки стального листа на девятироlikовой машине SMS Siemag металлургического комплекса стан 5000 // Производство проката. 2014. № 5. С. 7–15.
49. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров правки стального листа на одиннадцатироlikовой листопрямляющей машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2014. № 8. С. 26–34.
50. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Расчет формы трубной заготовки при гибке на кромкогибочном и трубоформовочном прессах фирмы SMS Meer при производстве труб большого диаметра по схеме JCOE // Производство проката. 2014. № 12. С. 13–20.
51. Шинкин В.Н., Борисевич В.Г., Федотов О.В. Холодная правка стального листа в четырехроlikовой листопрямляющей машине // В сборнике: Глобализация науки: проблемы и перспективы. Т. 2. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2014. – С. 119–121.
52. Шинкин В.Н. Математическая модель правки тонкого стального листа на пятнадцатироlikовой листопрямляющей машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2015. № 1. С. 42–48.

53. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Гибка стального листа на трубоформовочном прессе при производстве труб большого диаметра // Сталь. 2015. № 4. С. 38–42.

54. Шинкин В.Н. Оценка критических давлений при разрушении стальных труб магистральных газонефтепроводов при несплавлении сварного соединения // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2015. № 5–6. С. 7–11.

55. Шинкин В.Н. Математический критерий разрушения стальных толстостенных труб при дефекте раскатной пригар // Мир науки и инноваций. 2015. Т. 5. № 2 (2). С. 57–64.

56. Шинкин В.Н. Прочность стальных труб при внутреннем давлении // Научные труды SWorld. 2015. Т. 5. № 4 (41). С. 50–58.

57. Шинкин В.Н. Холодная правка металлической полосы на семироликовой листопрямляющей машине // Молодой ученый. 2016. № 3 (107). С. 228–237.

58. Шинкин В.Н. Кривизна листа при правке на семироликовой машине // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 1–1. С. 131–139.

## **ДЕФЕКТ РАСКАТНОЙ ПРИГАР НА ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛЬНЫХ СВАРНЫХ ТОЛСТОСТЕННЫХ ОДНОШОВНЫХ ТРУБ**

***Мокроусов В.И.***

инженер-технолог, дивизион труб большого диаметра,  
АО «Выксунский металлургический завод», Россия, г. Выкса

Предложен критерий упругопластического разрушения стальных труб большого диаметра при дефекте раскатной пригар. Результаты исследования могут быть использованы при диагностике причин разрушения стальных труб большого диаметра магистральных газонефтепроводов.

*Ключевые слова:* стальные сварные трубы большого диаметра, раскатной пригар, критическое давление разрыва трубы, модель упругопластической сплошной среды.

**Введение.** Среднее число инцидентов и аварий за 1999–2009 гг., проходящихся на 1000 км российских магистральных трубопроводов, составило 0,06 отказов в год.

Основными причинами аварий в течение 2001–2006 гг. стали: внешние воздействия – 34,3%, брак монтажно-строительных работ – 23,2%, стресс коррозия (коррозионное растрескивание при напряжении) – 22,5%, сталеплавильный брак металла и дефекты труб при их изготовлении – 14,1%, ошибочные действия персонала – 3%.

На отечественных газонефтепроводах почти в два раза больше, чем в США и Европе, отказов из-за заводских дефектов и брака строительно-монтажных работ. Поэтому необходимо тщательно изучать причины известных случаев отказа трубопроводов из-за производственного брака.

Ежегодно из-за стресс коррозии и усталостного разрушения от циклических перепадов внутритрубных давлений из нефтепроводов вытекает 10–15 млн т нефти из добываемых в России 305 млн т ( $\approx 4\text{--}5\%$ ). Только от прямых потерь нефти экономический ущерб достигает 270 млн долл. в год.

Плотность распределения дефектов стресс коррозии на магистральных нефтепроводах составляет 14,6 деф./км. Скорость стресс коррозии на их значительной части равна 0,2–0,5 мм/год, но имеет место и большая скорость – 0,8–1,16 мм/год. За 1991–2001 г. число аварий на газопроводах России по причине стресс коррозии было 22,5% от общего числа аварий, а в 2000 г. – 37,4%.

**Производство труб большого диаметра по схеме JCOE.** В отечественных магистральных трубопроводах используются трубы большого диаметра – прямошовные, двухшовные и спиральношовные (диаметром до 1420 мм) класса прочности до K65 различного способа изготовления.

Новейшими мировыми инновационными технологиями производства прямошовных одношовных сварных труб большого диаметра 1020 мм, 1220 мм и 1420 мм из сталей класса прочностей K38–K65 и X42–X80, с толщиной стенки до 52 мм, длиной до 18 м и рабочим давлением до 22,15 МПа являются процессы по схеме JCOE, разработанные немецкой фирмой SMS Meer [1–58].

Технологии SMS Meer широко используют российские трубные заводы – АО «Выксунский металлургический завод», ЗАО «Ижорский трубный завод», ОАО «Челябинский трубопрокатный завод», а также заводы Германии, Китая и Индии.

**Производственные дефекты стального листа и труб.** Перед формовкой труб стальной лист правят на многоваликовых листопрямляющих машинах [5–13]. Дефект образования гофра продольной кромки стального листа на кромкогибочном прессе, дефект несплавления сварного продольного шва при сборке трубы и дефект «точка перегиба» при изгибе стального листа на трубоформовочном прессе изучались в работах [5, 6].

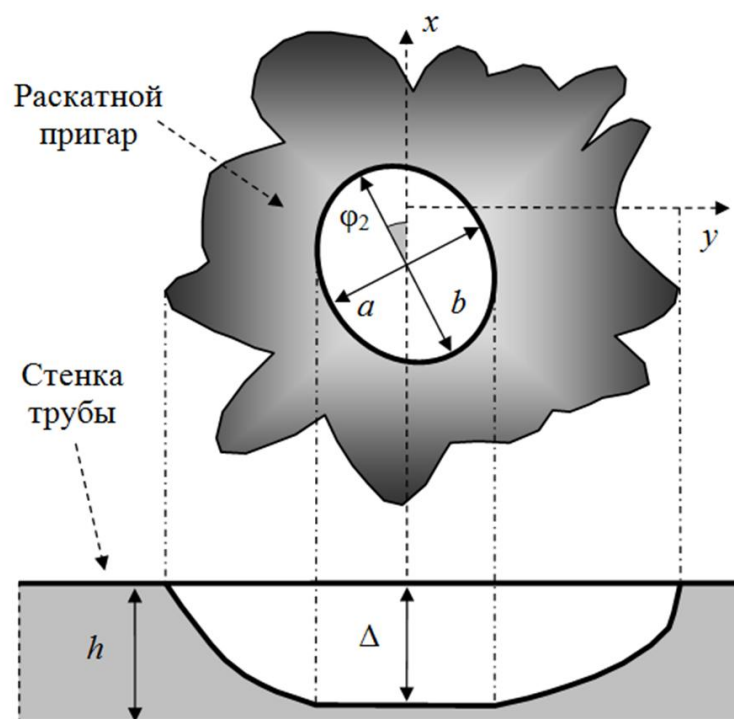


Рис. 1. Дефект раскатной пригар на внешней поверхности трубы

**Критерий упругопластического разрыва трубы при дефекте раскатной пригар.** *Раскатной пригар* – дефект поверхности стального листа в виде тёмного пятна неправильной формы, образовавшийся от раската куска металла, приварившегося к слябу из-за нарушения технологии разливки или упавшего на поверхность листа при горячей прокатке.

Пусть  $p$  – внутреннее давление трубы;  $h$  и  $D$  – толщина стенки и внешний диаметр трубы ( $h \ll D$ ),  $\sigma_b$  – предел прочности металла трубы;  $a$ ,  $b$  и  $\Delta$  – продольный и поперечный размеры раскатного пригара и глубина пригара в стенке трубы ( $\Delta < h$ ),  $\varphi$  – угол наклона «продольной оси» пригара к окружности поперечного сечения трубы (рис. 1).

Под действием внутреннего давления металл стенки трубы в зоне дефекта раскатной пригар испытывает сложное сопротивление: окружное растяжение, радиальное сжатие и концентрацию напряжений.

Внешняя стенка трубы разрушается, когда максимальные касательные напряжения достигают половины предела прочности  $\sigma_b$ . Разрушение стенки трубы при дефекте раскатной пригар происходит при достижении в трубе критического давления (*критерий Шинкина разрушения труб при дефекте раскатной пригар*):

$$p \geq p_{sh}^{\text{критич}} = \frac{\sigma_b}{\mu \left\{ \frac{D}{2h} \left[ 1 + 3 \frac{\Delta}{h} \left( \sqrt{\frac{a}{b}} \cos \varphi + \sqrt{\frac{b}{a}} \sin \varphi \right) \right] + 1 \right\}},$$

где  $\mu = \text{const} \geq 1$  – экспериментальный безразмерный коэффициент.



Рис. 2. Дефект раскатной пригар разорванной трубы

**Результаты численных расчетов.** На рис. 2 показана разгерметизация стальной трубы газопровода с образованием сквозного дефекта. Геометрические и прочностные характеристики разорванной трубы:  $D = 720$  мм,  $h = 11$  мм,  $\sigma_b = 684$  МПа,  $a = 20$  мм,  $b = 25$  мм,  $\varphi = 34,3^\circ$  и  $\Delta = 10$  мм.

Инцидент произошел при рабочем давлении  $p^{\text{разрыва}} = 4,4$  МПа. Применяя критерий разрыва трубы при дефекте раскатной пригар при  $\mu = 1$ , получаем критическое давление разрыва трубы  $p_{sh}^{\text{критич}} = 4,387$  МПа,  $(p_{sh}^{\text{критич}} - p^{\text{разрыва}})/p^{\text{разрыва}} = 0,3 \%$ , что хорошо согласуется с эмпирическими данными разрыва реальной трубы.

**Заключение.** Получен критерий упругопластического разрушения стальных труб большого диаметра при дефекте раскатной пригар в зависимости от основных технологических параметров трубы: диаметра и толщины стенки трубы, прочности металла трубы, глубины и поверхностных размеров дефекта. Результаты исследований могут быть применены при диагностике причин разрушения магистральных трубопроводов [1–58].

*Автор выражает благодарность научному руководителю, профессору, д.ф.-м.н. Владимиру Николаевичу Шинкину (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС») за обсуждение статьи и ценные замечания.*

#### Список литературы

1. Буланов Э.А., Шинкин В.Н. Механика. Вводный курс. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 172 с.
2. Мокроусов В.И. Технический критерий разрушения стальных труб при дефекте риска на внешней поверхности // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. №1–1. С. 80–87.
3. Шинкин В.Н. Сопротивление материалов. Простые и сложные виды деформаций в металлургии. – М: Изд. дом МИСиС, 2008. – 307 с.
4. Шинкин В.Н. Теоретическая механика для металлургов. – М: Изд. дом МИСиС, 2012. – 679 с.
5. Шинкин В.Н. Сопротивление материалов для металлургов. – М: Изд. дом МИСиС, 2013. – 655 с.
6. Шинкин В.Н. Механика сплошных сред для металлургов. – М: Изд. дом МИСиС, 2014. – 628 с.
7. Шинкин В.Н. Математическая модель правки стальной полосы на пятироlikовой листопрilливной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 8 (88). С. 344–349.
8. Шинкин В.Н. Правка толстой стальной полосы на одиннадцатироlikовой листопрilливной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). С. 359–365.
9. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров правки тонкой стальной полосы на пятнадцатироlikовой листопрilливной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). С. 361–366.
10. Шинкин В.Н. Холодная правка толстого стального листа на девятироlikовой машине фирмы SMS Siemag на металлургическом комплексе стан 5000 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). С. 467–472.
11. Шинкин В.Н. Четырехроlikовый режим холодной правки толстого стального листа на пятироlikовой листопрilливной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). С. 356–361.
12. Шинкин В.Н. Упругопластическая деформация металлического листа на трехвалковых вальцах // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). С. 225–229.
13. Шинкин В.Н. Шестироlikовый режим предварительной правки стальной поло-

сы на листопрямительной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 14 (94). С. 205–211.

14. Шинкин В.Н. Определение критических давлений магистральных газонефтепроводов при частичном несплавлении продольного сварного шва стальных толстостенных труб // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). С. 222–227.

15. Шинкин В.Н. Критерий разрушения труб при дефекте раскатной пригар // Молодой ученый. 2015. № 16 (96). С. 261–265.

16. Шинкин В.Н. Дефект перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе // Молодой ученый. 2015. № 17 (97). С. 318–323.

17. Шинкин В.Н. Подгибка кромок стального листа по эвольвенте // Молодой ученый. 2015. № 18 (98). С. 231–237.

18. Шинкин В.Н. Критерий образования гофра при формовке стального листа на кромкогибочном прессе SMS Meer // Молодой ученый. 2015. № 19 (99). С. 238–243.

19. Шинкин В.Н. Остаточные напряжения при экспандировании стальной трубы // Молодой ученый. 2015. № 20 (100). С. 88–93.

20. Шинкин В.Н. Разрушение стальных труб при дефекте «раскатанный пригар с риской» // Молодой ученый. 2015. № 22 (102). С. 213–225.

21. Шинкин В.Н. Гидроиспытания стальных труб на прочность на заводе. Труба с «донышками» // Молодой ученый. 2015. № 23 (103). С. 268–276.

22. Шинкин В.Н. Гофр продольной кромки листа при его формовке на кромкогибочном прессе // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 6. С. 171–174.

23. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Формовка листовой заготовки в кромкогибочном прессе и условие возникновения гофра при производстве труб магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 4. С. 14–22.

24. Шинкин В.Н. Математическое моделирование процессов производства труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. Т. 4. № 4 (62). С. 69–74.

25. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Модель пластического формоизменения кромок листовой заготовки при производстве труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Известия вузов. Черная металлургия. 2011. № 9. С. 45–49.

26. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Моделирование процессов экспандирования и гидроиспытания труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 10. С. 12–19.

27. Шинкин В.Н., Коликов А.П., Барыков А.М. Технологические расчеты процессов производства труб большого диаметра по технологии SMS Meer // Металлург. 2011. № 11. С. 77–81.

28. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Simulation of the shaping of blanks for large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 1. P. 61–66.

29. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Elastoplastic shaping of metal in an edge-ending press in the manufacture of large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 6. P. 528–531.

30. Шинкин В.Н., Барыков А.М., Коликов А.П., Мокроусов В.И. Критерий разрушения труб большого диаметра при несплавлении сварного соединения и внутреннем давлении // Производство проката. 2012. № 2. С. 14–16.

31. Шинкин В.Н., Коликов А.П., Мокроусов В.И. Расчет максимальных напряжений в стенке трубы при экспандировании с учетом остаточных напряжений заготовки после трубоформовочного пресса SMS Meer // Производство проката. 2012. № 7. С. 25–29.

32. Шинкин В.Н. Критерий перегиба в обратную сторону свободной части листовой заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer при производстве труб большого диаметра // Производство проката. 2012. № 9. С. 21–26.

33. Шинкин В.Н., Мокроусов В.И. Критерий разрыва труб газонефтепроводов при дефекте «раскатной пригар с риской» // Производство проката. 2012. № 12. С. 19–24.

34. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Engineering calculations for processes involved in the production of large-diameter pipes by the SMS Meer technology // *Metallurgist*. 2012. Vol. 55. Nos. 11–12. P. 833–840.
35. Шинкин В.Н. Производство труб большого диаметра по схеме JCOE фирмы SMS Meer для магистральных трубопроводов // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 3–1. С. 64–67.
36. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров кромкогибочного прессы фирмы SMS Meer // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 4–1. С. 114–119.
37. Шинкин В.Н. Математический критерий возникновения гофра при формовке стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе SMS Meer // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 5–1. С. 96–99.
38. Шинкин В.Н. Расчет усилий трубоформовочного прессы SMS Meer при изгибе плоской толстой стальной заготовки при производстве труб большого диаметра // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 6–1. С. 115–118.
39. Шинкин В.Н. Оценка усилий трубоформовочного прессы SMS Meer при изгибе стальной цилиндрической заготовки // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 7–1. С. 74–78.
40. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Сила давления пуансона трубоформовочного прессы SMS Meer при изгибе частично изогнутой толстой стальной заготовки // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 8–1. С. 78–83.
41. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Математический критерий перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 9–1. С. 73–77.
42. Шинкин В.Н. Влияние остаточных напряжений на прочность металла при экспандировании стальной заготовки // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 10–1. С. 153–157.
43. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Гибка стального листа на вальцах трехвалковых // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 11–1. С. 252–257.
44. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Правка толстой стальной полосы на пятироlikовой листопрямляющей машине // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 11–1. С. 257–262.
45. Шинкин В.Н. Расчет кривизны стального листа при холодной правке на одиннадцатироlikовой машине // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 12–2. С. 246–251.
46. Шинкин В.Н. Прочностные гидроиспытания стальных труб с заглушками на заводе // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 12–2. С. 251–258.
47. Шинкин В.Н., Федотов О.В. Расчет технологических параметров правки стальной горячекатаной рулонной полосы на пятироlikовой машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // *Производство проката*. 2013. № 9. С. 43–48.
48. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Расчет технологических параметров холодной правки стального листа на девятироlikовой машине SMS Siemag металлургического комплекса стан 5000 // *Производство проката*. 2014. № 5. С. 7–15.
49. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров правки стального листа на одиннадцатироlikовой листопрямляющей машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // *Производство проката*. 2014. № 8. С. 26–34.
50. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Расчет формы трубной заготовки при гибке на кромкогибочном и трубоформовочном прессах фирмы SMS Meer при производстве труб большого диаметра по схеме JCOE // *Производство проката*. 2014. № 12. С. 13–20.
51. Шинкин В.Н., Борисевич В.Г., Федотов О.В. Холодная правка стального листа в

четырёхроlikовой листопрilьной машине // В сборнике: Глобализация науки: проблемы и перспективы. Т. 2. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2014. – С. 119–121.

52. Шинкин В.Н. Математическая модель правки тонкого стального листа на пятнадцатирolиковой листопрilьной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Agrasate // Производство проката. 2015. № 1. С. 42–48.

53. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Гибка стального листа на трубоформовочном прессе при производстве труб большого диаметра // Сталь. 2015. № 4. С. 38–42.

54. Шинкин В.Н. Оценка критических давлений при разрушении стальных труб магистральных газонефтепроводов при несплавлении сварного соединения // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2015. № 5–6. С. 7–11.

55. Шинкин В.Н. Математический критерий разрушения стальных толстостенных труб при дефекте раскатной пригар // Мир науки и инноваций. 2015. Т. 5. № 2 (2). С. 57–64.

56. Шинкин В.Н. Прочность стальных труб при внутреннем давлении // Научные труды SWorld. 2015. Т. 5. № 4 (41). С. 50–58.

57. Шинкин В.Н. Холодная правка металлической полосы на семироlikовой листопрilьной машине // Молодой ученый. 2016. № 3 (107). С. 228–237.

58. Шинкин В.Н. Кривизна листа при правке на семироlikовой машине // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 1–1. С. 131–139.

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОЛЕСА С РЕЛЬСОМ**

***Носачев С.В.***

ст. преподаватель кафедры автоматизации производственных процессов,  
Донской государственный технический университет,  
Россия, г. Ростов-на-Дону

***Чувейко М.В.***

доцент кафедры автоматизации производственных процессов,  
канд. техн. наук, Донской государственный технический университет,  
Россия, г. Ростов-на-Дону

В статье представлена математическая модель взаимодействия поверхностей колеса и рельса. В разработанной модели колесо является совокупностью секторов упругого обода, закрепленных на упругом диске. Проведены экспериментальные исследования с использованием методов численного моделирования.

*Ключевые слова:* система «колесо–рельс», деформация, сила трения, пятно контакта.

С момента появления железнодорожного транспорта началось систематическое изучение вопросов, связанных со сцеплением колеса с рельсом. Несмотря на многочисленные работы, посвященные изучению взаимодействия катящегося колеса с опорной поверхностью [1, 3], известно лишь небольшое число публикаций, в которых исследуются общие вопросы теории качения деформируемого колеса [2, 4, 5, 6].



Рассмотрим задачу о качении колеса по поверхности дороги. Будем полагать, что жесткость дороги достаточно велика и ее деформациями можно пренебречь. В качестве колеса рассматривается упругий обод, закрепленный на диске. При этом динамика радиальных деформаций не рассматривается.

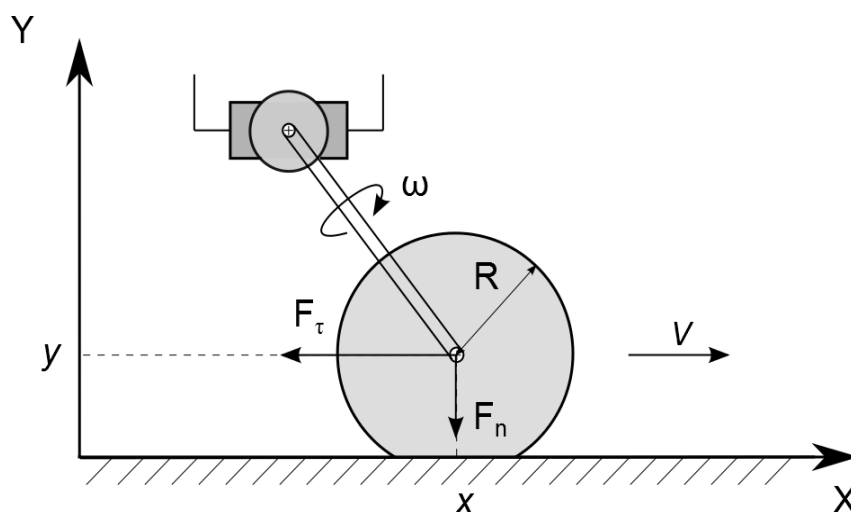


Рис. 1. Электромеханическая система «Колесо-рельс»

На рисунке 1 показано колесо, ось которого вращается с некоторой фиксированной угловой скоростью  $\omega$ .

К колесу приложена сила нормального давления, тангенциальная сила и силы контактного взаимодействия с рельсом.

Силы контактного взаимодействия с поверхностью дороги определяются процессами, протекающими в пятне контакта. Согласно современным представлениям о процессе трения, условно можно выделить два режима функционирования трибоконтакта: “режим зацепления” и “режим скольжения”.

“Режим зацепления” характеризуется наличием физико-механических связей между элементами взаимодействующих поверхностей. Эти связи препятствуют относительному движению поверхностей.

“Режим скольжения” характеризуется отсутствием постоянных физико-механических связей между контактирующими поверхностями. При этом поверхности находятся в постоянном движении друг относительно друга. Процесс формирования и разрушения новых связей приводит к появлению силы взаимодействия, которую называют силой трения скольжения.

Учитывая все ранее сказанное, динамика движущегося колеса будет описываться системой уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dS}{dt} = k_2 \frac{\partial}{\partial l} \frac{1}{\tau} - h_2 \frac{\partial}{\partial l} \left( \frac{1}{\tau^2} \frac{d\tau}{dt} \right) - \frac{1}{H\bar{Q}} \left( k_1 N + h_1 \frac{dN}{dt} \right) + f_{s,\tau,v} Y(l) \\ \frac{dN}{dt} = S - \bar{S} \\ \frac{d\tau}{dt} = - \frac{1}{H\bar{Q}} \frac{\partial S}{\partial l} \\ \frac{dx}{dt} = v \\ \frac{dv}{dt} = \frac{\int_D f_{s,\tau,v} dl - F_n}{m} \end{array} \right. \quad (1)$$

где:  $S$  – поток, кг/с;  $\bar{S}$  – заданная величина потока, кг/с;  $H$  – площадь сечения цилиндра, м<sup>2</sup>;  $\bar{Q}$  – исходная объемная плотность цилиндра кг/м<sup>3</sup>;  $k_1$  – удельная тангенциальная упругость диска, кг/(с<sup>2</sup>·м);  $h_1$  – удельная тангенциальная диссипация диска, кг/(с·м);  $k_2$  – удельная продольная упругость, (кг·м)/с<sup>2</sup>;  $h_2$  – удельная продольная диссипация, (кг·м)/с;  $N$  – величина натяжения, кг;  $\tau$  – коэффициент уплотнения материала;  $Y(l)$  – функция зацепления;  $x$  – горизонтальная координата центра колеса, м;  $v$  – поступательная скорость центра колеса, м/с;  $m$  – масса колеса, кг;  $f_{s,\tau,v}(v)$  – удельная сила контактного взаимодействия, кг/с<sup>2</sup>;  $D$  – протяженность пятна контакта, м;  $F_n$  – сила внешнего воздействия, (кг·м)/с<sup>2</sup>.

Компьютерное моделирование продемонстрировало сложный характер поведения представленной модели. Обнаружено, что в зависимости от величины внешней нагрузки установившаяся картина деформационных процессов будет различной.

Нужно отметить, что по мере увеличения внешней нагрузки, с задней стороны колеса появляется зона, находящаяся в режиме скольжения (рис. 2).

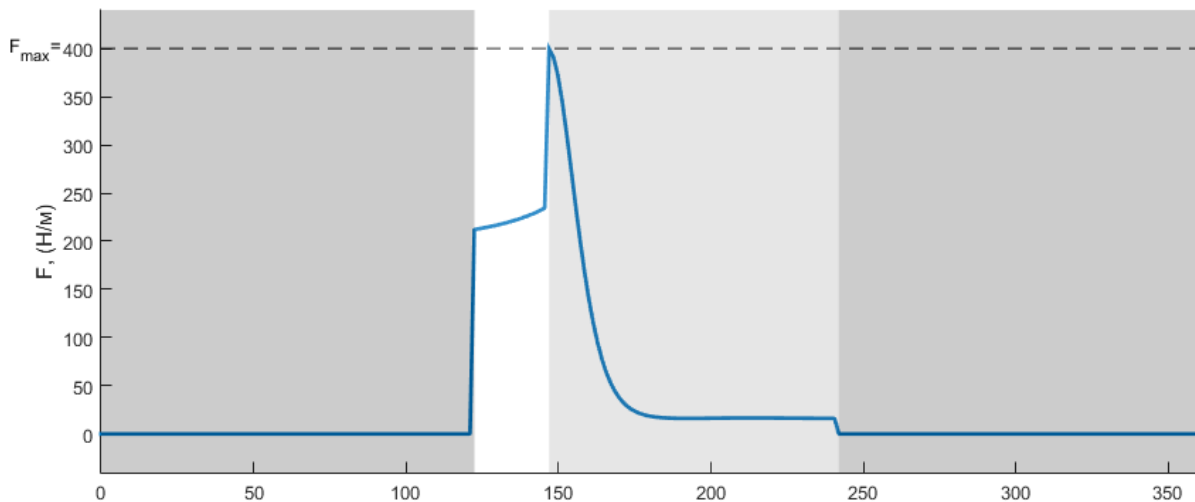


Рис. 2. Распределение силы взаимодействия в пятне контакта:  
Белый фон – зона скольжения, Светло-серый – зона зацепления,  
Серый – вне зоны контакта

Данная модель описана системой дифференциальных уравнений в частных производных. Она позволяет учитывать упруго-диссипативные свойства колеса, а также особенности характера взаимодействия контактирующих поверхностей в зоне пятна контакта.

По результатам моделирования можно сделать вывод, что процесс потери сцепления является не мгновенным, а сопровождается постепенным уменьшением зоны упругого зацепления в пятне контакта, при этом данный процесс существенным образом зависит от упругих характеристик колеса.

#### **Список литературы**

1. Джонсон, К. Механика контактного взаимодействия / К. Джонсон. – Москва, Мир, 1989. – 509с.
2. Ляпушкин, Н. Н. Модель сцепления и динамика дислокаций / Н. Н. Ляпушкин // Мир транспорта – 2004. – №11 – С. 10–15.
3. Марков, Д. П. Коэффициенты трения и сцепления при взаимодействии колес с рельсами // Вестник ВНИИЖТ. – 2005. – № 4. – С. 3.
4. Носачев, С. В. Модель связи упруго-вязкого смещения поверхности колеса, относительно рельса с тяговыми характеристиками / В. П. Лапшин, И. А. Туркин, С. В. Носачев // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. – 2012. – № 5. – С. 40–49.
5. Носачев, С. В. Модель упругого скольжения в системе «колесо – поверхность дороги» / М. В. Чувейко, С. В. Носачев // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. – 2013. – № 3-4. – С. 111–116.
6. Носачев, С. В. Математическое моделирование упругого скольжения в контакте колесо-поверхность дороги / М. В. Чувейко, С. В. Носачев // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. – 2014. – № 3(78). – С. 127–137.

## **СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ЦЕНТРА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТАМИ**

***Обертаев А.Р., Каракозов А.В., Погосян А.Т.***  
магистры по направлению прикладная информатика,  
Технологический университет, Россия, г. Королев

В статье рассмотрены вопросы, связанные с анализом структуры информационно-вычислительного комплекса центра управления полетами.

*Ключевые слова:* центр управления, космический аппарат.

*Двухуровневая архитектура.* Логическая и физическая структура информационно-вычислительного комплекса (ИВК) центра управления полетов (ЦУП) двухуровневой архитектуры представляет собой набор элементов двух типов: приложений клиентов и серверов доступа к совместно используемым распределенным ресурсам системы [1-3]. Обобщенная архитектура вычислительной системы, построенной на основе двухуровневой технологии «клиент-сервер», представлена на рис.1. Недостатками данного подхода с точки зрения его применения при построении ИВК ЦУП являются: отсутствие возможности централизованного управления прикладным уровнем

программного обеспечения и, как следствие, сложность организации автоматизированного режима функционирования программного обеспечения (ПО) ЦУП; двухуровневая технология "клиент-сервер" не позволяет реализовать требование к рациональному использованию интегральной вычислительной мощности ИВК; отсутствие централизованно распределяемого общего ресурса вычислительной мощности, что значительно снижает эксплуатационные характеристики и надежность системы, увеличивает ее стоимость; нерациональное распределение вычислительных ресурсов системы в целом – большая их часть сконцентрирована на рабочих станциях, обеспечивающих интерфейс с пользователем.

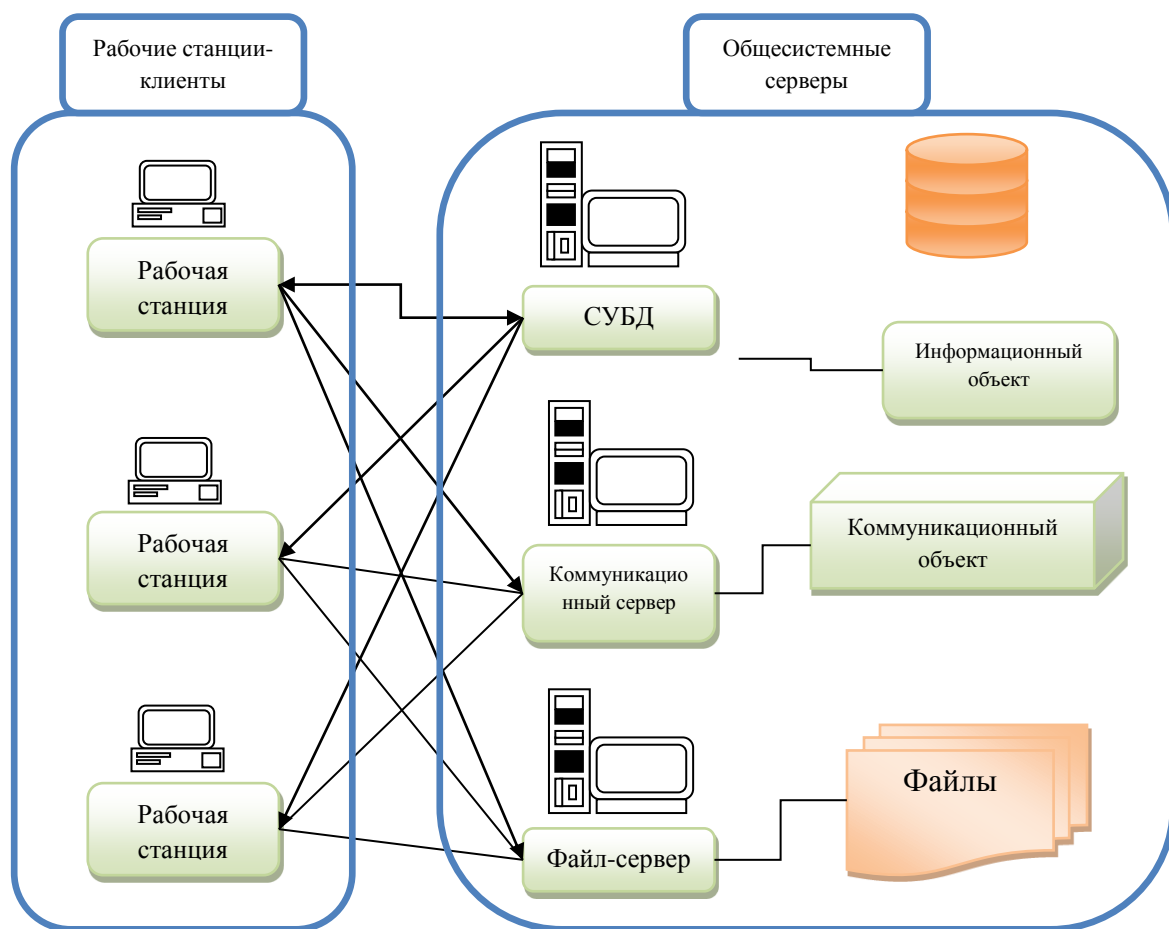


Рис. 1. Обобщенная архитектура вычислительной системы

Преодоление вышеперечисленных недостатков двухуровневой реализации технологии "клиент-сервер" может быть достигнуто внесением еще одного уровня в архитектуру системы.

*Трехуровневая архитектура.* Обобщенная трехуровневая архитектура представлена на рис. 2. В основу ее модели положен принцип, согласно которому декомпозиция больших сложных задач не только упрощает но и ускоряет их выполнение. В трехуровневой, или многоуровневой, модели приложения делятся на подсистемы (сервисы), каждая из которых функционирует на отдельной машине. Как правило, существуют три группы подобных подсистем: для обслуживания пользователей (расположены на локальных рабочих станциях), для обслуживания приложений (выполняются на специализи-

рованных серверах приложений) и для обслуживания данных (размещены на серверах БД и называются также репозиториями данных).



Рис. 2. Трехуровневая архитектура "клиент – сервер"

Эти службы могут работать как на индивидуальных серверах, так и на мини-ЭВМ и даже мэйнфреймах. Повышение производительности в рамках такой модели происходит за счет того, что серверы БД и приложений способны одновременно обрабатывать запросы сразу от нескольких приложений [4-7].

В трехуровневых системах обработка, связанная с особенностями функционирования системы, выполняется не на клиентских машинах, а на специализированном сервере приложений. Таким образом, интерфейс пользователя, прикладные алгоритмы и работа с БД выделяются в три самостоятельных компонента. Каждый из них реализован на базе собственной программной и аппаратной архитектуры и выполняет свои определенные функции.

Как и в двухуровневых системах, интерфейс пользователя выполняется на недорогих однопользовательских настольных машинах. Серверы БД могут располагаться на серверах большой или средней мощности либо на мэйнфреймах. Прикладная обработка обычно переносится из нестабильной среды настольного компьютера в более надежный центр обработки данных.

Анализ тенденций развития новых информационных технологий показывает, что данная технология является в настоящее время доминирующей при реализации сложных проектов, основанных на распределенной архитектуре построения вычислительной системы. Ее применение позволит избе-

жать революционных изменений в процессе создания, развития и совершенствовании ЦУП.

#### **Список литературы**

1. Артющенко, В. М. Алгоритмы адаптации спутниковой связи по скорости передачи информации земных станций при работе в составе узловой сети [Текст] / В. М. Артющенко, Б. А. Кучеров // Естественные и технические науки. – 2014. – № 7 (75). – С. 96–100.
2. Артющенко, В. М. Оценка экономической эффективности использования автоматизированной системы распределения средств управления космическими аппаратами в условиях ресурсных ограничений [Текст] / В. М. Артющенко, Б. А. Кучеров // Вестник поволжского государственного университета сервиса. Серия: Экономика. – 2013. – № 5 (31). – С. 131–136.
3. Артющенко, В. М. Особенности отражения зондирующих сигналов радиотехнических устройств обнаружения от протяженных объектов сложной формы [Текст] / В.М. Артющенко, В.И. Воловач // Школа университетской науки: парадигма развития. 2012. №2-6. С.42-46.
4. Артющенко, В. М. Статистические характеристики сигналов и помех радиотехнических устройств ближнего действия [Текст] / В.М. Артющенко, В.И. Воловач, В.В. Иванов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2014. – Т.57, №7. – С.46–50.
5. Артющенко, В. М. Повышение эффективности систем спутниковой связи путем оптимизации параметров земных станций [Текст] / В.М. Артющенко, Т.С. Аббасова, Б.А. Кучеров // Радиотехника. – 2015. – № 2. – С. 76-82.
6. Artyushenko V. M., Volovach V. I. Threshold method of measurement of extended objects speed of radio engineering devices of short-range detection // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2014). Kiev, Ukraine, September 26-29, 2014 – 2014. KNURE, Kharkov. – PP. 220-223.
7. Артющенко, В. М. Моделирование скорости передачи информации земных станций при работе в составе узловой сети [Текст] / В. М. Артющенко, Б. А. Кучеров // Austrian Journal of Technical and Natural sciences. – 2014. – № 7-8. – С. 96–99.

### **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ НА ЦИФРОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СКС**

***Олифер С.С.***

бакалавр по направлению прикладная информатика,  
Технологический университет, Россия, г. Королев

Рассмотрены вопросы, связанные с анализом влияния импульсных помех на цифровое электронное оборудование структурированных кабельных систем.

*Ключевые слова:* импульсные помехи, цифровые сети, структурированные кабельные сети.

Работа современного предприятия практически невозможна без многочисленных источников электромагнитных помех создаваемых различным высокочастотным оборудованием, электротехническими устройствами и установками промышленного, транспортного, научного, бытового и иного назначения [1-3]. Все эти помехи оказывают свое негативное воздействие на

работу цифрового электронного оборудования (ЦЭО) структурированных кабельных сетей (СКС) этих предприятий. Осуществим расчет электромагнитных помех возникающих при различных переходных импульсных процессах. Такие помехи могут иметь как случайный, так и детерминированный характер [4, 5]. Частотный диапазон помех довольно широк и может быть как довольно узким, так и широким. Уровень помех зависит от целого ряда различных факторов, таких как скважность, длительность импульса, крутизны фронта и среза.

Типичные параметры импульсных помех, возникающих при переходных процессах в различных источниках электротехнических предприятий, приведены в табл.

Таблица

**Параметры импульсных помех**

Источники помех	Частота повторения, $\text{с}^{-1}$	Длительность импульса, с
Люминесцентные лампы	$10^2$	$10^{-7}$
Системы зажигания	$10^2 - 10^3$	$10^{-8}$
Реле	$10^3$	$10^{-7}$
Коллекторные двигатели	$10^3$	$10^{-8}$
Выключатели:	$10^{-4} - 10^{-3}$	$10^{-6} - 10^{-7}$

Наиболее распространенными являются два типа переходных процесса: скачек и импульс (рис. 1).

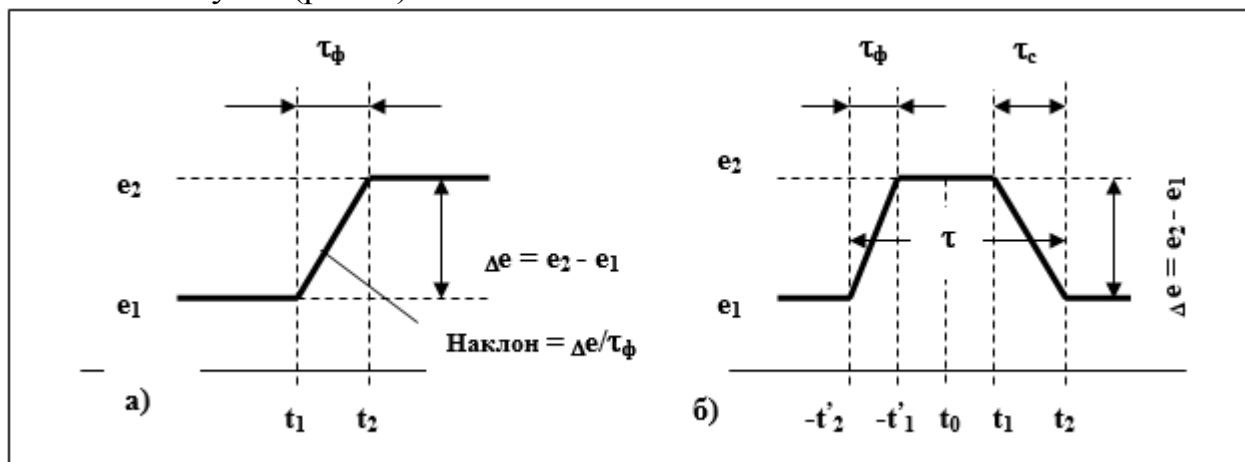


Рис. 1. Геометрическая интерпретация переходных процессов: а – скачок; б – импульс

Начальный и конечный уровень помех этих типов могут иметь любые значения, включая нулевое. При полосе пропускания ЦЭО  $\Pi_{\text{ц}} \ll \tau^{-1}$  (широкополосные помехи) напряжение, наводимое в ЦЭО  $U_{\text{п}}$  можно определить с помощью интеграла свертки, который можно привести к виду:

$$U_{\text{п}} = K_{\text{св}} \tau_{\Delta} e^{j\pi f \tau} \Pi_{\text{ц}},$$

причем, для  $\Pi_{\text{ц}} \ll \tau^{-1}$  получаем

$$U_{\text{п}} = K_{\text{св}} \tau_{\Delta} e \Pi_{\text{ц}}, \quad (1)$$

где:  $K_{\text{св}}$  – коэффициент связи источника помех с ЦЭО.

В этом случае  $(\text{Sin} \pi f \tau) / \pi f \tau \approx 1$ , а коэффициент сдвига фаз  $e^{j\pi f \tau}$  относительно постоянен. Заметим, что в общем случае, уровень и форма импульса помехи определяются полосой пропускания цифрового устройства.

Согласно [5-7], мощность внутреннего шума приемника, приведенного к его входу, может быть найдена исходя из выражения:

$$P_{\text{ш}} = K_{\text{ш}} kT \Pi_{\text{п}}, \text{ Вт}, \quad (2)$$

где:  $K_{\text{ш}}$  – коэффициент шума приемника;  $kT = 4 \times 10^{-21}$  Вт/Гц (при  $T = 300$  К);  $\Pi_{\text{п}}$  – полоса пропускания приемника.

Если входное сопротивление приемника равно  $Z_{\text{вх}}$ , то в этом случае напряжение внутреннего шума будет равно:

$$U_{\text{ш}} = (Z_{\text{вх}} K_{\text{ш}} kT \Pi_{\text{п}})^{0,5}. \quad (3)$$

Для широкополосного источника импульсных помех, согласно (1) и (2), отношение помеха/шум на входе ЦЭО может быть определено как:

$$\rho_{\text{п.шп}} = U_{\text{п}}/U_{\text{ш}} = K_{\text{св}} \tau_{\Delta} e \Pi_{\text{ц}} (Z_{\text{вх}} K_{\text{ш}} kT \Pi_{\text{п}})^{-0,5} = K \Pi_{\text{ц}}^{0,5}. \quad (4)$$

Зависимости уровней помех в ЦЭО от узкополосных и широкополосных источников помех, представлены на рис. 2, где: 1 –  $U_{\text{п}} = f(\tau^{-1})$ ; 2 –  $U_{\text{ш}} = f(\tau^{-1})$ .

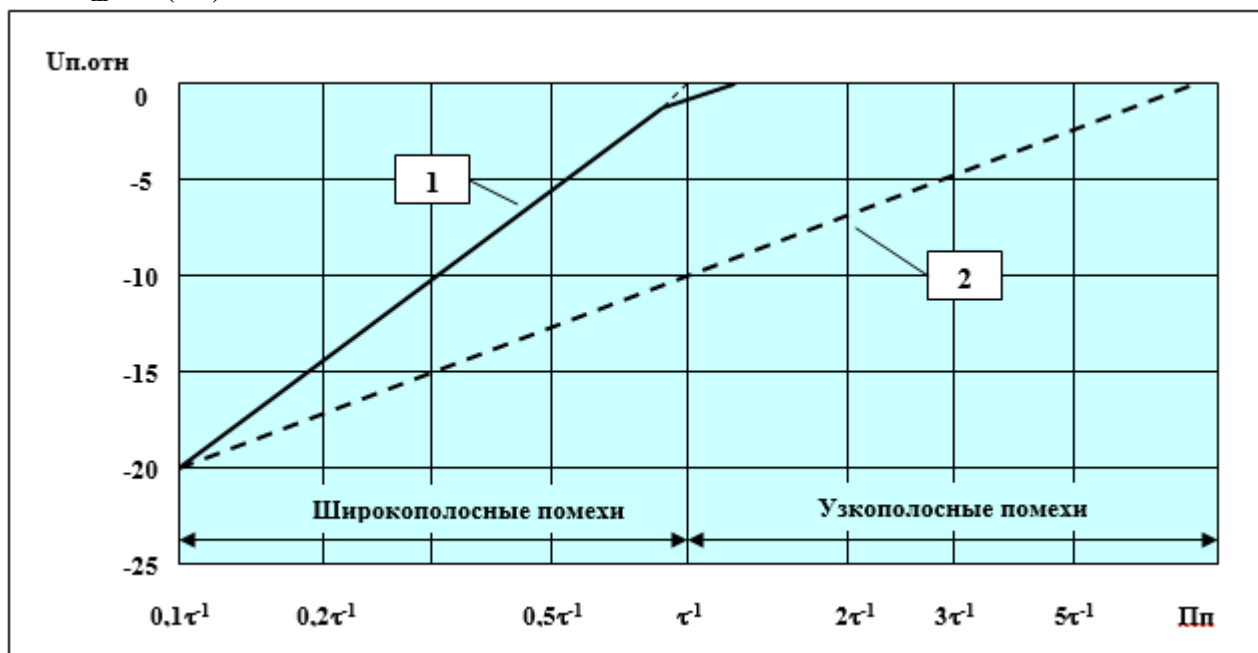


Рис. 2. Зависимости уровней помех от полосы пропускания ЦЭО

Из представленных зависимостей видно, что пока соблюдается неравенство  $\Pi_{\text{ц}} < \tau^{-1}$  расширение полосы пропускания ЦЭО делает его более чувствительным к импульсной помехе. Если  $\Pi_{\text{ц}}$  начинает приближаться к  $\tau^{-1}$ , то в этом случае большая часть составляющих импульса с энергией около 90% будет попадать в полосу пропускания цифрового электронного оборудования.

Заметим, что амплитуда помехи  $U_{\text{п.отн}}$ , на рис. 2, берется относительно уровня  $U_{\text{п}} = K_{\text{св}} \tau_{\Delta} e \Pi_{\text{ц}}$ .

При полосе пропускания ЦЭО  $\Pi_{\text{ц}} \gg \tau^{-1}$  (узкополосные помехи) практически вся мощность помехи попадает в ЦЭО. В этом случае напряжение помехи, наводимое в ЦЭО, будет:

$$U_{\text{п}} = K_{\text{св}} \Delta e, \quad (5)$$



Дальнейшее увеличение полосы пропускания ЦЭО не влияет на уровень помехи наводимой в цифровом оборудовании. Отношение помеха/шум, в этом случае, будет определяться как:

$$\rho_{п.уп} = U_{п}/U_{ш} = K_{св\Delta}e(Z_{вх}K_{ш}kT\Pi_{ц})^{-0,5} = K(\tau\Pi_{ц}^{0,5})^{-1}. \quad (6)$$

Следовательно, при воздействии на оборудование узкополосной помехи отношение помеха/шум будет обратно пропорционально квадратному корню из полосы пропускания ЦЭО, что полностью совпадает с известными результатами по статистической радиотехнике [8-10].

Зависимость отношения помеха/шум (ОПШ) в ЦЭО при воздействии узкополосного и широкополосного источника помех, представлена на рис. 3, где: 1 –  $\rho_{п.шп} = f(\tau^{-1})$ ; 2 –  $\rho_{п.уп} = f(\tau^{-1})$ .

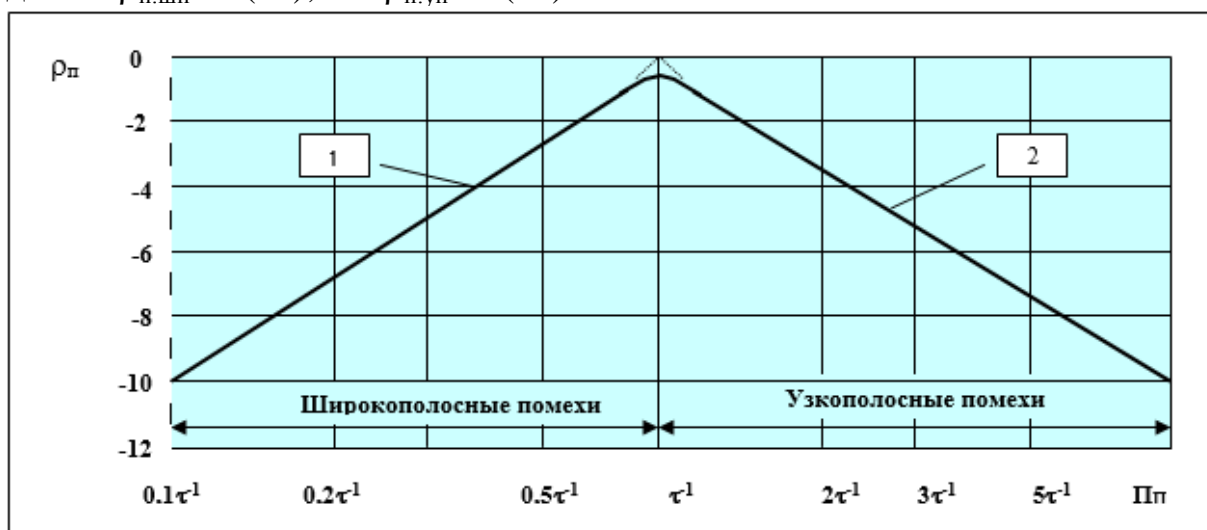


Рис. 3. Зависимость ОПШ от полосы пропускания ЦЭО

Из представленной зависимости видно, что увеличение полосы пропускания ЦЭО также ведет к снижению его восприимчивости к воздействующим помехам, однако такой подход уменьшения уровня помех для практических решений является неприемлемым. Заметим, что при одновременном воздействии широко- и узкополосных источников помех ЦЭО будет вести себя независимо по отношению к каждому из них.

#### Список литературы

1. Артюшенко, В. М. Мультимедийные гибридные сети [Текст] / В.М. Артюшенко, А.К. Гуреев, В.В. Абраменков, Енютин К.А.: монография. – М.: МГУС, – 2007. – 94 с.
2. Артюшенко, В. М. Структурированные кабельные системы [Текст] / В.М. Артюшенко, Т.С. Аббасова : Учебное пособие / Под ред. д-ра техн. наук, проф. В.М. Артюшенко, ГОУ ВПО «МГУС». – М., 2005. – 150 с.
3. Артюшенко, В. М. Проектирование мультисервисных систем в условиях воздействия внешних электромагнитных помех [Текст] / В. М. Артюшенко, Т.С. Аббасова // Монография / под науч. ред. док. техн. наук, проф. В.М. Артюшенко, ФГОУВПО РГУТиС. – М., 2011. 110 с.
4. Артюшенко, В. М. Особенности резервирования источников бесперебойного питания компьютерного и телекоммуникационного оборудования [Текст] / В. М. Артюшенко, Т.С. Аббасова // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2007. Т.3. №3. С. 20-23.
5. Артюшенко, В. М. Анализ эффективности уменьшения межкабельных переходных помех в экранированных кабельных системах [Текст] / В.М. Артюшенко,

К.А. Енютин, М.Н. Буткевич // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2009. – Т.5. – №1. – С. 19-23.

6. Артюшенко, В. М. Системный анализ в области управления и обработки информации: монография [Текст] / В.М. Артюшенко, Т.С. Аббасова, Ю.В. Стреналюк, Н.А. Васильев, И.М. Белюченко, К.Л. Самаров, В.Н. Зиновьев, С.П. Посеренин, Г.Г. Вокин, А.П. Мороз, В.С. Шайдуров, С.С. Шаврин / под науч. ред. док. техн. наук, проф. В.М. Артюшенко. – Королев МО: МГОТУ, 2015. – 168 с.

7. Артюшенко, В. М. Информационные технологии и управляющие системы: монография [Текст] / В.М. Артюшенко, Т.С. Аббасова, Ю.В. Стреналюк, В.И. Привалов, В.И. Воловач, Е.П. Шевченко, В.М. Зимин, Е.С. Харламова, А.Э. Аббасов, Б.А. Кучеров / под науч. ред. док. техн. наук, проф. В.М. Артюшенко. – М.: Издательство «Научный консультант», 2015. – 185 с.

8. Артюшенко, В. М. Схемы подключения управляющего и измерительного оборудования в системах автоматизации и жизнеобеспечения зданий [Текст] / В. М. Артюшенко, В.А. Корчагин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2009. – Т.5. – №3. С.3-11.

9. Артюшенко, В. М. Обработка информационных параметров сигнала в условиях аддитивно-мультипликативных негауссовских помех [Текст] / В.М. Артюшенко: монография. – Королев МО: Изд-во «Канцлер», 2014. – 298 с.

10. Артюшенко, В. М. Защита структурированных кабельных систем от внешних электромагнитных воздействий [Текст] / В.М. Артюшенко // Промышленный сервис. – 2005. – №3. – С. 20-27.

## **АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА СКС**

***Олифер С.С.***

бакалавр по направлению прикладная информатика,  
Технологический университет, Россия, г. Королев

Рассмотрены вопросы, связанные с анализом источников электромагнитных помех, действующих на структурированные кабельные системы.

*Ключевые слова:* электромагнитные помехи, источники помех, структурированные кабельные сети.

В качестве электромагнитной помехи (ЭМП) действующей на структурированные кабельные системы (СКС) может фигурировать практически любое электромагнитное явление в широком диапазоне частот. В зависимости от источника ЭМП их можно разделить на естественные помехи и искусственные [1-3]. В зависимости от среды распространения ЭМП могут разделяться на индуктивные и кондуктивные. Индуктивными называют ЭМП, распространяющиеся в виде электромагнитных полей в непроводящих средах, кондуктивные – в виде токов, текущих по проводящим конструкциям и земле [4-6].

Деление помех на индуктивные и кондуктивные является, строго говоря, условным. В реальности протекает единый электромагнитный процесс, затрагивающий проводящую и непроводящую среду. В ходе распространения многие помехи могут превращаться из индуктивных в кондуктивные и

наоборот. Например, переменное электромагнитное поле способно создавать наводки в кабелях, которые далее распространяются как классические кондуктивные помехи. С другой стороны, токи в кабелях и цепях заземления сами создают электромагнитные поля, т.е. индуктивные помехи [7-10].

Кондуктивные помехи в цепях имеющих более одного проводника делятся на помехи вида «провод – земля» (несимметричные, общего вида) и помехи «провод – провод» (симметричные, дифференциального вида). В первом случае напряжение помехи приложено между каждым из проводников цепи и землей. Во втором – между различными проводниками одной цепи. Обычно самыми опасными для аппаратуры являются помехи «провод-провод», поскольку они оказываются приложенными так же, как и полезный сигнал. Реальные помехи представляют собой комбинацию помех «провод – провод» и «провод – земля».

По спектральным характеристикам ЭМП делятся на узкополосные и широкополосные помехи. Как правило, к первым относятся помехи от систем связи на несущей частоте, систем питания переменным током и т.п. Их отличительной особенностью является то, что характер изменения помехи во времени является синусоидальным или близок к нему. При этом спектр помех близок к линейчатому, то есть максимальный уровень – на основной частоте, пики меньшего уровня – на частотах гармоник.

Широкополосные помехи имеют несинусоидальный характер и обычно проявляются в виде отдельных импульсов, или их последовательности. Для периодических широкополосных сигналов спектр состоит из большого набора пиков на частотах, кратных частоте основного сигнала. Для аperiodических помех спектр является непрерывным и описывается спектральной плотностью. Типичными широкополосными помехами являются: шум, создаваемый в сети питания аппаратуры при работе импульсного блока питания; молниевые импульсы; импульсы, создаваемые при коммутационных операциях; электротехнические средства радиосвязи.

Другой спектральной характеристикой является область частот, в которой лежит основная часть спектра помехи. Условно все помехи принято делить на помехи низкочастотные и высокочастотные. К низкочастотным относят помехи 0...9 кГц, создаваемые силовыми линиями и электроустановками. Высокочастотные узкополосные помехи, с частотой выше 9 кГц, обычно создаются различными системами связи. Высокочастотными являются практически все типы импульсных помех. Иногда вводят понятия радиочастотной помехи (от 150 кГц до 1...2 ГГц) и СВЧ-помехи (порядка нескольких ГГц).

К основным видам электромагнитных помех, определяющих электромагнитную обстановку на современных предприятиях, относятся: помехи при коротком замыкании (КЗ) на землю в сетях с эффективно заземленной нейтралью; помехи при грозовых разрядах; импульсные помехи при коммутационных операциях выключателями и разъединителями; импульсные помехи при работе электромеханических устройств; протекание значительных токов по ЗУ в нормальном режиме работы объекта; низкочастотные магнитные поля при нормальной работе силового электрооборудования; низкое качество напряжения питания; электростатический разряд; высокочастотные

электромагнитные поля, создаваемые радиосредствами; другие источники помех [6, 7].

Учитывая, что исследованию данных видов помех посвящено довольно много публикаций, в своем анализе мы их опустим, остановившись более подробно лишь на рассмотрении мешающих высокочастотных электромагнитных полей, создаваемых различными радиосредствами.

В первую очередь к таким источникам относятся радио- и телевизионные передатчики различного назначения и радары. Кроме того, к ним можно отнести микроволновые печи бытового и промышленного назначения, различные экспериментальные и испытательные установки и т.п. Аналогичные помехи могут создаваться и линиями проводной связи, работающими на высокой частоте. Иногда существенный вклад в общий уровень помех в радиочастотном диапазоне вносят атмосферные и космические радишумы, а также радиочастотные шумы, создаваемые при работе блоков питания аппаратуры. Типовые значения напряженности электрического поля представлены в таблице. [10].

Таблица

**Типовые значения напряженности электрического поля**

Источник	Диапазон частот, МГц	Мощность передатчика	Типовое удаление от источника	Расчетное значение напряженности поля, В/м
НЧ станции радиовещания и морской связи	0,14...0,5	2500 кВт	2...20 км	5,5...0,55
Широковещательные АМ-станции	0,2...1,6	50...800 кВт	0,5...2 км	12,5...0,78
Радиолюбители (ВЧ)	1,8...30	1 кВт	10...100 км	22,1...2,21
ВЧ-связь, включая SW-вещание	1,6...30	0,1 кВт	1...20 км	0,7...0,04
Устройства личной и служебной радиосвязи	27...58	12 Вт	10...100 м	2,4...0,24
Радиолюбители, VHF/UHF	50...52 144...146 432...438 1290...1330	1...8 кВт 1...8 кВт 1...8 кВт 1...8 кВт	10...500 м	63...0,44
Стационарная и мобильная связь	29...40 68...87 146...174 422...432 438...470 860...990	50...130 кВт 50...130 кВт 50...130 кВт 50...130 кВт 50...130 кВт 50...130 кВт	2...200 м	40...0,25
Мобильные и радиотелефоны	1880...1990	5 Вт 1 Вт	1...100 м 0,5...10 м	15,6...1,56 14...0,7
Телевидение (VHF)	48...68 174...230	100...320 кВт	0,5...2 км	8...1,1**
Вещание на FM	88...108	100 кВт	0,25...1 км	8,9...2,2**
Телевидение (UHF)	470...853	500 кВт	0,5...3 км	10...1,6**
Радары	1000...30000	1 кВт-10 ГВт	2...20 км	350...1,6 (пики)
Примечание: * – Рассчитано по формуле: $(7\sqrt{ERP})/r$ в предположении, что антенна ведет себя как полуволновой диполь в свободном пространстве, рассматривается дальнее поле. **- Указанная напряженность – только внутри луча, создаваемого антенной				

Анализ показывает, что напряженность создаваемого электрического и магнитного полей  $E$  зависит от мощности передатчика  $P$  и расстояния до него  $r$ . Иногда, слабый близкорасположенный источник (например, сотовый телефон) может создавать большее поле, чем удаленный мощный передатчик.

Сравнительно уязвимой к воздействию радиочастотных помех является любая аппаратура проводной связи, работающая на высокой частоте. Это касается, в частности, скоростных линий связи и структурированных кабельных сетей. Рост скоростей передачи данных делает особенно актуальной проблему электромагнитной совместимости структурированных кабельных систем. Это происходит как в результате увеличения уровня собственных излучений кабельных каналов, так и большей уязвимости высокоскоростных протоколов к внешним шумам.

Традиционная аппаратура высокочастотной связи по высоковольтным линиям обычно использует слишком низкие частоты и высокие мощности, чтобы оказаться подверженной влиянию источников радиочастотных полей. Однако с ростом частот передачи проблема ЭМС становится одной из основных.

#### Список литературы

1. Артюшенко, В. М. Мультимедийные гибридные сети [Текст] / В.М. Артюшенко, А.К. Гуреев, В.В. Абраменков, Енютин К.А.: монография. – М.: МГУС, – 2007. – 94 с.
2. Артюшенко, В. М. Структурированные кабельные системы [Текст] / В.М. Артюшенко, Т.С. Аббасова // Учебное пособие / Под ред. д-ра техн. наук, проф. В.М. Артюшенко, ГОУ ВПО «МГУС». – М., – 2005. – 150 с.
3. Артюшенко, В. М. Проектирование мультисервисных систем в условиях воздействия внешних электромагнитных помех [Текст] / В. М. Артюшенко, Т.С. Аббасова // Монография / под науч. ред. док. техн. наук, проф. В.М. Артюшенко, ФГОУВПО РГУТиС. – М., 2011. 110 с.
4. Артюшенко, В. М. Особенности резервирования источников бесперебойного питания компьютерного и телекоммуникационного оборудования [Текст] / В. М. Артюшенко, Т.С. Аббасова // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2007. Т.3. №3. С.20 – 23.
5. Артюшенко, В. М. Анализ эффективности уменьшения межкабельных переходных помех в экранированных кабельных системах [Текст] / В.М. Артюшенко, К.А. Енютин, М.Н. Буткевич // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2009. –Т.5. –№1. –С.19 – 23.
6. Артюшенко, В. М. Системный анализ в области управления и обработки информации: монография [Текст] / В.М. Артюшенко, Т.С. Аббасова, Ю.В. Стреналюк, Н.А. Васильев, И.М. Белюченко, К.Л. Самаров, В.Н. Зиновьев, С.П. Посеренин, Г.Г. Вокин, А.П. Мороз, В.С. Шайдуров, С.С. Шаврин /под науч. ред. док. техн. наук, проф. В.М. Артюшенко. – Королев МО: МГОТУ, 2015. – 168 с.
7. Артюшенко, В. М. Информационные технологии и управляющие системы: монография [Текст] / В.М. Артюшенко, Т.С. Аббасова, Ю.В. Стреналюк, В.И. Привалов, В.И. Воловач, Е.П. Шевченко, В.М. Зимин, Е.С. Харламова, А.Э. Аббасов, Б.А. Кучеров /под науч. ред. док. техн. наук, проф. В.М. Артюшенко. – М.: Издательство «Научный консультант», 2015. – 185 с.
8. Артюшенко, В. М. Схемы подключения управляющего и измерительного оборудования в системах автоматизации и жизнеобеспечения зданий [Текст] / В. М. Артюшенко, В.А. Корчагин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2009. –Т.5. –№3. С.3 – 11.

9. Артюшенко, В. М. Обработка информационных параметров сигнала в условиях аддитивно-мультипликативных негауссовских помех [Текст] / В.М. Артюшенко: монография. – Королев МО: Изд-во «Канцлер», 2014. – 298 с.

10. Артюшенко, В. М. Защита структурированных кабельных систем от внешних электромагнитных воздействий [Текст] / В.М. Артюшенко // Промышленный сервис. – 2005. – №3. – С.20-27.

## **АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ СКС**

***Олифер С.С.***

бакалавр по направлению прикладная информатика,  
Технологический университет, Россия, г. Королев

Рассмотрены вопросы, связанные с анализом проблем электромагнитной совместимости структурированных кабельных систем.

*Ключевые слова:* электромагнитная совместимость, электромагнитная обстановка, структурированные кабельные сети.

Одной из важнейших проблем современных промышленных предприятий и офисов различных учреждений является обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) оборудования структурированной кабельной сети (СКС) с жесткой электромагнитной обстановкой (ЭМО) на объекте [1-3].

Острота проблемы объясняется двумя причинами. Во-первых, высокая частота и низкий уровень сигналов, используемые в современных СКС, делают их очень восприимчивыми к электромагнитным помехам. Во-вторых, подавляющее большинство предприятий проектировалось задолго до массового внедрения информационного оборудования и, следовательно, без должной проработки вопросов ЭМС.

Практика показывает, что даже на типовых предприятиях параметры ЭМО могут значительно отличаться друг от друга. Это может быть вызвано влиянием различных факторов, таких, например, как старением заземляющего устройства (ЗУ), незначительными, на первый взгляд, отклонениями от проекта, воздействием со стороны посторонних объектов и т.п. Поэтому на местах часто приходится решать задачи дополнительной защиты от электромагнитных помех. Трудоемкость решения этих задач, прежде всего, зависит от уровня устойчивости оборудования СКС, заложенного его производителем. При этом, неоправданно завышенные требования к помехоустойчивости оборудования нежелательны, так как ведут к повышению его стоимости.

Как правило затраты на обеспечение ЭМС обычно оказываются довольно весомыми. Однако существует целый ряд способов, позволяющих их снизить. К числу таких мероприятий можно отнести следующее.

Для предприятий: учет вопросов ЭМС должен закладываться на начальных стадиях проекта строительства или реконструкции объектов;

проведение оценки ЭМО до проведения работ по реконструкции; использование апробированных типовых проектных решений [4].

При проектировании и монтаже оборудования СКС: широкое использование унифицированных узлов с достоверными данными по характеристикам ЭМС, особенно это касается корпусов, средств подавления помех, интерфейсных элементов, блоков питания и т.п.; применение апробированных проектных решений; совмещение исследовательских и сертификационных испытаний.

Обычно оценка ЭМО на действующих предприятиях проводится путем проведения натурных испытаний и измерений включающих 100%-й контроль сопротивлений оснований электроаппаратов и конструкций, присоединенных к ЗУ [5, 6]. Кроме того, проводится измерение сопротивления растеканию ЗУ в целом, а также расчетно-экспериментальная оценка потенциалов на элементах ЗУ и помех во вторичных кабелях при коротких замыканиях и грозовых разрядах, измерение уровней помех во вторичных цепях при коммутационных операциях, оценка уровней импульсных и постоянно действующих полей в широком диапазоне частот. По результатам оценки производится разработка и реализация комплекса защитных мероприятий, направленных на приведение ЭМО в соответствие с требованиями электронного оборудования [7, 8].

Данные мероприятия могут включать в себя: улучшение состояния заземляющих устройств путем прокладки дополнительных заземлителей и восстановления нарушенных связей; защиту цепей вторичных кабелей путем экранирования; изменения схем заземления элементов грозозащиты; прокладки «барьерных» заземлителей; изменение способов и трасс прокладки кабелей на отдельных участках; оптимальное, по условиям электромагнитной совместимости, размещение цифровой аппаратуры, рабочих мест и коаксиальных кабелей; организация заземления и питания цифровой аппаратуры, включая установку источников бесперебойного питания, средств ограничения перенапряжений, фильтров и т.п. [9, 10].

Проведение указанных мероприятий позволяет избежать появления помех, превышающих уровни, указанные в действующих стандартах, однако уровни помех все равно остаются значительными.

Таким образом, минимизация затрат по обеспечению ЭМС оборудования СКС требует: достоверного определения ожидаемых параметров ЭМО; выбора требований к ЭМС оборудования СКС в соответствии с ожидаемыми параметрами ЭМО; проведения мероприятий, обеспечивающих неукоснительное соблюдение разработанных требований к ЭМС оборудования СКС.

Государственные и международные стандарты, а также отраслевые нормы на ЭМС, предусматривают довольно жесткие требования. В ряде случаев, требования отраслевых документов перекрывают требования общих стандартов. В общем случае, соответствие требуемым нормам должно обеспечиваться производителем оборудования. Проверка этого соответствия выполняется в ходе процедур сертификации и экспертной оценки.

В таблице представлены основные виды испытаний на устойчивость к электромагнитным помехам, а также статистические данные по типичным отказам, накопленные в ходе экспертной оценки и сертификации оборудования связи, защиты автоматики для энергетики и т.д. [6, 7].

Таблица

**Виды испытаний на ЭМС**

Испытание	Имитируемое явление	Степени жесткости	Способ подачи воздействия
Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии – МИП ГОСТ	Импульсная помеха от грозового разряда	1 – 0,5 кВ 2 – 1 кВ 3 – 2 кВ 4 – 4 кВ 5 – согласование с заказчиком	Входы питания. Входы и выходы информационных цепей.
Устойчивость к наносекундным импульсным помехам – НИП ГОСТ	Импульсные помехи при работе электроинструментов, коммутациях в электроустановках и т.п. 5/50 нс	2 – 1 кВ 3 – 2 кВ 4 – 4 кВ 5 – согласование с заказчиком	Входы питания. Входы и выходы информационных цепей.
Устойчивость к затухающим синусоидальным колебаниям (T = 10 мкс)	Коммутационные помехи, не прямой эффект грозового разряда	1 – 0,5 кВ 2 – 1 кВ 3 – 2 кВ 4 – 4 кВ	Входы питания. Входы и выходы информационных цепей.
Волны с затухающими колебаниями (T = 1 мкс) по ГОСТ	Коммутационные помехи	1 – 0,5 кВ 2 – 1 кВ 3,4 – 2,5 кВ	Входы питания. Входы и выходы информационных цепей.
Устойчивость к динамическим изменениям напряжения сети электропитания ГОСТ	Провалы, прерывания и выбросы напряжения питания	Провалы (30%) – от 0,2 до 2 с Прерывания (100%) – от 0,02 мс до 0,2 мс Выбросы (20%) – от 0,2 до 2 с	Входы питания.
Устойчивость электростатическим разрядам ГОСТ	ЭСР с тела человека или заряженных предметов контактный/воздушный)	1 – 2/4 кВ 2 – 4/6 кВ 3 – 6/8 кВ 4 – 8/15 кВ	Корпус аппаратуры, незакрытые клавиатуры, разъемы и т.п.
Устойчивость к радиочастотным электромагнитным полям в диапазоне 80-1000 МГц (1300-2000 МГц) ГОСТ	Работа радиопередатчиков различного назначения	1 – 1 В/м 2 – 3 В/м 3 – 10 В/м 4 – 30 В/м	Аппаратура в целом с присоединенными кабелями
Устойчивость к магнитным полям промышленной частоты по ГОСТ	Работа силового электрооборудования в нормальном режиме/ в режиме КЗ	1 – - А/м 2 – - А/м 3 – - А/м 4 – 400 А/м 5 – 600 А/м	Аппаратура в целом с присоединенными кабелями
Устойчивость к импульсным магнитным полям в соответствии с ГОСТ	Поля при грозовом разряде	1 – - А/м 2 – - А/м 3 – 100 А/м 4 – 400 А/м 5 – 600 А/м	Аппаратура в целом с присоединенными кабелями



Таким образом, для решения проблемы электромагнитной совместимости оборудования СКС требуется как оценка и улучшение ЭМО в местах ее установки, так и обеспечение высокой помехоустойчивости самой структурированной кабельной системы.

#### Список литературы

1. Артющенко, В. М. Мультимедийные гибридные сети [Текст] / В.М. Артющенко, А.К. Гуреев, В.В. Абраменков, Енютин К.А.: монография. – М.: МГУС, – 2007. – 94 с.
2. Артющенко, В. М. Структурированные кабельные системы [Текст] / В.М. Артющенко, Т.С. Аббасова // Учебное пособие / Под ред. д-ра техн. наук, проф. В.М. Артющенко, ГОУ ВПО «МГУС». – М., – 2005. – 150 с.
3. Артющенко, В. М. Проектирование мультисервисных систем в условиях воздействия внешних электромагнитных помех [Текст] / В. М. Артющенко, Т.С. Аббасова // Монография / под науч. ред. док. техн. наук, проф. В.М. Артющенко, ФГОУВПО РГУТиС. – М., 2011. 110 с.
4. Артющенко, В. М. Особенности резервирования источников бесперебойного питания компьютерного и телекоммуникационного оборудования [Текст] / В. М. Артющенко, Т.С. Аббасова // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2007. Т.3. №3. С.20 – 23.
5. Артющенко, В. М. Анализ эффективности уменьшения межкабельных переходных помех в экранированных кабельных системах [Текст] / В.М. Артющенко, К.А. Енютин, М.Н. Буткевич // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2009. –Т.5. –№1. –С.19 – 23.
6. Артющенко, В. М. Системный анализ в области управления и обработки информации: монография [Текст] / В.М. Артющенко, Т.С. Аббасова, Ю.В. Стреналюк, Н.А. Васильев, И.М. Белюченко, К.Л. Самаров, В.Н. Зиновьев, С.П. Посеренин, Г.Г. Вокин, А.П. Мороз, В.С. Шайдуров, С.С. Шаврин /под науч. ред. док. техн. наук, проф. В.М. Артющенко. – Королев МО: МГОТУ, 2015. – 168 с.
7. Артющенко, В. М. Информационные технологии и управляющие системы: монография [Текст] / В.М. Артющенко, Т.С. Аббасова, Ю.В. Стреналюк, В.И. Привалов, В.И. Воловач, Е.П. Шевченко, В.М. Зимин, Е.С. Харламова, А.Э. Аббасов, Б.А. Кучеров / под науч. ред. док. техн. наук, проф. В.М. Артющенко. – М.: Издательство «Научный консультант», 2015. – 185 с.
8. Артющенко, В. М. Схемы подключения управляющего и измерительного оборудования в системах автоматизации и жизнеобеспечения зданий [Текст] / В. М. Артющенко, В.А. Корчагин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2009. –Т.5. –№3. С.3 – 11.
9. Артющенко, В. М. Обработка информационных параметров сигнала в условиях аддитивно-мультипликативных негауссовских помех [Текст] / В.М. Артющенко: монография. – Королев МО: Изд-во «Канцлер», 2014. – 298 с.
10. Артющенко, В. М. Защита структурированных кабельных систем от внешних электромагнитных воздействий [Текст] / В.М. Артющенко // Промышленный сервис. – 2005. – №3. – С.20-27.

# АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ СИЛОВЫХ МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

*Пантелеева К.С.*

Казанский государственный энергетический университет, Россия, г. Казань

В статье материалы для изоляции силовых маслонаполненных трансформаторов рассматриваются в качестве одного из приоритетных факторов развития в электротехнике и высоковольтной электроэнергетике. Развитие материалов для изоляции силовых трансформаторов позволяет увеличить их срок службы и эксплуатации, предотвратить катастрофические последствия и выходы из строя, а также обеспечить надежное электроснабжение.

*Ключевые слова:* электротехника, электроснабжение, силовые маслонаполненные трансформаторы, изоляция.

Силовой масляный трансформатор, как и другие виды трансформаторов, является в энергосистеме одним из важнейших элементов, определяющих надежность электроснабжения. У этого вида трансформатора есть свои преимущества, выделяющие его на фоне остальных. Он востребован на многих производствах, требующих большого потребления электрической энергии. Этот вид трансформаторов способен с лёгкостью выдерживать различные температурные режимы и поэтому хорошо работает как при очень высоких, так и при очень низких температурах окружающей среды, что позволяет использовать его в регионах с самым различным климатом [2, с. 12].

Изоляционная система силовых маслонаполненных трансформаторов лежит в основе организации надежного бесперебойного энергоснабжения и является ключевым звеном, гарантирующим его безаварийную эксплуатацию.

В масляных трансформаторах возникают сложные физико-химические воздействия на изоляцию при наличии в ней посторонних примесей и воздействия температуры. Наиболее вредными примесями являются влага, остатки растворителя пропиточного лака, воздушные или газовые включения в изоляции, загрязнения посторонними примесями (волокнами твердой и жидкой изоляции). При повышении температуры возрастают диэлектрические потери, и снижается электрическая прочность изоляции, падает также и её сопротивление. При воздействии переменного электрического поля в сложном диэлектрике (в изоляции трансформатора) также происходят выделение тепла и нагревание изоляции [3].

Главная особенность силовых трансформаторов – использование давно известной бумажно-масляной изоляции с охлаждением циркулирующего масла в баке, защищенном от окружающего воздуха. При эксплуатации возникает необходимость учета неизбежного старения бумажной изоляции, жесткого контроля, ведущего к быстрому старению и нагреву изоляции, периодической подпрессовки обмоток, тщательного изолирования масла от воздействия окружающего воздуха (защита от увлажнения). И все это при недоступности активной части трансформатора [1].

В результате проведенного обзора литературы по современным материалам, перспективным является ламинирование или ламинация – это технологический процесс покрытия изделия пленкой. Ламинирование предотвращает деформацию изделия, делает его водостойким, паронепроницаемым, придает твердость. Ламинирование с использованием полиэфирной пленки повышает механическую прочность бумаги, способствуя тем самым улучшению технологичности применения высококачественных бумаг. В то же время эффект применения этой пленки является комплексным, так как способствует улучшению тепловых, механических, электрических характеристик бумаги, а также ее стойкости к воздействию ультрафиолетового излучения.

Среди предлагаемых типов ламинированных материалов можно отметить нетканую бумагу из полифениленсульфида, которая разработана для использования в условиях, требующих длительной эксплуатации при высоких температурах или стойкости к воздействию химических веществ, в том числе масел, растворителей и кислот, а также ламинаты из неорганической изоляционной бумаги.

Все представленные электроизоляционные материалы на неорганической основе подвергались оценке на стойкость к длительному тепловому старению в соответствии со стандартом UL 1446 «Стандарт на системы изоляционных материалов – Общие положения», результатом чего является одобрение в системе UL пригодности этих материалов для применения в качестве основной изоляции в системах электрической изоляции (EIS). Высокоэффективные гибкие изоляционные материалы также отвечают требованиям испытаний, описанных в документе IEC 61857-1 (Электрические изоляционные системы – Порядок оценки тепловых свойств), что позволяет присвоить материалу в системе изоляции температурный класс в соответствии с IEC 60085 (Оценка тепловых свойств и назначение электрической изоляции) [4, с. 16].

Оптимальная работа электроизоляционной системы зависит от многих факторов, в том числе от правильного выбора материалов, допустимости конструктивных критериев и соблюдения надлежащей технологии переработки.

Целью перспективных исследований является сравнение поведения новых и традиционных материалов при ускоренной деградации.

#### Список литературы

1. Аракелян В.Г. Электротехника №3, «Диагностика состояния изоляции маслонаполненного оборудования по влагосодержанию масла», 2004.
2. Васин В.П. Ресурс изоляции силовых маслонаполненных трансформаторов / В.П. Васин, А.П. Долин // Электро. – 2008. – № 3. – С. 12-17.
3. Лоханин. Обзор докладов, представленных на 43 сессии международной конференции СИГРЭ по тематике исследовательского комитета А2 «Трансформаторы» // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2010. – № 3.
4. Электротехническое оборудование 3М Россия. Гибкие изоляционные материалы. Высокотемпературные изоляционные материалы. URL: <http://www.ruscable.ru/other/OEM%20Высокотемпературные%20изоляционные%20материалы.pdf> (дата обращения: 25.10.2015).

# СТРУКТУРА НАЗЕМНОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ

*Погосян А.Т., Каракозов А.В., Обертаев А.Р.*  
магистры по направлению прикладная информатика,  
Технологический университет, Россия, г. Королев

В статье рассмотрены вопросы, связанные с анализом структуры наземного комплекса управления космическими аппаратами.

*Ключевые слова:* наземный комплекс управления, космический аппарат.

В наземном комплексе управления (НКУ) с непосредственным управлением космических аппаратов (КА) могут быть реализованы две схемы: однопунктная и многопунктная, которые отличаются, в основном, количеством и дислокацией наземных станций (НС) командно-измерительных систем (КИС) и, естественно, затратами на создание и эксплуатацию НКУ [1-5]. Во многих случаях выгодно использовать схему НКУ с минимальным количеством привлекаемых наземных станций. Это сокращает стоимость используемых технических средств НКУ, включая стоимость используемых каналов связи между НС и центром управления полетом (ЦУП). С другой стороны, использование однопунктной схемы снижает надежность управления и устойчивость. Так например, отказы в одном сеансе связи могут быть устранены только на следующем витке, если на нем обеспечиваются условия радиовидимости. Количество витков в сутки, на которых могут быть запланированы и реализованы сеансы связи, сокращается относительно многопунктной схемы. Погрешности определения параметров орбиты при применении однопунктной схемы измерения текущих навигационных параметров больше, чем в случае использования многопунктной схемы измерения навигационных параметров [6-10].

Многопунктная схема НКУ (рис. 1) предполагает задействование в своем составе нескольких территориально разнесенных командно-измерительных пунктов (КИП), оснащенных наземными станциями КИС.

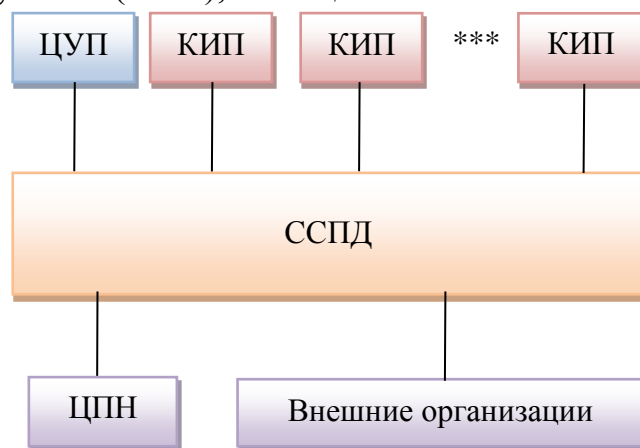


Рис. 1. Структурная схема многопунктных НКУ

При этом управление КА осуществляется централизованно из ЦУП, который в частном случае может быть совмещен с одним из КИП.

Информационный обмен между КИП и ЦУП осуществляется по автоматизированным трактам систем связи и передачи данных (ССПД), в которых могут быть задействованы как наземные (кабельные, радиорелейные), так и спутниковые каналы связи. В НКУ с небольшой нагрузкой могут использоваться и неавтоматизированные тракты передачи данных – телефон, телеграф. Однако по таким трактам нельзя передавать большие цифровые массивы информации, к которым относятся: рабочие, временные программы (РП, ВП); информация оперативного контроля (ИОК); телесигнализационная информация (ТСИ); телеметрическая информация (ТМИ); измерения текущих навигационных параметров (ИТНП).

Абонирование телефонных каналов связи стоит достаточно дорого. Кроме того, в ЦУП для реализации автоматизированного информационного обмена с КИП и взаимодействующими организациями потребуется иметь систему автоматической коммутации и распределения информации.

Таким образом, многопунктная схема НКУ является более дорогостоящей. Ее применение может быть оправдано в тех случаях, когда требуется высокая надежность управления, высокая точность определения параметров орбиты при большой частоте передачи на борт КА управляющей информации.

Однопунктная схема управления КА (рис. 2) средствами НКУ по определению предполагает использование одного командно-измерительного пункта с наземной станцией КИС.

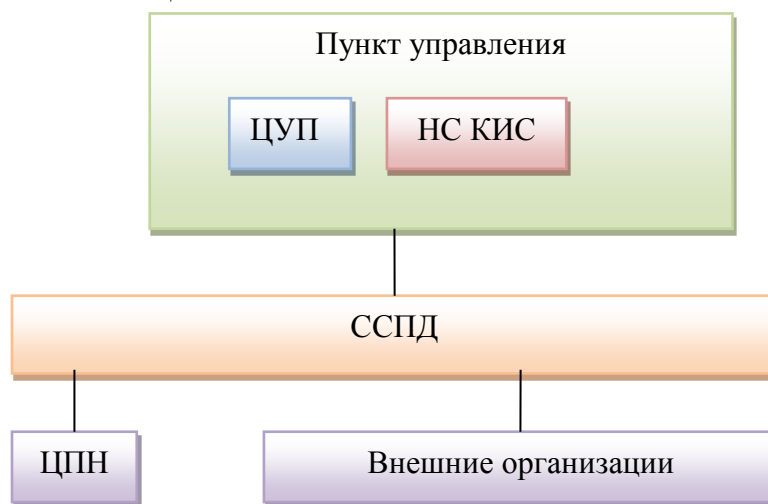


Рис. 2. Структурная схема однопунктного НКУ

В такой схеме очевидна целесообразность территориального совмещения НС КИС с ЦУП и центром планирования наблюдений (ЦПН), что позволяет исключить абонирование дорогостоящих каналов связи. Взаимодействие между НС КИС, ЦУП и ЦПН может быть реализовано по трактам межмашинного обмена или даже на уровне взаимодействия программ в едином информационно-вычислительном комплексе (ИВК). Такое построение

НКУ повышает оперативность решения задач управления, снижает требуемое машинное время, а также стоимость создания и эксплуатации НКУ.

Перспективность использования однопунктной схемы управления КА без снижения надежности и устойчивости управления связана с оснащением КА автономной системой навигации, в частности, спутниковой системой навигации, переходом на координатные методы управления, переносом на борт КА функций, решаемых в ЦУПе и других наземных системах управления, с использованием спутниковых ретрансляционных каналов для приема и передачи программно-командной, навигационной и телеметрической информации.

### Список литературы

1. Артющенко, В. М. Алгоритмы адаптации спутниковой связи по скорости передачи информации земных станций при работе в составе узловой сети [Текст] / В. М. Артющенко, Б. А. Кучеров // Естественные и технические науки. – 2014. – № 7 (75). – С. 96–100.
2. Артющенко, В. М. Оценка экономической эффективности использования автоматизированной системы распределения средств управления космическими аппаратами в условиях ресурсных ограничений [Текст] / В. М. Артющенко, Б. А. Кучеров // Вестник поволжского государственного университета сервиса. Серия: Экономика. – 2013. – № 5 (31). – С. 131–136.
3. Артющенко, В. М. Моделирование скорости передачи информации земных станций при работе в составе узловой сети [Текст] / В. М. Артющенко, Б. А. Кучеров // Austrian Journal of Technical and Natural sciences. – 2014. – № 7-8. – С. 96–99.
4. Артющенко, В. М. Анализ энергетических характеристик линий корпоративной сети спутниковой связи [Текст] / В.М. Артющенко, Б.А. Кучеров // Информационно-технологический вестник. – 2014. – № 01(01). – С. 13–19.
5. Артющенко, В. М. Повышение эффективности систем спутниковой связи путем оптимизации параметров земных станций [Текст] / В.М. Артющенко, Т.С. Аббасова, Б.А. Кучеров // Радиотехника. – 2015. – № 2. – С. 76–82.
6. Артющенко, В. М. Статистические характеристики сигналов и помех радиотехнических устройств ближнего действия [Текст] / В.М. Артющенко, В.И. Воловач, В.В. Иванов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2014. – Т.57. – №7. – С.46–50.
7. Artyushenko V. M., Volovach V. I. Threshold method of measurement of extended objects speed of radio engineering devices of short-range detection // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2014). Kiev, Ukraine, September 26-29, 2014 – 2014. KNURE, Kharkov. – PP. 220-223.
8. Артющенко, В. М. Особенности отражения зондирующих сигналов радиотехнических устройств обнаружения от протяженных объектов сложной формы [Текст] / В.М. Артющенко, В.И. Воловач // Школа университетской науки: парадигма развития. 2012. №2-6. С.42-46.
9. Артющенко, В. М. Анализ состояния автоматизации распределения средств управления космическими аппаратами [Текст] / В. М. Артющенко, Б.А. Кучеров // Приволжский научный вестник. – 2014. – № 3-1 (31). – С. 14-17.
10. Артющенко, В.М. Анализ влияния наращивания группировки космических аппаратов на распределение средств управления [Текст] / В.М. Артющенко, Б.А. Кучеров // Приволжский научный вестник. – 2014. – № 4 (32). – С. 42-45.

# ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ РЕСУРСНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Порожняков А.К.*

аспирант кафедры системотехники,  
Институт электронной техники и машиностроения, Россия, г. Саратов

В статье предложена методология построения интерфейсной части инструментального комплекса, позволяющего автоматизировать подготовку исходных данных для сметного производства в строительстве.

*Ключевые слова:* проектирование, сметы, строительство, ценообразование, модель проектирования, модель строительства.

Интерфейс системы для построения ресурсно-технологической модели объекта проектирования [1] должен состоять из трёх функционально связанных компонентов, которые представляют собой окна. Традиционно они могут сворачиваться и разворачиваться для удобства пользователя. Также в заголовке каждого окна должны присутствовать активные изображения (иконки, кнопки) операций, характерных для содержимого каждого окна.

## *Загрузка и отображение спецификаций оборудования (СО)*

Предполагается реализация системы загрузки спецификаций из файлового хранилища с заранее известным форматом. Этот формат содержит структуру данных о материально-технических ресурсах (МТР), сформированных таким образом, чтобы было возможно отнести каждую запись МТР к конкретной работе. Если запись МТР предполагает использование работы с дополнительными коэффициентами, то она (запись) должна содержать информацию (примечание), на основании которой проектировщик может выбрать дополнительные условия применения работы.

После загрузки спецификации она появляется в интерфейсе в разобранном виде. Это значит, что она содержит достаточную информацию для того, чтобы поставить в соответствие работу каждому ресурсу. Также в интерфейсе предусматривается наличие возможности загружать спецификации и удалять их из ведомости объёмов строительных и монтажных работ (ВР).

## *Модуль отображения элементно-сметных норм (ЭСН)*

Неотъемлемой частью интерфейса должен являться модуль отображения структуры ЭСН. Его организация подразумевает древовидную структуру с возможностью группировки элементов, то есть справочники, отделы и разделы справочников разворачиваются и сворачиваются, в них находятся расценки (код расценки и та часть название, которая уместилась). Отметим, что полное название расценки должно отображаться при наведении на неё курсора мыши.

Манипулируя мышкой, пользователь может добавить расценку в ведомость работ, перетаскив ее из панели ЭСН на панель ВР. После завершения перетаскивания будет отображаться контекстное меню, позволяющее выбрать дополнительные поправки, применяемые к норме расценки. Аналогия взята из процедуры копирования файлов и папок Windows.

### *Модуль построения ВР*

Выходными документами работы подобной системы являются ВР и схожие по своей сути документы. Необходим модуль, позволяющий:

- Строить ВР при помощи ЭСН и СО
- Управлять содержимым ВР (менять взаиморасположение разделов, работ, удалять разделы и работы)
- Управлять привязкой МТР к ЭСН
- Сохранять ВР как документ в файловом менеджере
- Импортировать ВР на расчет локальной сметы

Привязка материально-технического ресурса к ЭСН представляет собой расстановку связей между каждым ресурсом СО и набором работ ЭСН, такую, что объём каждого МТР, заявленный в СО, совпадает с суммарным объёмом этого ресурса во всех работах ВР.

При установке связи вручную, проектировщик должен указать либо количество ресурса (система автоматически подберёт объём работы), либо указать объём работы (система автоматически выберет из СО необходимое количество ресурса). Если ресурс связывается только с одной работой, то её объём вычисляется без участия пользователя. Если связывается ресурс, который уже был привязан к какой-либо работе, то появляется контекстное меню, в котором необходимо указать количество.

Полуавтоматическая расстановка связей представляет собой умение системы запоминать связи МТР с работами ЭСН [2]. Иными словами, при выборе конкретного ресурса выводится контекстное меню со списком работ, ранее применявшихся к этому ресурсу.

Внутри модуля ВР рассмотрим подсистему вариаций, предлагающую связи, сформированные когда-либо, с возможностью сортировки по:

- Ролевому разделению
- Целевому разделению
- Временному разделению

Автоматическая система расстановки связей (по требованию пользователя) на основе загруженной СО определяет работы ЭСН, необходимые для связывания ресурсов и выстраивает связи, выбрав наиболее подходящие связи по настройкам подсистемы вариаций. Далее пользователь может вручную отредактировать связи, добавив или заменить работы и разнести ресурсы СО между ними.

Отметим возможность замены работы, привязанной к ресурсу. В этом случае применяется новая работа и пересчитывается её объём на основе новой нормы ресурса из новой работы.

### **Список литературы**

1. Кац, Е.Я. Инструментальная система технологического обеспечения комплекса расчётов оценки стоимости строительства [Текст] / Е.Я. Кац, А.К. Порожняков // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности, 2012. – №2. – С. 21-25.
2. Милованов, В.И. Компьютерная технология информационного конвейера проектирования [Текст] / В.И. Милованов, Ю.А. Кривогузов, О.Е. Кузнечиков, Е.Я. Кац, Л.А. Тепер, А.К. Порожняков // Газовая промышленность, 2012. – № 11/682. – С. 75-78.



## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КРИТИЧЕСКОГО РАДИУСА ИЗГИБА ОБРАЗЦОВ ИЗ ДВП

*Пылыпив И.З.*

ст. преп. кафедры дизайна, Институт деревообрабатывающих технологий  
и дизайна, Национальный лесотехнический университет Украины,  
Украина, г. Львов

Одним из направленных решения проблемы по замене цельной древесины и шпона при изготовлении криволинейных мебельных заготовок является использование древесноволокнистых плит (ДВП). Изготавливают такие элементы способом гнутья с одновременным склеиванием. Для решения проблемы минимизации отходов, в результате формирования криволинейных форм, предлагается теоретический подход для прогнозирования минимальных радиусов изгиба, который заключается в анализе результатов исследований на основе статистической обработки данных.

*Ключевые слова:* ДВП, гнутье, криволинейные элементы, минимальный радиус.

Поиск материалов подходящих для получения криволинейных элементов мебели, понимание основных требований к таким изделиям и выборе технологий [1,4,5], обуславливает новые эксперименты в этой области. Особенно, когда криволинейные элементы и изделия на их основе изготавливаются мелкими партиями или единичными экземплярами, является целесообразным использование древесноволокнистых плит (ДВП), что экономически обоснованно и не требует дополнительного высокотехнологичного оборудования.



Рис. 1. Применение криволинейных элементов из ДВП: а – мебель для гостиной; б – мягкая мебель; с – детская мебель; d – кухни; е –офисная мебель

В этом направлении автором разработан ряд мебельных изделий (см. рис. 1) где материалом изготовления криволинейных поверхностей выступает ДВП.

На данное время имеем ограниченное количество исследований относительно процесса изготовления гнутых мебельных элементов, сырьевым материалом которыми есть ДВП [3], в частности определение значений минимальных радиусов гнутья. В основном эти исследования касаются деревянных брусьев или шпона [4,5]. Во избежание брака и минимизации количества отходов при формировании криволинейных заготовок из ДВП, в предлагаемой статье, на основе полученных экспериментальных данных проведено прогнозирование [2] их критических радиусов изгиба.

В ходе эксперимента, который состоял в определении минимально-допустимого (критического) радиуса изгиба ДВП получен ряд числовых данных (табл. 1).

Таблица 1

**Числовые значения радиуса изгиба ДВП толщиной 3.2 мм**

Радиус изгиба (мм.)														
82	76	79	85	77	92	88	87	78	93	80	75	83	77	89
79	93	86	76	91	85	81	94	75	90	87	77	80	78	84

На основе значений таблицы 1 сгруппируем эмпирические дани в  $s = 4$  группы (табл. 2):

Таблица 2

**Сгруппированные эмпирические данные**

Радиус изгиба	[75-80)	[80-85)	[85-90)	[90-95)
Количество образцов	12	5	7	6

При заданном объеме выборки (количества образцов)  $n = 30$  получим закон распределения выборки дисперсной случайной величины  $x$ -радиуса изгиба в табличной форме (табл. 3).

Таблица 3

**Интервал значений**

Варианта $x_i$	77.5	82.5	87.5	92.5
Частота $n_i$	12	5	7	6

Где  $x_i$  определяют средние значения образованных интервалов. При этом полигон частот имеет вид (Рис. 2).

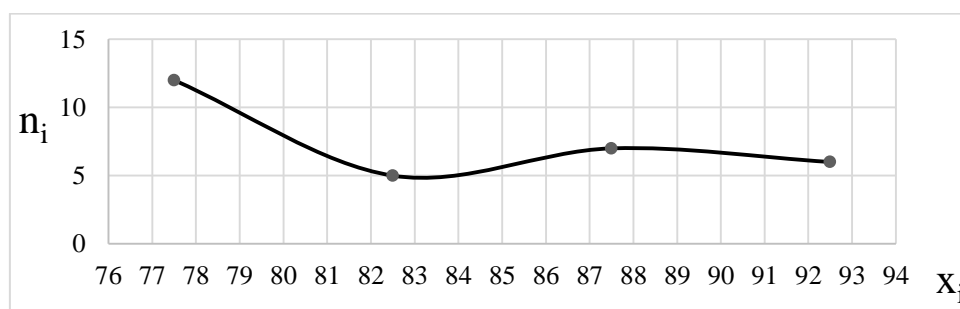


Рис. 2. Полигон частот

Основные числовые характеристики являются такими: среднее квадратичное выборочное отклонение

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^4 x_i^2 n_i - \frac{1}{n^2} \left( \sum_{i=1}^4 x_i n_i \right)^2} =$$

$$= \sqrt{\frac{1}{30} (77.5^2 \cdot 12 + 82.5^2 \cdot 5 + 87.5 \cdot 7 + 52.5^2 \cdot 6) - \frac{1}{30^2} (77.5 \cdot 12 + 82.5 \cdot 5 + 87.5 \cdot 7 + 52.5 \cdot 6)^2} \approx 5.9 \quad (1)$$

Учитывая, что выборочное среднее равняется  $\bar{x}_B = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{2497}{30} \approx 83.2$  при заведомо заданной надежности  $\gamma = 0.95$  можно построить доверительный интервал для неизвестного математического ожидания

$$aE\left(\bar{x}_B - \frac{t\sigma_B}{\sqrt{n}}; \bar{x}_B + \frac{t\sigma_B}{\sqrt{n}}\right), \quad (2)$$

где точность оценки  $t$  исчисляется из формулы

$$2\Phi(t) = \gamma = 0.95 \quad (3)$$

$\Phi(t)$  является функцией Лапласа [2] и имеет вид  $\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ . Из значений табуляции функции  $\Phi(t)$  получаем  $t = 1.96$ , а следовательно математическое ожидание неизвестного радиуса изгиба можно взять из надежного (доверительного) интервала  $83.2 - \frac{1.96 \cdot 5.9}{5.5} < a < 83.2 + \frac{1.96 \cdot 5.9}{5.5}$ , в результате вычисления получим  $aE(81.1; 85.3)$

Таким образом, из 95% надежностью можем ожидать, что при радиусе изгиба  $R = 81.1$  мм. образец не сломается. В результате вычисления при применении других условий, таких как толщина плиты и время выдержки после нанесения клея, получаем ожидаемый диапазон минимальных радиусов изгиба.

Таблица 4

**Минимальный радиус изгиба образца с вероятностью 95%**

Время выдержки после нанесения клея (мин.)	Толщина плиты (мм.)									
	2,5					3,2				
	мин.	<	сп.	<	макс.	мин.	<	сп.	<	макс.
2	71	<	73	<	74	91	<	93	<	94
4	65	<	67	<	69	86	<	87	<	89
6	60	<	62	<	64	81	<	83	<	85
8	62	<	64	<	66	83	<	84	<	86
10	65	<	67	<	68	85	<	87	<	88

## 1. Использование нормального распределения для прогнозирования критического радиуса изгиба образца.

Из рисунка 3 видно, что полигон частот качественно напоминает правую часть симметричной кривой Гауса, которая описывает нормальное распределение.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (4)$$

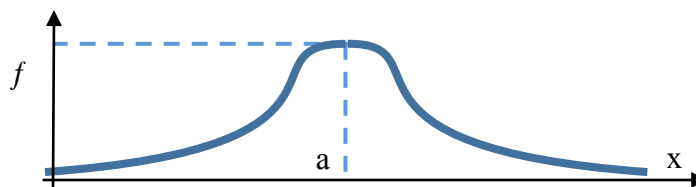


Рис. 3. Полигон частот

где входные параметры (в системе единиц SI) согласно п. 2  $E R=0.83$ ;  $\sigma \approx 0.06$

Учитывая, что вероятность попадания в интервал  $(X \text{ и } X)$  для нормального распределения (4) определяется так

$$P(d < x < \beta) = \left( \frac{\beta - a}{\sigma} \right) - \Phi \left( \frac{d - a}{\sigma} \right) \quad (5)$$

ожидаемый радиус  $R_*$ , при котором образец сломается, может быть определен из соотношения

$$X \left( \frac{R_* - a}{\sigma} \right) = P = X \left( \frac{R_* - 0.8}{0.06} \right) \quad (6)$$

То есть  $R_* = 0.06T + 0.83$ , де  $T$  определяют из таблицы значений функции  $\Phi(t)$  при заведомо заданном значении вероятности. Подсчитанные для трех случаев вероятности ломания образца  $P_i$  числовые значения приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Критический радиус изгиба за нормальным распределением**

№	$P_i$	$T_i = \frac{R_* - 0.83}{0.06}$	$R_*$
1	0,95	1,96	83,34
2	0,9	1,64	83,32
3	0,8	1,28	83,30

Итак, на основе заданных эмпирических данных (Табл.1) при использовании нормального распределения и радиусе изгиба образца  $R_* \leq 83$  мм его ломание можно считать достоверным событием. Кроме этого, мы видим, что уменьшение процента вероятности с 95 до 80 несущественно влияет на изменение прогнозируемого радиуса изгиба.

## 2. Использование показательного распределения для прогнозирования критического радиуса изгиба образца.

Рисунок 1 можно аппроксимировать кривой показательного распределения

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \quad (7)$$

Учитывая, что вероятность достижения критического радиуса изгиба исчисляется с помощью интегральной функции распределения

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx = \int_{-\infty}^x \lambda e^{-\lambda x} dx = 1 - e^{-\lambda x}, \quad (8)$$

тогда ожидаемый радиус  $x = R_*$  при котором образец сломается, может быть установленный из соотношения

$$R = F(x) = 1 - e^{-\lambda}, \text{ то есть } R_* = x = \frac{\ln(1-p)}{-\lambda} \quad (9)$$

Подсчитанные для трех случаев вероятностей ломания  $P_i$  числовые значения радиусов приведены в таблице 6.

Таблица 6

**Критический радиус изгиба за показательным распределением**

№	$P_i$	$R_* = \frac{\ln(1-p)}{-\lambda}$
1	0.95	167.3
2	0.9	128.6
3	0.8	89.8

В результате числовые значения прогнозируемых критических радиусов изгиба для нормального (Табл.5) и показательного (Табл.6) процессов распределения отличается существенно. Кроме того, при использовании показательного распределения, значение радиусов выходят за пределы эмпирических данных полученных в результате эксперимента, который указывает на невозможность его применения в данном случае.

#### Список литературы

1. Волынский В.Н. Технология клееных материалов: учебное пособие для вузов. (2-е изд.) / В.Н. Волынский. – Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2003. – 280 с.
2. Жлуктенко, В.І. Теорія ймовірностей з елементами математичної статистики / В.І. Жлуктенко, С.І. Наконечний. – К.: НМК НО, 1991. – 425 с.
3. Костриков, П. В. Производство гнутоклеёных деталей / П. В. Костриков. – М.: 2006. – 64 с.
4. Леонтьев, И. И. Производство гнутой мебели / И. И. Леонтьев, Л. Г. Абухов. – М.: Гослесбумиздат, 1954. – 120 с.
5. Хухрянский, П.Н. Прессование и гнутьё древесины / П.Н. Хухрянский. – Л.: Гослесбумиздат, 1956. – 244 с.

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ

***Решняк В.И.***

зав. каф. химии и экологии, д-р техн. наук, профессор, Государственный университет морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова, Россия, г. Санкт-Петербург

***Морозова Е.М.***

доцент каф. химии и экологии, Государственный университет морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова, Россия, г. Санкт-Петербург

В статье рассмотрены возможные направления утилизации отходов как процесса повторного использования вещества отходов, направленного на экономию природных ресурсов и охрану окружающей среды от загрязнения. Предложено в качестве одного из направлений регулировать потребление природных ресурсов путем формирования потребностей человека. Предложено также учитывать как необходимую часть процесса существования изделий их утилизацию, которая должна быть организована на специальных предприятиях или на специальных подразделениях предприятий-изготовителей.

*Ключевые слова:* утилизация, направления утилизации, повторное использование природных ресурсов.

Введение. Наверное, уже нет необходимости начинать статью или книгу об отходах с актуальности этой проблемы. Всем хорошо известно, что такая проблема существует и временами приобретает весьма острый характер [1]. Всем известно, что люди уже сделали некоторые первые шаги в решении этой проблемы. Одним из доказательств тому является ряд законодательных актов в европейских странах и в России [2-6]. Однако, в то же время всем известно, что пока проблема остается еще не решенной. Уже хотя бы поэтому у авторов этой статьи нельзя отобрать возможность сказать несколько своих слов в данной области.

Огромное количество отходов окружает нас. Это все то, что было нами использовано и в какой-то момент времени перестало нам быть необходимо. Кроме того, отходы появляются в процессе переработки материалов и изготовления изделий. Мы уже сообразили, что вещество отходов может быть полезно использовано. Хотя решение проблемы отходов начиналось (а иногда и сейчас еще можно встретить) с их уничтожения. Конечно, некоторые отходы, например, изделия из металла, мы относительно давно используем для процессов продукции новых изделий. Некоторое вещество отходов мы используем для повторного его использования, некоторое – сжигаем как топливо. Эти два способа использования вещества отходов определили два основных современных направления утилизации отходов. Однако, представляется, что не все наши возможности использованы.

В целом в нашем разговоре речь идет о процессе движения вещества. Авторы произнесли эту банальность для того, чтобы затем обратить внимание, что вообще вещество в природе движется (не только в буквальном смысле), но в природных, естественных процессах это движение носит характер круговорота вещества (в данном случае имеется в виду малый круговорот), многократно повторяющегося процесса. Всем известно, что в круговороте веществ в природе заключен глубочайший смысл, а, следовательно, такую стратегию использования вещества можно взять за образец. Но человек пока поступает иначе. Взяв вещество из природной среды, преобразовав его, использует для изготовления конечного продукта – материалов или изделий. После использования этих материалов и изделий выбрасывает в окружающую среду в виде отходов. В этом месте процесс движения вещества обрывается. Представляется, что это процесс можно превратить в круговорот, что позволит решить проблему отходов, а также позволит бережнее использовать природные ресурсы. Организация такого круговорота может быть осуществлена по разным направлениям, каждое из которых определит свое направление утилизации отходов.

Основная часть. Первое направление утилизации, которое уже в определенной степени существует и применяется, предполагает возможность повторного (многократного) использования вещества отходов в процессе производства новых изделий. В свою очередь это направление утилизации может быть осуществлено несколькими способами. Во-первых, вещество отходов в виде утилизируемого изделия (без его переработки) может быть снова использовано в процессе многократного использования самих изделий. Во-вторых, вещество отходов после его переработки может быть использовано для изготовления тех же изделий, которые были подвержены утилизации. В-третьих, вещество отходов после переработки может быть использовано для изготовления других изделий. И еще одна возможность повторного использования вещества отходов – это повторное использование отдельных деталей или узлов утилизируемых изделий в составе новых изделий.

Первый из упомянутых способов утилизации охватывает несущественную часть отходов, например, стеклотара, которая используется для пищевых продуктов. Второй и третий способы утилизации являются самыми распространенными и могут быть использованы для утилизации большей части отходов. Второй способ предпочтительнее в силу следующих причин. В процессе переработки вещество отходов используется как сырье для получения материалов, из которых могут быть изготовлены какие-либо новые изделия. Эти материалы в данных изделиях должны обладать определенными свойствами. Если назначение материалов в результате переработки вещества и последующего его использования не меняется, то практически не возникает проблемы свойств этих материалов, так как одни и те же материалы будут использованы в новых изделиях. Особенно актуальной эта сторона организа-

ции утилизации и повторного использования утилизируемого вещества отходов будет при утилизации изделий, изготовленных из пластиков, например, бутылок для напитков. Реализация этого пути утилизации сталкивается с одной сложностью – организацией процесса сбора и сортировки изделий, которые можно и необходимо утилизировать. Например, часто при использовании для изготовления каких-либо изделий одного вида пластика, допустим, полиэтилена, свойства материала изделий могут все же отличаться за счет добавок в полиэтилен.

Повторное использование вещества отходов в виде повторного использования отдельных узлов или деталей утилизируемых изделий в процессе изготовления новых машин или механизмов, использующих этих узлы, представляет собой достаточно локальную ситуацию, то есть не очень распространенную. Однако, полностью исключать такую возможность нельзя.

Вторым направлением утилизации может быть возврат в окружающую среду вещества отходов, которое представляет собой природное вещество, например, древесина, или вещество, свойства которого очень близки к природной субстанции, например, бумага низкого качества, то есть содержащая наименьшее количество добавок. Такие вещества могут быть «поглощены» природой и включены в естественные круговороты вещества. Такое направление утилизации может потребовать предварительной подготовки утилизируемого вещества и определенной организации распространения утилизируемого вещества в природной среде.

И еще об одном направлении необходимо сказать. Еще достаточно часто говорят об энергетическом назначении утилизации, то есть, когда вещество утилизируемых изделий предлагается сжигать с целью получения энергии. Хотелось бы сразу сказать следующее.

Во-первых, к таким предложениям нужно относиться с большой осторожностью. Тому есть как минимум две причины – как правило, вещество утилизируемых изделий горит плохо, требует использования топлива и такое сжигание сопровождается существенным загрязнением атмосферы. Исключений не много. Таким исключением, например, может быть использование изделий из древесины для изготовления топливных брикетов для твердотопливных котлов.

Во-вторых, сжигание можно использовать в очень ограниченном объеме, например, используя как процесс обеззараживания уничтожением опасных веществ.

В-третьих, процесс сжигания это не лучшее, что придумали люди (при всем понимании авторами значения этого процесса в жизни людей). Во всяком случае, сжигание отходов является не правильным предложением в области решения проблемы отходов. По этой причине автор несколько раз подчеркивал значение процесса утилизации, прежде всего, как процесса повторного использования вещества.



Следующим направлением утилизации (пока будем называть это направление утилизацией) является обеззараживание отходов. В качестве основных способов здесь могут быть использованы сжигание, специальные способы обеззараживания и захоронение. Такой переработке подвергается незначительная по объему часть отходов, но это не дает повода не обращать внимания на эту проблему, временами достаточно сложную.

И последнее. Все, что мы используем в своей жизни, мы используем для удовлетворения своих нужд. Отсюда возникает простое предложение – регулировать процесс, в конечном счете, потребления природных ресурсов, регулируя наши потребности. Учитывая устройство современного мира, вероятно, это направление экономии природных ресурсов является наиболее трудным для человечества, однако, это в этом направлении скрыты большие возможности решения проблемы потребления природных ресурсов. Затронутый аспект исследуемой проблемы является достаточно сложным и требует отдельного разговора. В настоящей работе авторы хотели только обозначить наши возможности в решении проблемы рационального использования природных ресурсов.

Выводы. Подводя некоторый итог настоящей работы можно сказать о следующем. Предложены различные направления утилизации. Наверное, найдется немало возражений против некоторых предложений авторов статьи о возможных способах утилизации. Однако, как мы сами часто говорим – все относительно. Сегодня и в каком-то месте какие-то предложения могут показаться не рациональными, или не реализуемыми, или не рентабельными, но меняется ситуация и меняется наше отношение к тому или иному способу утилизации. Настоящая статья дает нам возможность выбора, а, по мнению авторов, чем больше у нас выбор, тем больше возможностей эффективного решения рассматриваемой проблемы.

Процесс утилизации требует каких-то действий, например, сбор и доставка отходов на переработку, демонтаж изделий, переработка вещества утилизируемых изделий. Объем и сложность этих действий, в конечном счете, определяет эффективность утилизации как процесса (еще раз повторим) повторного использования вещества. Объем и сложность процесса утилизации характеризуется двумя аспектами: материалами, используемыми в процессе производства изделий, и способом соединения отдельных элементов изделия в одно целое.

Пока мы шли по относительно простому пути – мы путем различных преобразований получали материалы с заданными (желаемыми) свойствами, не заботясь о том, как это скажется на возможности утилизировать такие вещества. Сейчас мы подходим к тому моменту, когда возможность повторного использования вещества утилизируемых изделий будет становиться все более актуальной и решение проблем утилизации повлияет на стратегию получения материалов для продукции изделий. Новая стратегия будет предусмат-

ривать не только получение материалов с нужными свойствами, но и возможность эффективного их повторного использования. Кстати сказать, проблемы утилизации (начиная от сбора и сортировки отходов) и повторного использования отходов могли бы решаться значительно проще, если бы перечень различных материалов, используемых в процессах производства различных изделий, был меньше. Много критики может вызвать такое предложение. Однако, все определяется «балансом актуальностей».

Кроме того, сложность процессов утилизации, например, на этапе демонтажа изделий, зависит от способов соединения отдельных элементов изделия в одно целое. Это обстоятельство напрямую влияет на трудоемкость такой операции, как демонтаж утилизируемых изделий.

Вопросы организации демонтажа изделий должны решаться на этапе идеи и проектирования изделий. Процесс проектирования должен отражать не только процесс изготовления изделий, но и процесс их утилизации. Жизнь изделия начинается не тогда, когда изделие выпускается предприятием-изготовителем, а раньше – когда появляется идея изделия и его проект. В свою очередь, жизнь изделия не заканчивается с переходом в состояние отхода, а продолжается в других изделиях.

Учитывая, что процесс утилизации отходов может представлять собой достаточно сложный процесс, организация процесса утилизации должна предусматривать наличие специальных предприятий или специальных отделов предприятий-изготовителей.

В отношении некоторых отходов проблема их утилизации представляется проблемой логистического характера, то есть проблемой организации сбора и доставки отходов на предприятие, перерабатывающее, утилизирующее такие отходы. Это относится, прежде всего, к таким отходам, как бытовые. Основные трудности в решении проблемы бытовых отходов практически только в их сборе, сортировке и доставке к месту переработки, потому что вся субстанция бытовых отходов может быть после переработки утилизирована.

#### **Список литературы**

1. Сильги К. История мусора. ISBN:978-5-7516-0980-1, М.: Текст, 2011.
2. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 29.12.2015) "Об охране окружающей среды".
3. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 29.12.2015) "Об отходах производства и потребления".
4. ГОСТ 30772-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения.
5. Директива Европейского парламента от 15 марта 2006 г. Об управлении отходами.
6. USTAWA z dnia 20 stycznia 2005 r. o recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji.

## ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ИХ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОМ ПОСТРОЕНИИ

**Саушев А.В.**

заведующий кафедрой ЭП и ЭОБУ, канд. технич. наук, доцент,  
Государственный ун-т морского и речного флота имени адм. С.О. Макарова,  
Россия, г. Санкт-Петербург

**Белоусова Н.В.**

доцент кафедры ЭП и ЭОБУ, канд. технич. наук, Государственный ун-т  
морского и речного флота имени адм. С.О. Макарова,  
Россия, г. Санкт-Петербург

**Бова Е.В.**

доцент кафедры ЭП и ЭОБУ, Государственный ун-т морского и речного  
флота имени адм. С.О. Макарова, Россия, г. Санкт-Петербург

**Широков Н.В.**

доцент кафедры СЭУ ТС и Т, канд. технич. наук, Государственный ун-т  
морского и речного флота имени адм. С.О. Макарова,  
Россия, г. Санкт-Петербург

В статье рассматривается метод оценки состояния и восстановления работоспособности электротехнических систем с блочно-модульной структурой в процессе их эксплуатации. Метод основан на использовании информации о границе области работоспособности в форме ее аналитического описания на базе логических  $R$ -функций.

*Ключевые слова:* работоспособное состояние, электротехническая система, область работоспособности, запас работоспособности.

В процессе эксплуатации электротехнических систем (ЭТС) параметры их комплектующих элементов непрерывно изменяются. Такие параметры принято называть первичными параметрами и обозначать буквой  $X$ . Этот процесс является следствием воздействия внешних возмущающих воздействий на систему, прежде всего воздействий окружающей среды, и естественным старением и износом самих элементов [1, с. 152]. Таким образом, при эксплуатации ЭТС, отображающая точка в пространстве первичных параметров, определяющая техническое состояние системы в произвольный момент времени, непрерывно дрейфует в некоторой допустимой области  $G$ , которую называют областью работоспособности системы. Эта область определяется условиями работоспособности ЭТС и допустимыми пределами изменения первичных параметров. При этом под условиями работоспособности понимаются заданные соотношения для выходных параметров системы, выраженные в форме неравенств [2, с. 30]. При выходе отображающей точки за границу области работоспособности наступает отказ (система теряет работоспособное состояние), для идентификации которого требуются специально разработанные методы и технические средства.

Важнейшими задачами диагностирования ЭТС являются задачи определения и восстановления работоспособности системы. При блочно-модульной структуре ЭТС актуальной является также задача скорейшего восстановления работоспособности системы путем замены одного или нескольких ее элементов (блоков) на заведомо исправные, находящиеся в запасе, блоки. Такая задача весьма актуальна, например, для судовых ЭТС в период нахождения судна в плавании.

Рассмотрим один из возможных способов решения этой задачи, основанный на использовании информации о границе области работоспособности [3, с. 71]. При этом будем предполагать, что для рассматриваемой ЭТС известными методами [2, с. 52] получено аналитическое описание  $G(\mathbf{X})$  области  $G$ , которое в общем случае имеет вид

$$G(\mathbf{X}) = (((\dots(((\varphi_1 \wedge_{\alpha_1}^k \varphi_2) \wedge_{\alpha_2}^k \varphi_3) \wedge_{\alpha_3}^k \dots) \wedge_{\alpha_{(g-1)}}^k \varphi_d) \wedge_{\alpha_{(g)}}^k \varphi_g \geq 0, \quad (1)$$

где  $\wedge_{\alpha_g}^k$  –  $R$ -конъюнкция  $R$ -функций  $\varphi_g$ , обеспечивающая возможность взятия  $k$  производных и определяемая из условий работоспособности и уравнений, связывающих между собой выходные и первичные параметры ЭТС [2, с. 52];  $\alpha_g$ ,  $g = \overline{1, d}$  – величины, принадлежащие интервалу  $\alpha_g \in [-1; 1]$ .

В этом случае задача распознавания состояния ЭТС решается крайне просто. Если после подстановки измеренных в момент времени  $t$  значений параметров  $\mathbf{X}_t$  в формулу (1) результат окажется положительным

$$G(\mathbf{X}) > 0, \quad (2)$$

следовательно, система работоспособна, в противном случае – неработоспособна.

Каждый блок ЭТС характеризуется своим набором первичных параметров. Для каждого блока известными методами [2, 52] определяется сечение области работоспособности. Если для какого-либо блока или блоков окажется, что сечение является пустым множеством, то такие блоки исключаются из рассмотрения. Они не подлежат замене. Для каждого из оставшихся блоков последовательно в формуле (1) устанавливаются их номинальные значения параметров, проверяется справедливость выполнения неравенства (2) и известными методами вычисляется запас работоспособности ЭТС, под которым понимается степень приближения вектора фактического состояния системы к его предельно допустимому значению, определяемому границей области  $G$ . В результате определяется блок, замена которого обеспечивает не только работоспособное состояние ЭТС, но и гарантирует наибольший в имеющихся условиях запас работоспособности системы.

Рассмотренный подход был апробирован на тестовых примерах и реальных ЭТС, включая системы управления судовыми установками.

#### Список литературы

1. Саушев А. В. Методы управления состоянием электротехнических систем объектов водного транспорта. СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2014. – 215 с.
2. Саушев А. В. Области работоспособности электротехнических систем. – СПб.: Политехника, 2013. – 412 с.

3. Саушев А.В., Белоусова Н.В., Бова Е.В. Метод контроля состояния технических систем по областям работоспособности // Материалы за 10-а международна научна практическа конференция, «Бъдещите изследвания», – 2014. Том 48. Технологии. Физика. София. «Бял ГРАД-БГ» ООД – 2014. – С. 70-73.

## **АДАПТАЦИЯ САПР ТП «ТЕХНОПРО» ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ОБУВИ**

**Суровцева О.А.**

старший преподаватель кафедры управление качеством, канд. техн. наук,  
Донской государственный технический университет,  
Россия, г. Ростов-на-Дону

В статье изложены научно обоснованные технологические разработки в области автоматизации технологической подготовки производства обуви. Их внедрение обеспечит технологов доступным инструментом для проектирования технологических процессов сборки обуви, что будет способствовать повышению эффективности производства.

*Ключевые слова:* автоматизация, информационное обеспечение, технологический процесс, адаптация.

Обувная промышленность – это очень зрелый и развитый сектор промышленности. В настоящее время обувная промышленность в России возрождается. Одним из основных направлений повышения качества продукции, является автоматизированная система управления производственными процессами и полная автоматизация проектирования технологии.

Целью исследования является использование потенциала наукоёмких и универсальных машиностроительных САПР ТП путём их адаптации для решения сложных специализированных задач обувного технологического проектирования, что позволит обеспечить предприятиям отрасли переход на качественно новый уровень решения конструкторско-технологических задач [1, С. 135-138].

Анализ использования действующих на предприятиях в технологической подготовке производства (ТПП) пакетов прикладных программ показал, что они имеют определенную направленность на решение конкретных технологических задач, и при этом, не всегда они методологически взаимосвязаны, для их реализации требуются специфические входные потоки, которые, как правило, не имеют взаимосвязи с ранее созданными информационными базами. Наиболее универсальным программным продуктом, который может стать основой создания комплекса интегрированного проектирования, и инструментарием, позволяющим автоматизировать процесс технологического проектирования, является, на наш взгляд, САПР ТП «ТехноПро» – разработка корпорации «Вектор-Альянс» для машиностроительной промышленности [2, с. 8].

Программной средой для реализации «ТехноПро» выбрана наиболее популярная система управления базами данных (СУБД) Microsoft Access, которая имеется на каждом предприятии России, так как она входит в комплект Microsoft Office.

В соответствии с поставленной целью определены следующие основные задачи исследования: 1) системно-структурный анализ технологического процесса сборки обуви; 2) определение предикатов, влияющих на структуру технологического процесса; 3) разработка структурно-логической модели сборки обуви; 4) формирование универсальной базы данных «ОбувьПро» в рамках САПР ТП «ТехноПро» для автоматизированного проектирования технологического процесса сборки обуви.

Для обеспечения оперативной и информационной поддержки ТПП на обувных предприятиях разработана база данных (БД) «ОбувьПро» и адаптирована для работы в составе системы «ТехноПро» для автоматизированного проектирования технологического процесса.

Структура БД «ОбувьПро» включает: базу «Конкретные технологические процессы» (КТП), в которой проектируются технологические процессы (ТП) сборки обуви различных методов крепления с дальнейшей выдачей их на печать;

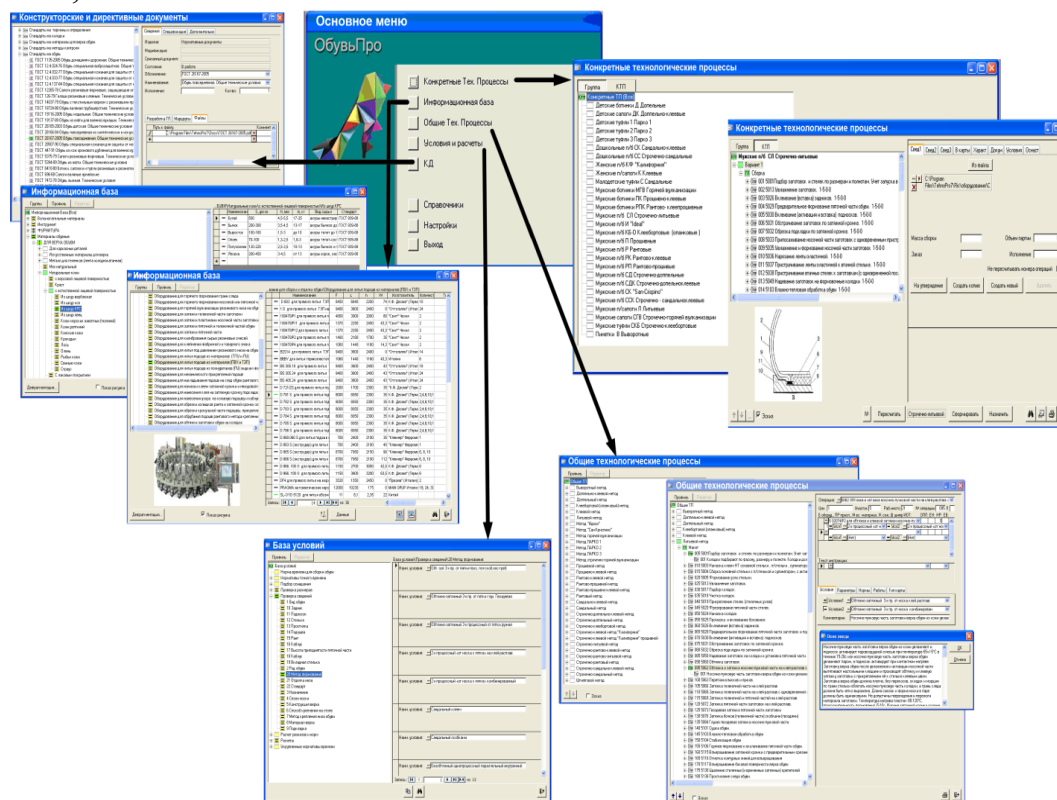


Рис. Схема взаимодействия информации в системе «ОбувьПро»

Информационную базу (ИБ) с перечнями технологического оснащения, включая оборудование, приспособления, инструменты, а также тексты переходов, инструкции, наименования операций, нормы времени, нормы расхода материалов и т.д. Проектирование каждого ТП основано на выборе строк данных из ИБ. Структура и содержание ИБ полностью доступны для изменения пользователями; базу «Общие технологические процессы» (ОТП) с наборами операций, переходов, оснащения, применяемых, как при автоматическом, так и при диалоговом проектировании ТП; базу «Условия и расчеты», в которую вносятся условия выбора операций, оснащения для автоматизированного проектирования ТП, а также необходимые расчеты параметров ТП;

базу «Конструкторская директивная и нормативная документация» (КД); базу «Справочники», которая открывает доступ к базе материалов, справочникам кодирования элементов конструкции изделия и их параметров. В БД можно применять диалоговый, полуавтоматический или автоматический режим проектирования, а также их сочетание (см. рисунок).

#### **Список литературы**

1. Суровцева О.А. Совершенствование автоматизированной системы технологической подготовки обувного производства / О.А. Суровцева, Т.В. Тернавская, // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. Новочеркасск – 2014. №1. – С. 135-138.

2. Суровцева О.А. Решение задач адаптации универсальных машиностроительных САПР ТП для технологического проектирования сборки обуви // Электронный научно-инновационный журнал «Инженерный вестник Дона». Ростов. 2013. № 4. – С. 8.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СТАДИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВТОРИЧНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

***Тур А.В.***

студентка II курса факультета биотехнологии и промышленной экологии,  
Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,  
Россия, г. Москва

***Баурин Д.В.***

м.н.с. кафедры биотехнологии, к.т.н., Российский химико-технологический  
университет имени Д.И. Менделеева, Россия, г. Москва

***Шакир И.В.***

доцент кафедры биотехнологии, к.т.н., доцент,  
Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева  
Россия, г. Москва

***Панфилов В.И.***

профессор кафедры биотехнологии, д.т.н., доцент,  
Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева  
Россия, г. Москва

В статье химический гидролиз растительного сырья рассматривается как стадия обработки, предшествующая ферментативной. Приведены данные о содержании общих углеводов и редуцирующих веществ в гидролизатах депротеинизированного шрота подсолнечника.

*Ключевые слова:* шрот подсолнечника, вторичное растительное сырье, кислотный гидролиз полисахаридов.

Комплексная переработка возобновляемого сырья позволяет наиболее полно реализовать его потенциал и получать широкий спектр продуктов [2].

Наряду с извлечением липидов и выделением изолятов и концентратов растительного белка, обедненное по этим компонентам растительное сырье может использоваться как компонент кормовых продуктов [4]. Наиболее перспективным методом конверсии является обогащение микробным белком [3, 5].

В процессе комплексной переработки семян подсолнечника на стадии выделения изолятов и концентратов белка образуется значительное количество депротеинизированного шрота. Данный побочный продукт содержит от 25% сырой клетчатки и сырого протеина от 11 до 25 % [6, 7].

Исследования проведенные ранее в лаборатории биологической конверсии растительного сырья кафедры биотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева показали, что образующийся в процессе ферментативной обработки депротеинизированный шрот может быть подвергнут химическому гидролизу и биологической конверсии для получения кормовой биомассы [1].

В данной работе в качестве вторичного растительного сырья рассматривается депротеинизированный шрот подсолнечника, полученный в результате выделения белковой фракции водным раствором щелочи на промышленном предприятии. Такой шрот отличается более низким содержанием сырого протеина – 20-24 % и более высоким содержанием сырой клетчатки 36-40 %.

Кислотный гидролиз шрота проводили растворами серной кислоты при pH от 1,0 до 2,5; давлении от 1,0 до 2,0 ати; массовая доля шрота 10%. Время гидролиза от 1 до 2 часов. В качестве ключевых показателей рассматривали содержание общих углеводов и редуцирующих веществ. Наилучшие результаты получены при обработке шрота в следующих условиях: pH 1,0, давление 2 ати в течение двух часов.

Содержание редуцирующих веществ составило 21,9 г/л, общих углеводов 29,1 г/л, что позволяет предложить получаемые гидролизаты для производства микробной биомассы. По мнению авторов обработка полученных гидролизатов целлюлолитическими ферментными препаратами позволит увеличить доступность углеводов в гидролизатах.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части государственного задания по проекту № 1294.*

#### Список литературы

1. Baurin D.V. et al. Integrated processing of sunflower meal // 14th SGEM GeoConference on Nano, Bio And Green–Technologies For A Sustainable Future. June 19-25, 2014, Vol. 1 (1). P. 419–426.
2. Baurin D.V., Gordienko M.G., Shakir I.V., Panfilov V.I. Sunflower meal processing for protein isolates and fodder additive // Chemical Engineering and Biochemical Engineering for a new sustainable process industry in Europe. 2015. P. 912.
3. Lomascolo A. et al. Rapeseed and sunflower meal: a review on biotechnology status and challenges. // Applied Microbiology and Biotechnology. 2012. № 5 (95). P. 1105–1114.
4. Senkoylu N., Dale N. Sunflower meal in poultry diets: a review // Worlds Poultry Science Journal. 1999. № 2 (55). P. 153–174.



5. Карпова Г.В. Влияние биоконверсии целлюлозосодержащих кормов на состояние естественной резистентности, Т-и В-систем иммунитета телят // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2007. – № 4 . – С. 130–132.

6. Максимкин А.А., Калошина Е.Н. Получение высокобелковых кормопродуктов из вторичного сырья пищевых производств путем биоконверсии // Научно-информационный материал (Материалы секции “Высокоэффективные пищевые технологии, методы и средства их реализации. Эффективное использование ресурсов отрасли.” – 2010. – С. 71-77.

7. Сушкова В.И., Воробьева Г.И. Безотходная конверсия растительного сырья в биологически активные вещества. М.: ДеЛи принт, 2006. – 291 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СИНТЕТИЧЕСКОГО НЕОРГАНИЧЕСКОГО ПИГМЕНТА НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА**

***Усманова Э.Д.***

доцент кафедры химических технологий лаков и красок, канд. техн. наук,  
Казанский национально исследовательский технологический университет,  
Россия, г. Казань

***Зиятдинова М.Р.***

Казанский национально исследовательский технологический университет,  
Россия, г. Казань

Защитное действие грунтовок ингибирующего типа многообразно, однако практически во всех случаях определяется природой противокоррозионных пигментов, входящих в их состав. В данной статье рассматривается возможность применения пигмента, переработки на основе утилизации отходов металлургического производства, в качестве противокоррозионного в стирол акрилатной системе и исследования его свойств.

*Ключевые слова:* ферритный пигмент, противокоррозионные свойства пигмента, стирол акрилатная пленкообразующая система.

Разработка новых компонентов для лакокрасочных материалов (ЛКМ) защитного назначения является одной из ведущих задач в лакокрасочной отрасли [1-5]. К наиболее экономичным и одновременно эффективным методам предотвращения коррозионного поражения металлов относится использование грунтовок, в частности, ингибирующего типа [6]. Наиболее эффективны в этом направлении хромсодержащие пигменты, но их токсичность направляет технологов на поиск альтернативных вариантов [7].

Заменой хроматов в составе защитных покрытий во многих случаях могут служить ферриты, относящиеся к экологически полноценным противокоррозионным пигментам [8, 9].

В качестве объекта исследования использовали стирол акрилатную пленкообразующую систему SAS-150 производства ООО НПФ «Спектр».

Цель работы заключалась в исследовании возможности применения ферритного пигмента (ФП) ингибирующего типа на основе утилизации отхо-

дов металлургического производства в акрилат-сополимерном пленкообразователе SAS-150.

В данной работе в качестве ФП использовался «Акофер-Б» – синтетический неорганический ферритный пигмент коричневого цвета, представляющий собой продукт прокаливания смеси отхода литейного цеха с оксидами металлов основной природы.

В качестве диспергатора использована олеиновая кислота, нахождение оптимальной концентрации которой описано в [10].

Первый этап работы заключался в исследовании кинетики дезагрегации частиц исследуемого ФП в лаке SAS-150, на рис. представлены соответствующие хронограммы диспергирования.

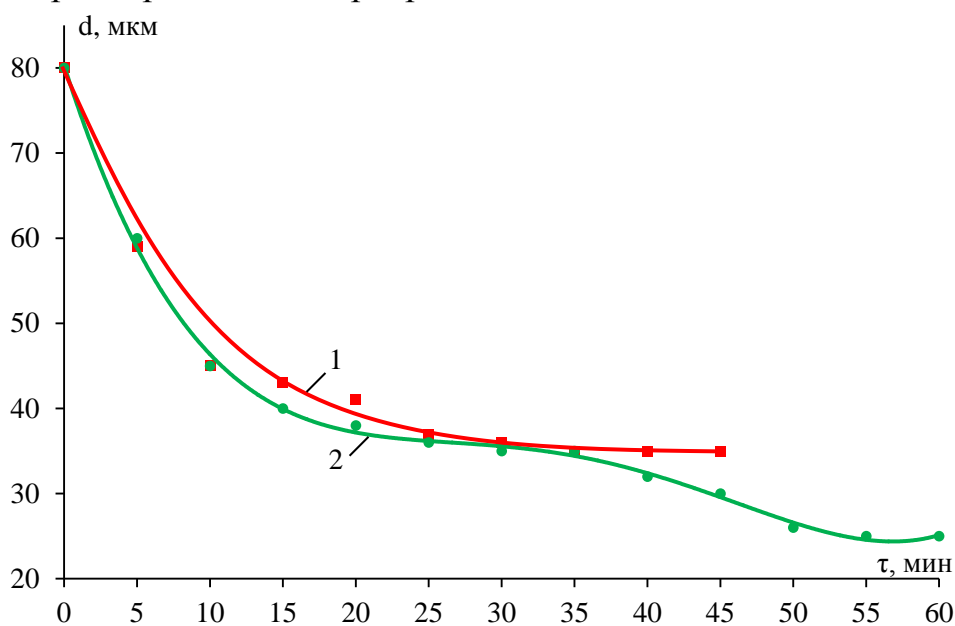


Рис. Хронограммы диспергирования ФП в лаке SAS-150

Как видно из рис. (кривая 2) применение диспергатора позволило повысить степень диспергирования и измельчить агрегаты до размеров 25 мкм.

Таким образом, ферритный пигмент «Акофер-Б» отвечает всем требованиям, предъявляемым в области противокоррозионной защиты металлов и может использоваться в качестве противокоррозионного пигмента при разработке защитных грунтовок.

#### Список литературы

1. Гатауллина Э.Д. автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Казанский государственный технологический университет. Казань, 2008.
2. Катнов В.Е., Хасанова Л.Н., Гришин П.В. В сборнике: Наука сегодня: теоретические и практические аспекты Международная научно-практическая конференция. Научный центр "Олимп". Москва, 2015. С. 261-265.
3. Гатауллина Э.Д. диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Казанский государственный технологический университет. Казань, 2008.
4. Степин С.Н., Николаева Т.В., Гришин П.В. Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 16. С. 219-220.

5. Зиганшина М.Р., Степин С.Н., Ахмадиева А.А., Афанасьев О.Л., Гатауллина Э.Д. Лакокрасочные материалы и их применение. 2007. № 9. С. 19-22.
6. Зиганшина М.Р., Степин С.Н., Гатауллина Э.Д. Вестник Казанского технологического университета. 2006. № 4. С. 144-151.
7. Усманов И.В., Вахин А.В., Светлаков А.П., Степин С.Н. Лакокрасочные материалы и их применение. 2008. № 10. С. 40-42.
8. Усманов И.В., Светлаков А.П., Степин С.Н. Утилизация промышленных отходов переработкой в антикоррозионный пигмент // Научно – практическая конференция «Комплексное использование ресурсов и отходов». 2008. С.28-30.
9. Катнов В.Е., Степин С.Н., Вахин А.В., Сафиуллин М.И. Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 7. С. 87-90.
10. Гришин П.В., Юсупов А.О., Баранский М.В., Карандашов С.А. Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 20. С. 65-66.

## **ПРОБЛЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

***Хамидов Д.А.***

адъюнкт кафедры автодорожной службы,  
Военная академия материально-технического обеспечения  
имени генерала армии А.В. Хрулева, Россия, г. Санкт-Петербург

Предложена методология совершенствования проведения реконструкции и ремонта автомобильных дорог в сложных природных условиях, основанная на введении оценочных критериев состояния земляного полотна, а именно: коэффициентов резерва несущей способности и стабильности сооружений.

*Ключевые слова:* автомобильные дороги, реконструкция, диагностика.

В последние годы в связи с постоянно увеличивающейся интенсивностью и скоростью движения транспорта на автомобильных дорогах, ускорениями темпов строительства и вместе с тем с ограничением финансирования новых объектов остро встает вопрос о совершенствовании проведения ремонтных работ на дорогах и их реконструкции.

Проблемами содержания, ремонта и реконструкции автомобильных дорог занимались многие ученые и специалисты-дорожники. Разработанные ими основы выполнения ремонта и реконструкции дорожных объектов продолжали совершенствовать М.Я.Телегин, В.Д.Казарновский и др. [4] В результате были разработаны технические документы, рекомендации, учебные пособия, действующие по настоящее время.

Многими учеными и специалистами на совещаниях и в печати неоднократно указывалось о необходимости совершенствования и повышения уровня нормативной базы и разработке новых документов в рассматриваемом направлении.

Анализ существующих документов, касающихся ремонта и реконструкции автомобильных дорог, подтверждает целесообразность воплощения перечисленных предложений. Ведь нормативная база для составления проек-

та различных видов ремонта и реконструкции автомобильных дорог до настоящего времени практически отсутствует. Разработаны лишь внутриведомственные рекомендации или документы для внутреннего пользования в проектных организациях. В связи с этим, для повышения качества проектирования, ремонта и реконструкции дорог на основе имеющихся работ в данном направлении (Союздорнии, Росавтодор, Гипродорнии, МАДИ, Росдорнии и др.), были проведены исследования по совершенствованию проектирования автомобильных дорог и диагностики в части назначения вида ремонтно-восстановительных работ и мероприятий по усилению земляного полотна [4,8].

В данной статье рассматривается существующий подход к определению состояния земляного полотна, в частности, при диагностике. На основе имеющегося опыта даются выводы по теоретическим и практическим вопросам. Предлагается новая методология определения состояния земляного полотна в процессе диагностики и инженерных изысканий.

Новизна заключается во введении оценочных критериев состояния земляного полотна, а именно: коэффициентов резерва несущей способности и стабильности сооружения. По предлагаемым зависимостям рассчитывается отношение фактического относительного показателя состава, состояния, деформативности, а также коэффициента устойчивости откосов и насыпи (на момент обследования) к соответствующему требуемому (в документах) для данной категории дороги и условий её эксплуатации. Можно сказать, что устанавливается внутренний резерв грунта к силовым, погодным и другим внешним воздействиям в каждом конкретном случае. На основании многолетних исследований и опыта участия в проектировании автомобильных дорог при использовании слабых грунтов различных разновидностей в основании и глинистых грунтов повышенной влажности в насыпи для тех или иных коэффициентов резерва рекомендуются наиболее рациональные виды работ и мероприятия (или их комплекс) для повышения несущей способности земляного полотна при его ремонте и реконструкции.

Использование предлагаемых коэффициентов резерва несущей способности земляного полотна в совокупности с рекомендациями по выбору мероприятий и восстановительных работ для усиления земляного полотна не только облегчит процесс проектирования, но и повысит качество ремонта и реконструкции дорог.

Диагностика и оценка состояния дороги выполняются с целью определения степени соответствия состояния дороги транспортно-эксплуатационным показателям, требуемым нормами, и рационального планирования видов и объемов работ по ремонту и (или) реконструкции.

За основу берутся такие документы как «Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог» ВСН 24-88; «Инструкция по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах» ВСН 4-81; СНиП 3.06.07-86 «Мосты и трубы». Правила обследований и испытаний»; «Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог», ОДН 218.0.006-2002 [3, 5, 6, 7, 8].

В соответствии с последним документом диагностика – это обследование, сбор и анализ информации о данных дороги, геометрических и технических параметрах дороги и дорожных сооружений, физических свойствах грунтов и условий их работы.

Оценка состояния дороги и дорожных сооружений включает следующие работы:

- текущие осмотры инженерно-техническими работниками низового звена (прорабами, мастерами и др.);
- периодические осмотры, осуществляемые руководителями первичного звена дорожно-эксплуатационной службы;
- сезонные осмотры, выполняемые комиссиями, назначаемыми руководством дорожных организаций;
- специальные или детальные обследования, проводимые специализированными организациями (дорожно-испытательными, мостоиспытательными станциями, проектными, научно-исследовательскими организациями и т.п.), а также комиссиями, назначаемыми дорожными министерствами или другими вышестоящими органами.

Осмотры выполняются, как правило, визуально, при необходимости используется простейший мерный инструмент и портативные приборы. Обследования ведутся с применением специального оборудования и передвижных лабораторий [1,2].

К основным геометрическим элементам дороги относят ширину проезжей части, краевых укрепленных полос и обочин; длину прямых и кривых, радиуса в плане и продольном профиле; параметры переходных кривых; поперечные уклоны; крутизну подъемов и спусков; расстояние геометрической видимости поверхности дороги; очертание откосов земляного полотна. Ширину проезжей части, краевых укрепленных полос и обочин измеряют на каждом характерном участке дороги (на кривых в плане и профиле, в местах сужений и изменений ширины, над трубами, на мостах, путепроводах, на высоких насыпях, в местах установки ограждений), но не реже, чем одно измерение на 1 км. Для определения уклонов обочин, углов заложения откосов земляного полотна, продольных и поперечных уклонов дорожных покрытий используют различные простые приборы, в том числе угломерные линейки. Для комплексного определения радиусов горизонтальных и вертикальных кривых, длин прямых и кривых, продольных и поперечных уклонов проезжей части применяют установки. С помощью установки измерение проводят челночным способом в прямом и (для контроля) обратном направлениях участками по 10...20 км со скоростью 20...30 км/ч. Измерение расстояния геометрической видимости поверхности дороги выполняют с помощью устанавливаемого в автомобиле дальномера дорожного.

К основным характеристикам движения относятся: интенсивность движения на характерных перегонах и динамика её изменения за последние 3...5 лет; состав транспортного потока и динамика его изменения с выделением доли различных видов транспорта; данные о дорожно-транспортных происшествиях за последние 3...5 лет. Эти данные собираются по результа-

там систематических наблюдений и сбора информации соответствующими подразделениями дорожной службы и организациями.

Результаты диагностики и оценки дороги являются предпроектным материалом для разработки в установленном порядке реконструкции и ремонта. В отдельных случаях, предусмотренных «Классификацией работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования», взамен проекта на основе этих результатов допускается разработка сметной документации.

По результатам диагностики и оценки состояния дороги предварительно назначается требуемый вид ремонта (или реконструкции), затем состав, объем работ, комплекс мероприятий в зависимости от степени несоответствия фактического состояния элемента дороги предъявляемым требованиям по каждому параметру и характеристике обследуемого участка (или участков). Современная методика комплексной оценки качества и состояния дорог основана на том, что в рыночных условиях конечной задачей функционирования дорог является обеспечение их высоких потребительских свойств.

За интегральный показатель, наиболее полно отражающий основные транспортно-эксплуатационные показатели, принята обеспеченная дорогой скорость движения автомобилей. За дополнительные показатели приняты показатели допустимой грузоподъемности, осевой нагрузки автомобиля и др., а также инженерного оборудования и обустройства дороги [5].

Обобщенная комплексная оценка качества и состояния дороги (П) определяется по формуле:

$$П = КП \cdot Коб, \quad (1)$$

где КП – комплексный показатель транспортно-эксплуатационного состояния дороги;

Коб – показатель инженерного оборудования и обустройства.

С учетом влияния различных параметров, характеристик и их сочетаний на потребительские свойства дороги, намечаются конкретные мероприятия по повышению до заданного уровня требований к потребительским свойствам на каждом неблагоприятном участке дороги [4].

Окончательные технические решения по конструктивным и технологическим мероприятиям разрабатываются на базе проектно-изыскательских работ с использованием анализа данных диагностики и оценки состояния дороги.

#### Список литературы

1. Егошин, А.М., Ворончихин Н.В. Реализация принципов адаптивного управления дорожным движением на участках с ограниченной пропускной способностью. // Вестник гражданских инженеров. – 2010, № 3. – С. 131-136.
2. Ермошин, Н. А. Проектирование производственной структуры дорожно-строительных организаций с учетом неопределенности структурообразующих факторов. // Дороги и мосты (сб.). – Вып. 27. -М.: ФГУП РОСДОРНИИ, 2012. – С. 32-41.
3. «Инструкция по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах» ВСН 4-81.
4. Кузахметова, Э.К. Реконструкция и ремонт автомобильных дорог: Монография. – Балашиха.: ВТУ, 2010. – 160 с.
5. «Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог», ОДН 218.0.006-2002.

6. СНиП 3.06.07-86 «Мосты и трубы». Правила обследований и испытаний».
7. «Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог» ВСН 24-88.
8. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года № 1734-р.

## **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ЗАВОДНЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ РАЗРАБОТКИ В ПОЗДНЕЙ СТАДИИ МЕТОДАМИ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВЫХ ДАННЫХ**

**Чудинова Д.Ю.**

преподаватель кафедры «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений», Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
Россия, г. Уфа

**Чибисов А.В.**

старший научный сотрудник, канд. техн. наук, Институт нефтегазовых технологий и новых материалов, Научный центр нелинейной волновой механики и технологии РАН, Россия, г. Москва

В статье рассмотрены результаты оценки гидродинамической взаимосвязи между добывающими и нагнетательными скважинами для решения задачи оптимизации системы заводнения в терригенных и карбонатных пластах с использованием непараметрического метода анализа промысловых данных. На основании проведенных расчетов и картопостроения разработаны перспективные направления совершенствования системы заводнения с применением геолого-технологических мероприятий.

*Ключевые слова:* корреляция, коэффициент Спирмена, гидродинамическая взаимосвязь, скважина, заводнение.

Для месторождений, находящихся в поздней стадии разработки актуальной проблемой является оптимизация системы поддержания пластового давления, с целью вовлечения в разработку ранее недренируемых остаточных запасов нефти [4]. Осложненные условия разработки и ограниченность проводимых гидродинамических и геофизических исследований затрудняют оперативное решение вопросов регулирования системы заводнения и мониторинга за выработкой остаточных запасов. По этой причине важное значение приобретают косвенные методы анализа промысловых данных с привлечением методов математической статистики, позволяющие с достаточной степенью надежности осуществлять диагностирование текущего состояния разработки, как по отдельным объектам, так и в целом по залежи [1].

С целью оптимизации системы заводнения на объектах разработки с различными геолого-промысловыми условиями выполнен динамический

анализ геолого-промысловых данных. Оценена степень гидродинамической взаимосвязи между скважинами в системе отбора-нагнетания с использованием расчетов коэффициентов ранговой корреляции Спирмена.

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена – это непараметрический метод, который используется с целью статистического изучения связи между явлениями. Данный метод позволяет установить степень взаимовлияния для любого количества объектов на рассматриваемый промежуток времени [1].

Расчеты выполнены для продуктивных отложений одного из месторождений Когалымского региона, представленных терригенными коллекторами порового типа и для карбонатных пластов порово-трещинного типа месторождения Урало-Поволжья [2, 3, 4]. В качестве исходного информационного массива использовались временные ряды дебитов жидкости, нефти, воды и водного воздействия по согласованности изменений которых определяется степень их взаимодействия. Оценивалась адекватность полученных результатов и применимость метода Спирмена для разных типов пластов-коллекторов.

Практический расчет коэффициента ранговой корреляции Спирмена включает следующие этапы:

- 1) Сопоставить каждому из признаков их порядковый номер (ранг) по возрастанию (или убыванию).
- 2) Определить разности рангов каждой пары сопоставляемых значений.
- 3) Возвести в квадрат каждую разность и суммировать полученные результаты.
- 4) Вычислить коэффициент корреляции рангов по формуле:

$$r = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

где  $\sum d^2$  – сумма квадратов разностей рангов, а  $n$  – число парных наблюдений.

При использовании коэффициента ранговой корреляции условно оценивают тесноту связи между признаками, считая значения коэффициента равные 0,3 и менее, показателями слабой тесноты связи; значения более 0,4, но менее 0,7 – показателями умеренной тесноты связи, а значения 0,7 и более – показателями высокой тесноты связи.

В расчете были приняты 24 события – 2 года эксплуатации каждой скважины из группы нагнетательная – добывающая. Полученные значения корреляции по группе скважин были сгруппированы по шкале Чеддока, оценивающая тесноту связи между признаками. Для группы скважин чей коэффициент корреляции по шкале Чеддока, хотя бы по одному из признаков (дебит нефти или жидкости) составил более 0,5 были отнесены в ряд хорошей гидродинамической взаимосвязи [1].

После расчета коэффициентов корреляции по перспективному участку с большим объемом остаточных извлекаемых запасов были построены карты



корреляции (по дебитам нефти, жидкости и обводненности). Для полученных карт взаимодействия скважин по коэффициенту Спирмена прослеживается взаимосвязь с картами проницаемости, долей невыработанных запасов и пластового давления. Полученные результаты, как и для терригенных, так и для карбонатных пластов указывают на верность выбранного метода оценки гидродинамического взаимовлияния скважин, что также подтверждается результатами ранних гидродинамических исследований [2, 4]. В частности, на участке залежи в терригенных коллекторах взаимовлияние имеет субмеридиональное направление, что в свою очередь связано с особенностями осадконакопления и сменой фациальных обстановок по площади пласта [2].

Таким образом, на основе полученных результатов косвенно установлены доминирующие направления влияния закачки на отборы добывающих скважин. Определены зоны расположения взаимовлияющих добывающих скважин. Выявлены участки и скважины, не охваченные заводнением как по площади, так и по разрезу пласта. На основе комплексного анализа геолого-промыслового материала по объектам исследования были разработаны рекомендации по оптимизации системы заводнения и вовлечению в разработку остаточных недренируемых запасов нефти. Полученные результаты расчетов могут быть учтены при решении следующих вопросов: регулирование отборов нефти и закачки воды в зонах пониженных пластовых давлений; перевод добывающих скважин продуцирующих с предельно низкими дебитами под нагнетание воды в зонах единой гидродинамической связи между скважинами; обоснование выбора нагнетательных скважин под применение потокорегулирующих технологий, с целью повышения охвата пластов заводнением, что в свою очередь сопровождается снижением обводненности продукции добывающих скважин и восстановлению пластового давления в зонах отборов жидкости добывающих скважин.

#### Список литературы

1. Мирзаджанзаде А.Х., Хасанов М.М., Бахтизин Р.Н. Этюды о моделировании сложных систем нефтедобычи. Нелинейность, неравновесность, неоднородность. – Уфа : Гилем, 1999. – 464 с.
2. Чудинова Д.Ю., Султанов Ш.Х. Оптимизация системы заводнения месторождения Когалымского региона с учетом геологического строения // Разведочная и промысловая геофизика: теория и практика. Сборник докладов Девятой молодежной научно-практической конференции. – Вып.8. – Уфа: Информреклама, 2014. – 120 с.
3. Оценка эффективности системы заводнения на залежах нефти в карбонатных коллекторах Ново-Елховского месторождения / Р.А. Нугайбеков Р.И. Шафигуллин, О.В. Каптелинин, Ю.А. Котенев, А.В. Чибисов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2011. № 3. С. 5-12.
4. Анализ текущего состояния разработки пласта БС10/2-3 в пределах участка ЦДНГ-7 Тевлинско-Русскинского месторождения / А.В. Чибисов, Ш.Х. Султанов, А.П. Чижов и др. // Нефтегазовые технологии и новые материалы (проблемы и решения). Уфа, 2012. С. 125-131.

# **АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ОПТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

***Шеремет О.С.***

магистрант кафедры вычислительной техники, Новосибирский государственный технический университет, Россия, г. Новосибирск

***Якименко А.А.***

доцент кафедры вычислительной техники, канд. техн. наук, Новосибирский государственный технический университет, младший научный сотрудник, Институт вычислительной математики и математической геофизики, Россия, г. Новосибирск

В статье дается краткий обзор программы «ТП Оптика», разработанной для автоматизированного проектирования технологических процессов оптического производства. Описаны концепция создания базы данных, а также основные функции программы.

*Ключевые слова:* информационные технологии в оптическом производстве, автоматизация, технологический процесс, оптический прибор, оптическая деталь, конструкторская документация, технологическая операция.

Одним из основных процессов подготовки производства является проектирование технологических процессов, т.е. разработка технологической документации, которая описывает последовательность действий, выполняющихся для получения требуемого результата.

Входными данными для создания оптического технологического процесса является конструкторская документация. Результатом является выходной комплект документов, описывающий технологический процесс изготовления оптических деталей, входящих в состав оптического прибора.

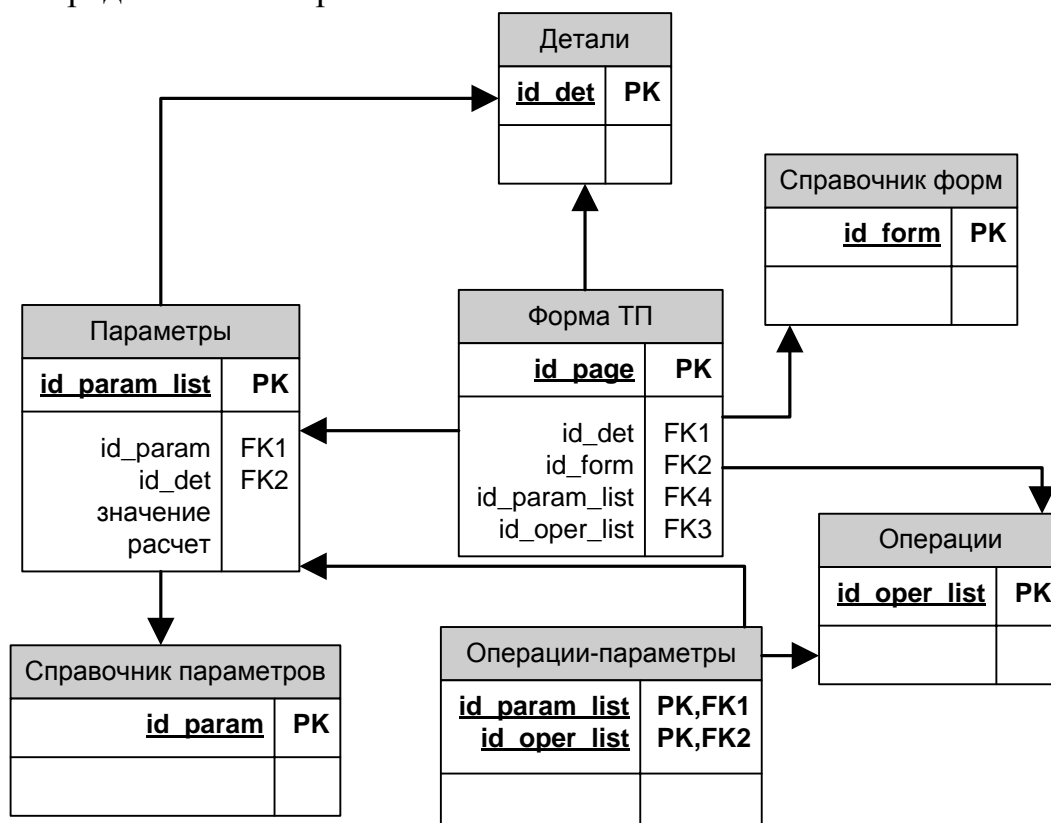
Программа "ТП Оптика" включает в себя:

- 1) создание комплекта технологических документов;
- 2) ведение всех необходимых технологических справочников;
- 3) защита технологической информации и разграничение прав доступа к ней [3];
- 4) автоматизированное согласование и утверждение технологических процессов.

Технологические процессы делятся на фазы (заготовительная, обрабатывающая и т.д.). Каждая фаза состоит из определенных технологических операций. При выполнении каждой работы строго выдерживается заданный режим: время, температура нагрева или охлаждения детали и т.д. [2]. Таким образом, технологи на каждую оптическую деталь, входящую в состав оптического прибора разрабатывают набор требований для их производства (параметры к материалу, параметры к детали и др.).

Каждая фаза описывается на соответствующей форме технологического процесса. Заполненная форма является документом, который описывает

технологический процесс. Формы различаются в зависимости от типов деталей и типов их обработки.



Интерфейс программы предполагает заполнение форм технологического процесса, не нарушая привычный режим работы пользователей: технолог для каждой оптической детали заполняет набор форм, указывая параметры к материалу, к детали и их значения (рис. 2).

Для выполнения различных технологических операций применяются соответствующие приспособления, измерительные инструменты и приборы. Для информационной поддержки процесса технического проектирования технологам необходимо большое количество справочной информации, которая до внедрения программы "ТП Оптика" хранилась на бумажных носителях. В системе организовано хранение справочников в виде таблиц базы данных. Пользователям программы предоставлена возможность вести справочники самостоятельно (добавлять новые записи, редактировать существующие и т.д.).

ТП оптика - (0225-1 ТВК-15)

Ведение ЕТП Ведение ТТП Справочники О программе Справка Адм

АЛ 7504997 - Линза  
 Форма 9  
 Форма 10  
 Форма 11  
 Форма 12

СТЕКЛО ЗАЩИТНОЕ (008640573) - Пласти  
 Форма 10  
 Форма 12  
 Форма 13

ПРИЗМА (007200566) - Призма  
 Форма 0  
 Форма 6  
 Форма 6а

СТЕКЛО ЗАЩИТНОЕ - Пластина прян.  
 Форма 0  
 Форма 10  
 Форма 12

Шероховатость:  $\sqrt{Ra}$  2.5  
 Тип обработки: Заготовительные операции  
 Автор: Шеремет Оксана Сергеевна  
 Дата: 19.02.2016  
 ТТП №  ТТП-1009  
 Операции:

Эскиз Параметры **Операции** Комментарий

Параметр	Значение	Тип параметра	Наименование параметра
$\Delta t$	2.58	Проверки	Разнотолщинность по краю
Бесвиальность	25	Требования к материалу	
$\varnothing$ гот.дет.	28	Требования к детали	Диаметр готовой детали
Ч фас R	4.5	Расчетные данные	Радиус фасетировочной чашки
Ч фас АСМ	АСМ 28/20	Расчетные данные	Фракция алмаза
p	IV	Требования к детали	Чистота
притираем RA	d	Требования к детали	Притираемость
притираем RB	d	Требования к детали	Притираемость
Стекло	ТФ 105*	Требования к материалу	
Пузырность	5Д	Требования к материалу	

Показать параметры детали Форма записи в карту ТП  + Добавить параметр - Удалить

Рис. 2. Пример проектирования технологического процесса – вкладка "Параметры"

ТП оптика - (0225-1 ТВК-15)

Ведение ЕТП Ведение ТТП Справочники О программе Справка Адм

АЛ 7504997 - Линза  
 Форма 9  
 Форма 10  
 Форма 11  
 Форма 12

СТЕКЛО ЗАЩИТНОЕ (008640573) - Пласти  
 Форма 10  
 Форма 12  
 Форма 13

ПРИЗМА (007200566) - Призма  
 Форма 0  
 Форма 6  
 Форма 6а

СТЕКЛО ЗАЩИТНОЕ - Пластина прян.  
 Форма 0  
 Форма 10  
 Форма 12

Шероховатость:  $\sqrt{Ra}$  2.5  
 Тип обработки: Заготовительные операции  
 Автор: Шеремет Оксана Сергеевна  
 Дата: 19.02.2016  
 ТТП № 1012 ТТП-1009  
 Операции: 005...025

Эскиз Параметры **Операции** Комментарий

№	Код	Наименование	Пов.	Оборудование
5	490000	Блокирование пов. по ТТП-50		6м
10	483000	Шлифование грубое пов.		ЗД756
15	483101	Шлифование грубое пов.		ШР-500
20	492800	Переклейка блоком по ТТП-50		6м
25	483000	Шлифование грубое пов.		ЗД756

Параметр	Значение
$\varnothing$ фрезы	21
Фракция	АС(6) 63/50
Угол наклона фрезы	31.67

Форма записи в карту ТП  31° 40'

+ Добавить операцию - Удалить + Добавить параметр - Удалить

Рис. 3. Пример проектирования технологического процесса – вкладка "Операции"

Законченный технологический процесс должен пройти маршрут утверждения:

1) Технологический процесс отправляется на проверку утверждающему лицу;

2) Если в документации обнаружены ошибки, то технологический процесс отправляется на доработку технологом;

3) Корректно заполненный комплект документов печатается и заверяется подписью уполномоченного лица.

Утвержденный комплект документов передается в цех на производство. На этом процесс подготовки технологического процесса заканчивается – стадии производства и выпуск изделий не отслеживаются технологами.

**Заключение.** Программа "ТП Оптика" разработана для автоматизированного проектирования технологических процессов изготовления оптических деталей. Автоматизированные расчеты параметров уменьшают количество ошибок, связанных с человеческим фактором. Также использование программы позволяет инженерам-технологам сократить использование бумажных носителей информации. В дальнейшем технология разработки «ТП Оптика» может быть использована для создания широкого класса автоматизированных систем проектирования.

#### Список литературы

1. Мирошников М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов: учеб. пособие. – 3е изд., СПб.: Лань, 2010. 704 с.

2. Сулим А.В. Производство оптических деталей: учебник. М.: Высшая школа, 1969. С. 2-40.

3. Региональные аспекты технической и правовой защиты информации: монография / Поляков В.В., Трушин В.А., Рева И. и др. – Барнаул, 2013. 176 с.

## ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ИЗГИБЕ КРУГЛОГО БРУСА

**Шинкин В.Н.**

профессор кафедры физики, доктор физико-математических наук, профессор,  
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,  
Россия, г. Москва

Для упругопластической среды с линейным упрочнением получено аналитическое выражение для остаточных напряжений круглого бруса при изгибе в зависимости от диаметра бруса, предела текучести, модуля Юнга и модуля упрочнения материала.

*Ключевые слова:* остаточные напряжения, круглый брус, упругопластическая среда.

**Нормальные напряжения круглого бруса при пластическом изгибе.** Рассмотрим прямой брус с круглым поперечным сечением радиуса  $R$ . Пусть  $E$ ,  $\Pi$  и  $\sigma_T$  – модуль Юнга, модуль упрочнения и предел текучести материала бруса [1–6]. При центральном растяжении бруса в области упругих

деформаций нормальные напряжения  $\sigma$  подчиняются закону Гука  $\sigma = E\varepsilon$ , где  $\varepsilon$  – относительное удлинение бруса. В области упрочнения зависимость  $\sigma$  от  $\varepsilon$  имеет качественно другой вид

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

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

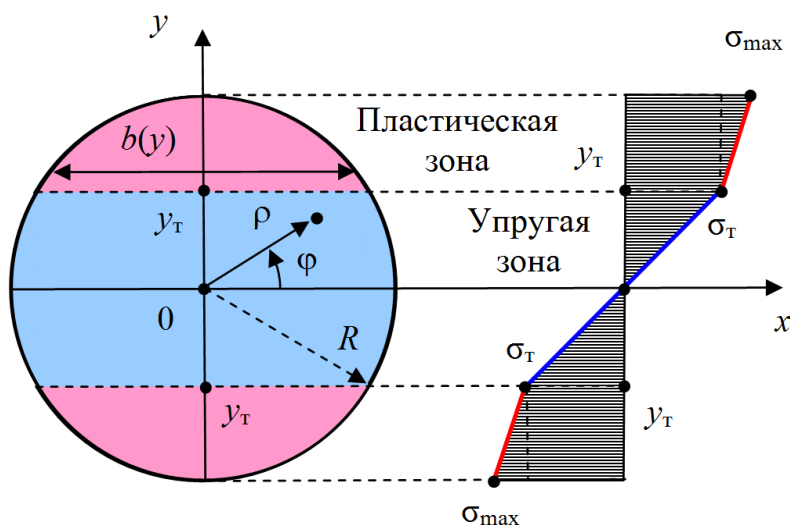


Рис. 1. Эпюра нормальных напряжений в поперечном сечении круглого бруса

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

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

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

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

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

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

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

### Остаточные напряжения круглого бруса после распружинивания.

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

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

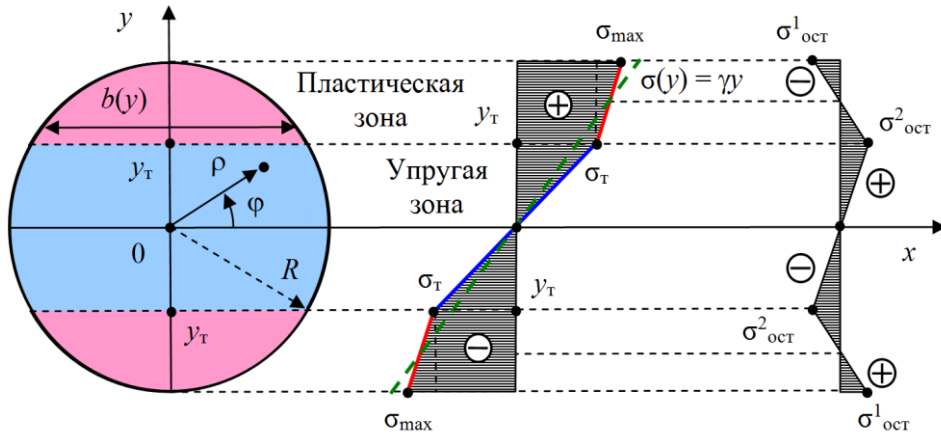


Рис. 2. Эпюра нормальных напряжений в поперечном сечении круглого бруса после распружинивания

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

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

Изгибающие моменты при изгибе и распружинивании одинаковы, поэтому

$$\frac{4M\rho}{\pi ER^4} = \frac{4M}{\pi R^4} \frac{\rho}{E} = \gamma \frac{\rho}{E} =$$

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

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

$$\left. + 2 \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \arcsin \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) + \frac{\Pi}{E} \pi \right].$$

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

$$\sigma(y) = \gamma y =$$

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

$$\left. + \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \arcsin \left(\frac{\sigma_T \rho}{ER}\right) + \frac{\Pi}{E} \right],$$

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

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

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

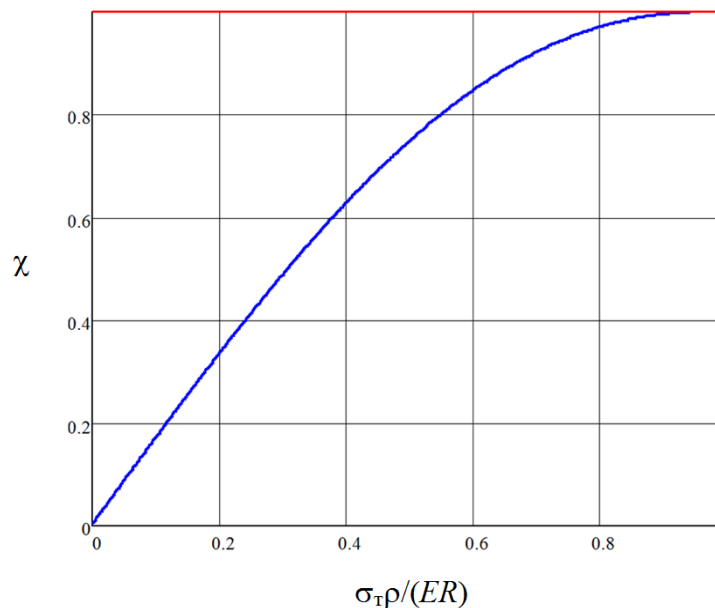


Рис. 3. Зависимость  $\chi$  от радиуса кривизны круглого бруса  $\rho$



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

$$\begin{aligned}
\sigma_{\text{ост}}^1 &= \sigma_{\text{max}} - \gamma R = \sigma_{\tau} + \Pi(\varepsilon_{\text{max}} - \varepsilon_{\tau}) - \gamma R = \sigma_{\tau} + \Pi\left(\frac{R}{\rho} - \frac{\sigma_{\tau}}{E}\right) - \gamma R = \\
&= \sigma_{\tau}\left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) + \sigma_{\tau} \frac{\Pi}{E} \frac{ER}{\sigma_{\tau}\rho} - \gamma R = \sigma_{\tau}\left(1 - \frac{\Pi}{E} + \frac{\Pi}{E} \frac{ER}{\sigma_{\tau}\rho}\right) - \gamma R = \\
&= \sigma_{\tau}\left(1 - \frac{\Pi}{E} + \frac{\Pi}{E} \frac{ER}{\sigma_{\tau}\rho}\right) - \frac{ER}{\pi\rho} \left[ -\frac{2}{3} \frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right)^2} \left(2\left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right)^2 - 5\right) + \right. \\
&\quad \left. + 2\left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \arcsin\left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right) + \frac{\Pi}{E} \pi \right] = \\
&= \sigma_{\tau}\left(1 - \frac{\Pi}{E} + \frac{\Pi}{E} \frac{ER}{\sigma_{\tau}\rho}\right) - \sigma_{\tau} \frac{ER}{\sigma_{\tau}\rho} \left[ -\frac{2}{3\pi} \frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right)^2} \left(2\left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right)^2 - 5\right) + \right. \\
&\quad \left. + \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \arcsin\left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right) + \frac{\Pi}{E} \right] = \\
&= \sigma_{\tau}\left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) - \sigma_{\tau} \frac{ER}{\sigma_{\tau}\rho} \left[ -\frac{2}{3\pi} \frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right)^2} \left(2\left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right)^2 - 5\right) + \right. \\
&\quad \left. + \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \arcsin\left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right) \right] = \\
&= \sigma_{\tau} \left\{ \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) - \frac{ER}{\sigma_{\tau}\rho} \left[ -\frac{2}{3\pi} \frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right)^2} \left(2\left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right)^2 - 5\right) + \right. \right. \\
&\quad \left. \left. + \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \arcsin\left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right) \right] \right\} = \\
&= \sigma_{\tau} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \left\{ 1 + \frac{2}{3\pi} \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right)^2} \left(2\left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right)^2 - 5\right) - \frac{2}{\pi} \frac{ER}{\sigma_{\tau}\rho} \arcsin\left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right) \right\}, \\
\sigma_{\text{ост}}^1 &= \sigma_{\tau} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \left\{ 1 + \frac{2}{3\pi} \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right)^2} \left(2\left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right)^2 - 5\right) - \frac{2}{\pi} \frac{ER}{\sigma_{\tau}\rho} \arcsin\left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right) \right\}, \\
\sigma_{\text{ост}}^1 \langle \rho = \rho_{\tau} \rangle &= 0, \quad \sigma_{\text{ост}}^1 \langle \rho = 0 \rangle = -\sigma_{\tau} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \left(\frac{16}{3\pi} - 1\right) < 0, \\
\sigma_{\text{ост}}^2 &= \sigma_{\tau} - \gamma y_{\tau} = \sigma_{\tau} - \frac{E}{\pi\rho} \frac{\sigma_{\tau}\rho}{E} \left[ -\frac{2}{3} \frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER} \left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right)^2} \left(2\left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right)^2 - 5\right) + \right. \\
&\quad \left. + 2\left(1 - \frac{\Pi}{E}\right) \arcsin\left(\frac{\sigma_{\tau}\rho}{ER}\right) + \frac{\Pi}{E} \pi \right] =
\end{aligned}$$

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

**Заключение.** Получено аналитическое выражение для остаточных напряжений круглого бруса при упругопластическом изгибе. Результаты исследований могут быть применены в металлургической и машиностроительной промышленности при производстве металлических изделий из круглого бруса и строительной арматуры [1–59].

#### Список литературы

1. Мошнин Е.Н. Гибка и правка на ротационных машинах. Технология и оборудование. – М.: Машиностроение, 1967. – 272 с.
2. Буланов Э.А., Шинкин В.Н. Механика. Вводный курс. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 172 с.
3. Шинкин В.Н. Сопротивление материалов. Простые и сложные виды деформаций в металлургии. – М: Изд. дом МИСиС, 2008. – 307 с.
4. Шинкин В.Н. Теоретическая механика для металлургов. – М: Изд. дом МИСиС, 2012. – 679 с.
5. Шинкин В.Н. Сопротивление материалов для металлургов. – М: Изд. дом МИСиС, 2013. – 655 с.
6. Шинкин В.Н. Механика сплошных сред для металлургов. – М: Изд. дом МИСиС, 2014. – 628 с.
7. Шинкин В.Н. Математическая модель правки стальной полосы на пятироlikовой листопрilливной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 8 (88). С. 344–349.
8. Шинкин В.Н. Правка толстой стальной полосы на одиннадцатироlikовой листопрilливной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). С. 359–365.
9. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров правки тонкой стальной полосы на пятнадцатироlikовой листопрilливной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). С. 361–366.
10. Шинкин В.Н. Холодная правка толстого стального листа на девятироlikовой машине фирмы SMS Siemag на металлургическом комплексе стан 5000 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). С. 467–472.
11. Шинкин В.Н. Четырехроlikовый режим холодной правки толстого стального листа на пятироlikовой листопрilливной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). С. 356–361.

12. Шинкин В.Н. Упругопластическая деформация металлического листа на трехвалковых вальцах // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). С. 225–229.
13. Шинкин В.Н. Шестироликовый режим предварительной правки стальной полосы на листопрямильной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 14 (94). С. 205–211.
14. Шинкин В.Н. Определение критических давлений магистральных газонефтепроводов при частичном несплавлении продольного сварного шва стальных толстостенных труб // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). С. 222–227.
15. Шинкин В.Н. Критерий разрушения труб при дефекте раскатной пригар // Молодой ученый. 2015. № 16 (96). С. 261–265.
16. Шинкин В.Н. Дефект перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе // Молодой ученый. 2015. № 17 (97). С. 318–323.
17. Шинкин В.Н. Подгибка кромок стального листа по эвольвенте // Молодой ученый. 2015. № 18 (98). С. 231–237.
18. Шинкин В.Н. Критерий образования гофра при формовке стального листа на кромкогибочном прессе SMS Meer // Молодой ученый. 2015. № 19 (99). С. 238–243.
19. Шинкин В.Н. Остаточные напряжения при экспандировании стальной трубы // Молодой ученый. 2015. № 20 (100). С. 88–93.
20. Шинкин В.Н. Разрушение стальных труб при дефекте «раскатанный пригар с риской» // Молодой ученый. 2015. № 22 (102). С. 213–225.
21. Шинкин В.Н. Гидроиспытания стальных труб на прочность на заводе. Труба с «донышками» // Молодой ученый. 2015. № 23 (103). С. 268–276.
22. Шинкин В.Н. Гофр продольной кромки листа при его формовке на кромкогибочном прессе // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 6. С. 171–174.
23. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Формовка листовой заготовки в кромкогибочном прессе и условие возникновения гофра при производстве труб магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 4. С. 14–22.
24. Шинкин В.Н. Математическое моделирование процессов производства труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. Т. 4. № 4 (62). С. 69–74.
25. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Модель пластического формоизменения кромок листовой заготовки при производстве труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Известия вузов. Черная металлургия. 2011. № 9. С. 45–49.
26. Шинкин В.Н., Коликов А.П. Моделирование процессов экспандирования и гидроиспытания труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 10. С. 12–19.
27. Шинкин В.Н., Коликов А.П., Барыков А.М. Технологические расчеты процессов производства труб большого диаметра по технологии SMS Meer // Металлург. 2011. № 11. С. 77–81.
28. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Simulation of the shaping of blanks for large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 1. P. 61–66.
29. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Elastoplastic shaping of metal in an edge-ending press in the manufacture of large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 6. P. 528–531.
30. Шинкин В.Н., Барыков А.М., Коликов А.П., Мокроусов В.И. Критерий разрушения труб большого диаметра при несплавлении сварного соединения и внутреннем давлении // Производство проката. 2012. № 2. С. 14–16.
31. Шинкин В.Н., Коликов А.П., Мокроусов В.И. Расчет максимальных напряжений в стенке трубы при экспандировании с учетом остаточных напряжений заготовки после трубоформовочного пресса SMS Meer // Производство проката. 2012. № 7. С. 25–29.

32. Шинкин В.Н. Критерий перегиба в обратную сторону свободной части листовой заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer при производстве труб большого диаметра // Производство проката. 2012. № 9. С. 21–26.
33. Шинкин В.Н., Мокроусов В.И. Критерий разрыва труб газонефтепроводов при дефекте «раскатной пригар с риской» // Производство проката. 2012. № 12. С. 19–24.
34. Shinkin V.N., Kolikov A.P. Engineering calculations for processes involved in the production of large-diameter pipes by the SMS Meer technology // Metallurgist. 2012. Vol. 55. Nos. 11–12. P. 833–840.
35. Шинкин В.Н. Производство труб большого диаметра по схеме JCOE фирмы SMS Meer для магистральных трубопроводов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 3–1. С. 64–67.
36. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров кромкогибочного пресса фирмы SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 4–1. С. 114–119.
37. Шинкин В.Н. Математический критерий возникновения гофра при формовке стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5–1. С. 96–99.
38. Шинкин В.Н. Расчет усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе плоской толстой стальной заготовки при производстве труб большого диаметра // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 6–1. С. 115–118.
39. Шинкин В.Н. Оценка усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе стальной цилиндрической заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 7–1. С. 74–78.
40. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Сила давления пуансона трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе частично изогнутой толстой стальной заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 8–1. С. 78–83.
41. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Математический критерий перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 9–1. С. 73–77.
42. Шинкин В.Н. Влияние остаточных напряжений на прочность металла при экспандировании стальной заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 10–1. С. 153–157.
43. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Гибка стального листа на вальцах трехвалковых // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 11–1. С. 252–257.
44. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Правка толстой стальной полосы на пятироликовой листопрямильной машине // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 11–1. С. 257–262.
45. Шинкин В.Н. Расчет кривизны стального листа при холодной правке на одиннадцатирولیковой машине // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12–2. С. 246–251.
46. Шинкин В.Н. Прочностные гидроиспытания стальных труб с заглушками на заводе // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12–2. С. 251–258.
47. Шинкин В.Н., Федотов О.В. Расчет технологических параметров правки стальной горячекатаной рулонной полосы на пятироликовой машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2013. № 9. С. 43–48.
48. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Расчет технологических параметров холодной правки стального листа на девятироликовой машине SMS Siemag металлургического комплекса стан 5000 // Производство проката. 2014. № 5. С. 7–15.

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

## **ПРУЖИНЕНИЕ КРУГЛОГО БРУСА ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ИЗГИБЕ**

**Шинкин В.Н.**

профессор кафедры физики, доктор физико-математических наук, профессор,  
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,  
Россия, г. Москва

Получен коэффициент пружинения круглого бруса при изгибе для упругопластической среды с линейным упрочнением в зависимости от диаметра бруса, предела текучести, модуля Юнга и модуля упрочнения материала.

*Ключевые слова:* круглый брус, коэффициент пружинения, упругопластическая среда.

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

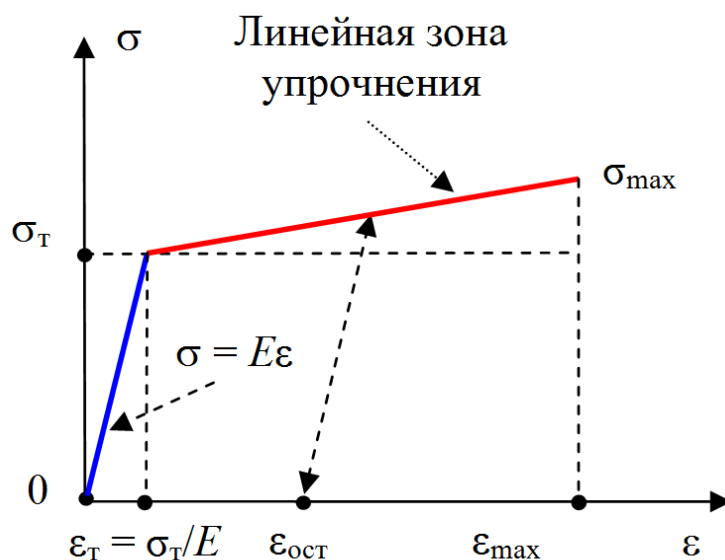


Рис. 1. Зависимость нормальных напряжений от относительной деформации

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

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

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

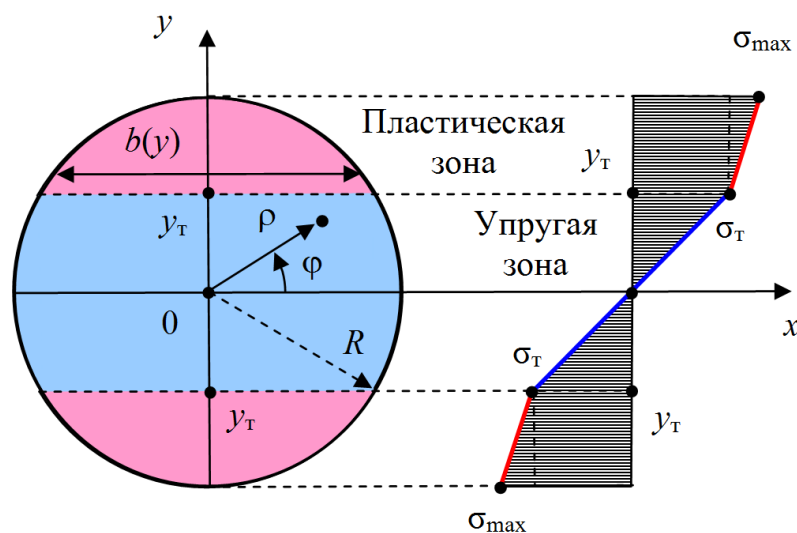


Рис. 2. Эпюра нормальных напряжений в поперечном сечении круглого бруса

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

При чисто упругом изгибе круглого бруса

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

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



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

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

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

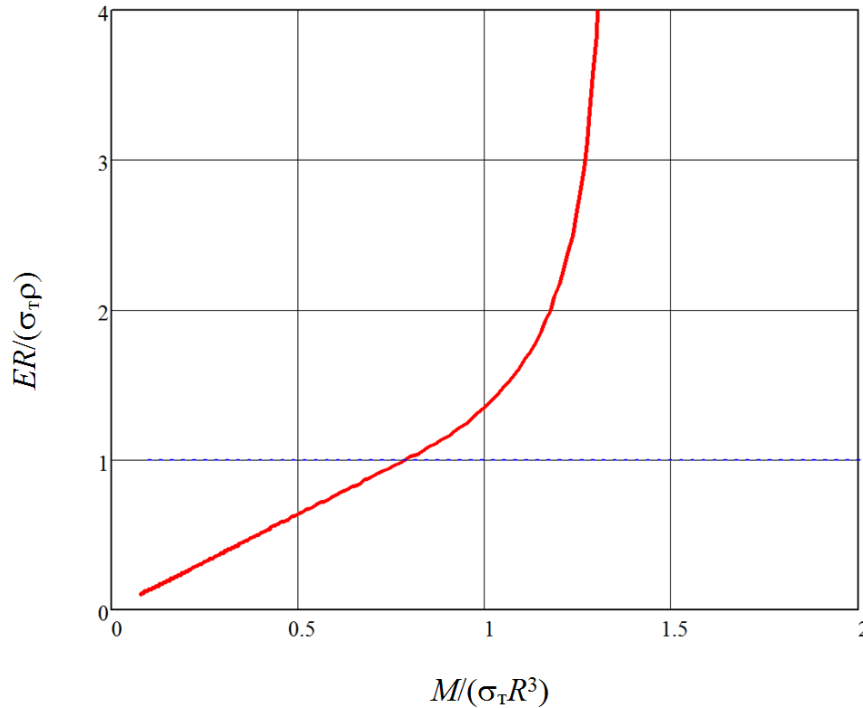


Рис. 3. Зависимость кривизны бруса  $1/\rho$  от изгибающего момента  $M$

Приведем выражение для изгибающего момента при упругопластическом изгибе к безразмерному виду

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

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

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

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

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

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

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

Коэффициент пружинения при изгибе круглого бруса равен

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

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

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

Зависимость коэффициента пружинения  $\beta$  от  $\sigma_T \rho / ER$  показана на рис. 4.

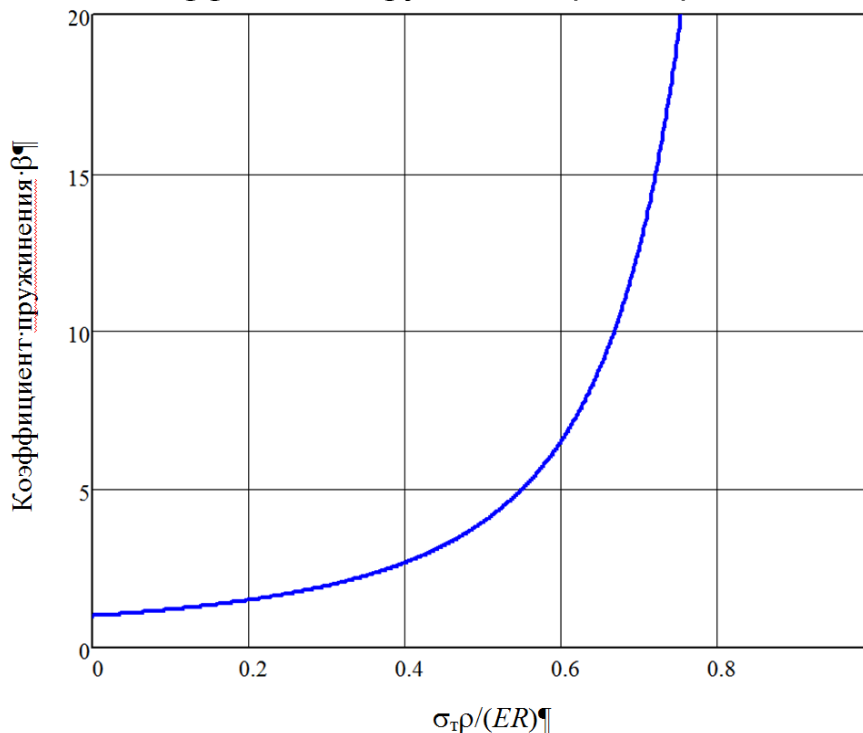


Рис. 4. Зависимость коэффициента пружинения  $\beta$  от радиуса кривизны бруса  $\rho$

**Заключение.** Получено аналитическое выражение для коэффициента пружинения круглого бруса при упругопластическом изгибе. Результаты исследований могут быть применены в металлургической и машиностроительной промышленности при производстве металлических изделий из круглого бруса и строительной арматуры [1–58].

#### Список литературы

1. Мошнин Е.Н. Гибка и правка на ротационных машинах. Технология и оборудование. – М.: Машиностроение, 1967. – 272 с.

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

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

41. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Математический критерий перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 9–1. С. 73–77.
42. Шинкин В.Н. Влияние остаточных напряжений на прочность металла при экспандировании стальной заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 10–1. С. 153–157.
43. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Гибка стального листа на вальцах трехвалковых // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 11–1. С. 252–257.
44. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Правка толстой стальной полосы на пятироlikовой листопрilливной машине // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 11–1. С. 257–262.
45. Шинкин В.Н. Расчет кривизны стального листа при холодной правке на одиннадцатирolиковой машине // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12–2. С. 246–251.
46. Шинкин В.Н. Прочностные гидроиспытания стальных труб с заглушками на заводе // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12–2. С. 251–258.
47. Шинкин В.Н., Федотов О.В. Расчет технологических параметров правки стальной горячекатаной рулонной полосы на пятироlikовой машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2013. № 9. С. 43–48.
48. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Расчет технологических параметров холодной правки стального листа на девятироlikовой машине SMS Siemag металлургического комплекса стан 5000 // Производство проката. 2014. № 5. С. 7–15.
49. Шинкин В.Н. Расчет технологических параметров правки стального листа на одиннадцатирolиковой листопрilливной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2014. № 8. С. 26–34.
50. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Расчет формы трубной заготовки при гибке на кромкогибочном и трубоформовочном прессах фирмы SMS Meer при производстве труб большого диаметра по схеме JCOE // Производство проката. 2014. № 12. С. 13–20.
51. Шинкин В.Н., Борисевич В.Г., Федотов О.В. Холодная правка стального листа в четырехроlikовой листопрilливной машине // В сборнике: Глобализация науки: проблемы и перспективы. Т. 2. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2014. – С. 119–121.
52. Шинкин В.Н. Математическая модель правки тонкого стального листа на пятнадцатирolиковой листопрilливной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2015. № 1. С. 42–48.
53. Шинкин В.Н., Барыков А.М. Гибка стального листа на трубоформовочном прессе при производстве труб большого диаметра // Сталь. 2015. № 4. С. 38–42.
54. Шинкин В.Н. Оценка критических давлений при разрушении стальных труб магистральных газонефтепроводов при несплавлении сварного соединения // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2015. № 5–6. С. 7–11.
55. Шинкин В.Н. Математический критерий разрушения стальных толстостенных труб при дефекте раскатной пригар // Мир науки и инноваций. 2015. Т. 5. № 2 (2). С. 57–64.
56. Шинкин В.Н. Прочность стальных труб при внутреннем давлении // Научные труды SWorld. 2015. Т. 5. № 4 (41). С. 50–58.
57. Шинкин В.Н. Холодная правка металлической полосы на семироlikовой листопрilливной машине // Молодой ученый. 2016. № 03 (107). С. 228–237.
58. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. – Л.: Машиностроение, 1971. – 782 с.

# АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К АВТОМОБИЛЬНЫМ ДОРОГАМ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

*Шувалов О.А.*

адъюнкт кафедры автодорожной службы,  
Военная академия материально-технического обеспечения  
имени генерала армии А.В. Хрулева, Россия, г. Санкт-Петербург

Анализируются основные требования предъявляемые к автомобильным дорогам оборонного значения (далее АДОЗ); рассматриваются перспективные направления повышения эффективности военно-технического описания автомобильных дорог.

*Ключевые слова:* дорожное хозяйство, автомобильные дороги общего пользования, эксплуатационно-технические показатели.

В Российской Федерации, как и в других развитых странах, транспорт является одной из крупнейших базовых отраслей хозяйства, важнейшей составной частью производственной и социальной инфраструктуры.

Транспортные коммуникации объединяют все районы страны, что является необходимым условием ее территориальной целостности, единства ее экономического пространства. Они связывают страну с мировым сообществом, являясь материальной основой обеспечения внешнеэкономических связей России и ее интеграции в глобальную экономическую систему.

Автомобильные дороги общего пользования, предлагаемые к использованию, предназначены для движения транспортных средств неограниченного круга лиц. Указанные автомобильные дороги предназначены в условиях мирного времени для обеспечения перевозок. Они связывают важные экономические регионы страны, Центры обеспечения, производственно-логистические комплексы, выгрузочные станции, и аэродромы с районами размещения стационарной инфраструктуры [7, с. 4].

Научные исследования и практический опыт эксплуатации автомобильных дорог общего пользования (далее АДОП) обусловили необходимость выделения из дорожной сети автомобильных дорог, которые в свою очередь будут использоваться для функционирования экономики в мирное время. Эти дороги организуются с использованием существующей сети автомобильных дорог мирного времени, должны обладать соответствующими эксплуатационными показателями и готовиться заблаговременно по специальным техническим требованиям [2, с. 39].

Так основными показателями для определения требований предъявляемых к автомобильным дорогам являются:

1. Технические и технико-эксплуатационные показатели;
2. Транспортно-эксплуатационные показатели;
3. Техничко-экономические показатели.

Данные показатели используются при проведении эксплуатационной оценки автомобильных дорог, для дальнейшего определения сети автомобильных дорог общего пользования [6, с. 266].

Эксплуатационная оценка автомобильных дорог имеет решающее значение при организации управлением автомобильным движением. Она позволяет достаточно точно наметить маршруты для организации движения и наметить комплекс дорожных работ. Основными показателями для определения маршрутов движения будет являться ширина проезжей части, средняя скорость движения и пропускная способность автомобильных дорог [3, с. 59].

Актуальность исследования технических параметров автомобильных дорог заключается в противоречии между существующими требованиями дорожного движения к автомобильным дорогам общего пользования и существующими показателями для оценки характеристик АДОП.

Техническая значимость эксплуатационных и технических требований к автомобильным дорогам общего пользования заключается в разработке технологий и технических решений реконструкции АДОП.

Практическая значимость заключается в том, что результаты позволят органам управления дорожного хозяйства принимать научно-обусловленные решения по их оснащению табельными средствами для защиты АДОП от погодных условий.

На современном этапе необходимо проводить исследования автомобильных дорог в связи с изменением автомобильного парка используемых машин и выработать новые методы и методики обоснования эксплуатационных и технических требований к АДОП и другим автомобильным дорогам [5, с. 44].

Объектом исследования является автомобильные дороги общего пользования.

Проанализировав существующие показатели автомобильных дорог общего пользования к современной интенсивности движения необходима, пересмотреть данные показатели и выработать новые методики обоснования эксплуатационных и технических требований к автомобильным дорогам общего пользования, в отличие от существующих позволяет выбрать автомобильную дорогу отвечающим современным требованиям автомобильного движения, и как следствие увеличить интенсивность перевозок.

#### **Список литературы**

1. Алексеев, С.И. Исследование систем управления: Учебное пособие. – М.: МЭСИ, 2007. – 128 с.
2. Егошин, А.М., Ворончихин Н.В. Реализация принципов адаптивного управления дорожным движением на участках с ограниченной пропускной способностью. // Вестник гражданских инженеров. – 2010, № 3. – С. 134-137.
3. Ермошин, Н.А., Болгаров, Н.И. Моделирование условий неопределённости функционирования и развития транспортно-логистических систем в целях обеспечения их экономической безопасности. // Строительные и дорожные машины. – 2014, № 6. – С. 30-35.
4. Ермошин, Н. А. Обеспечение гибкости производственной структуры дорожно-строительных организаций. // Современные проблемы науки и образования. – 2013, № 5.

5. Ермошин, Н. А. Проектирование производственной структуры дорожно-строительных организаций с учетом неопределенности структурообразующих факторов. // Дороги и мосты (сб.). – Вып. 27. -М.: ФГУП РОСДОРНИИ, 2012. – С. 32-41.
6. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года № 1734-р.
7. Попов, Б.И. Совершенствование системы управления дорожным обеспечением. // Национальные приоритеты России. Серия 1. Наука и военная безопасность. – 2015, № 3 (3). – С. 72-75.

Подписано в печать 12.03.2016. Гарнитура Times New Roman.

Формат 60×84/16. Усл. п. л. 8,83. Тираж 100 экз. Заказ 59

ООО «ЭПИЦЕНТР»

308010, г. Белгород, ул. Б.Хмельницкого, 135, офис 1

ИП Ткачева Е.П., 308000, г. Белгород, Народный бульвар, 70а